Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe

Programa Hidrológico Internacional

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS

Aspectos Socioeconómicos, Ambientales y Climáticos de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas

phi-LAC

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe

PHI-VII / Serie ISARM AMERICAS N° 3

PROGRAMA UNESCO / OEA - ISARM AMERICAS

Acuíferos Transfronterizos de las Américas

Programa UNESCO/OEA ISARM Américas
ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

PHI-VII/Serie ISARM Américas N° 3

Publicado en 2010 por la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) - Programa Hidrológico Internacional (PHI) y por el Departamento de Desarrollo Sostenible (DDS) de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Serie ISARM Américas, N° 3
ISBN 978-92-9089-157-4

© UNESCO 2010

Las denominaciones que se emplean en esta publicación y la presentación de los datos que en ella figura no suponen por parte de la UNESCO y de la OEA la adopción de postura alguna en lo que se refiere al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni en cuanto a sus fronteras o límites. Las ideas y opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no representan, necesariamente, el punto de vista de la UNESCO o de la OEA.

Se autoriza la reprodución, a condición de que la fuente se mencione en forma apropriada, y se envíe copia a la dirección abajo citada. Este documento debe citarse como:

UNESCO, 2010. Aspectos Socioeconómicos, Ambientales y Climáticos de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas, Serie ISARM Américas N° 3.

Dentro del límite de la disponibilidad, copias gratuitas de esta publicación pueden ser solicitadas a:

Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC)
Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe
UNESCO
Dr. Luis P. Piera 1992, 2º piso
11200 Montevideo, Uruguay
Tel.: +598 2413.2075
Fax: + 598 2413.2094
E-mail: phi@unesco.org.uy
http://www.unesco.org.uy/phi

Programa UNESCO/OEA ISARM Américas
ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

Esta publicación ha sido elaborada con la documentación aportada por los Coordinadores Nacionales del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas relativa a los Sistemas Acuíferos de las Américas y con el aporte temático de especialistas y personal de UNESCO/PHI y de OEA/DDS. Su compilación y edición estuvo a cargo del Coordinador General del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas, Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos.

Montevideo/Washington DC
2010

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO

Alberto Tejada-Guibert
Director de la División de Ciencias del Agua

Alice Aureli
Especialista de Programa, PHI

María Concepción Donoso
Hidróloga Regional, Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe (hasta enero 2010)

Michela Miletto
Coordinador Adjunto, UN WWAP

Zelmira May
Asistente de Programa, PHI-LAC

Organización de los Estados Americanos – OEA

Cletus Springer
Director del Departamento de Desarrollo Sostenible – DDS

Jorge Rucks
Jefe Área Geográfica América Latina, DDS (hasta fin 2009)

Maximiliano Campos
Jefe Área Geográfica América Latina, DDS (a partir 2010)

Enrique Bello
Jefe Adjunto Área Geográfica América Latina, DDS

Lydia Ugas C.
Asistente Técnica de Proyectos, DDS

Coordinador General del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas
Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos
Especialista Senior en Recursos Hídricos

Coordinadores Nacionales

ARGENTINA
Ofelia Tujchneider – UNL/CONICET

BELICE
Rudolph Williams Jr. – BNMS

BOLIVIA
Hugo Delgado Burgos – SERGEOTECMIN

BRASIL
Júlio Tadheu Silva Kettelhut – SRHU/MMA

CANADÁ
Alfonso Rivera – NRCan/GSC

CHILE
María Angélica Alegria – DGA

COLOMBIA
Omar Franco– IDEAM

COSTA RICA
Rodrigo Calvo Porras – ICE

ECUADOR
Guillermo Gallardo – INAMHI

EL SALVADOR
Ana Deisy López Ramos – SNET

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA
Norman Grannemann – USGS

GUATEMALA
Víctor Manuel Pérez – INSIVUMEH

GUYANA
Bhaleka Seulall – HYDROMET

HAITÍ
Astrel Joseph – Ministère de l'Environnement

HONDURAS
Sergio Galel Sánchez Arita – DGRH/SERNA

MÉXICO
Felipe I. Arreguín Cortez – CNA

NICARAGUA
Rigoberto López Valdivia – DRHC/MARENA

PANAMÁ
Silvano Vergara – ANAM

PARAGUAY
Fernando Larroza – DRH/VMME/MOPC

PERÚ
Edwin Zenteno Tupiño – INRENA

REPÚBLICA DOMINICANA
Francisco T. Rodríguez – INDRHI

SURINAM
Moekiran A. Amatali – HRD

URUGUAY
José Luis Genta – DNH

VENEZUELA
Fernando Decarli – DHMO/DGCH/MINAMB

PREFACIO

Este libro sobre los aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas, constituye el tercer volumen de una serie de cuatro preparada en el marco del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas.

El primer libro presentó una evaluación preliminar/inventario de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas y fue publicado en 2007. El segundo volumen trató del marco legal e institucional en la gestión de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas y fue publicado en 2008. Finalmente, el cuarto libro presentará una estrategia para la gestión de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas y será publicado en 2011.

El Programa UNESCO/OEA ISARM Américas es una iniciativa hemisférica bajo la coordinación conjunta de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – UNESCO, a través del Programa Hidrológico Internacional – PHI y la Organización de los Estados Americanos – OEA, por medio de su Departamento de Desarrollo Sostenible – DDS y del Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral – FEMCIDI.

Gracias a la contribución de los Coordinadores Nacionales de ISARM Américas, representantes de los 24 países del hemisferio americano que comparten aguas subterráneas, el Programa, al final de 2009, ha identificado 73 acuíferos transfronterizos, de los cuales 30 están localizados en Sudamérica, 18 en Centroamérica, 21 en Norteamérica y 4 en el Caribe.

Para la preparación de este libro se utilizó como documento de base un cuestionario preparado por un grupo de expertos de la región que fue completado por las instituciones de los Estados Miembros partícipes, responsables de la gestión de los recursos hídricos subterráneos, que aportaron la información disponible sobre cada acuífero transfronterizo de las Américas. La información incluye, para cada acuífero transfronterizo, su extensión; la población y el uso del agua subterránea; su disponibilidad y calidad; y las variaciones climáticas actuales y previstas en la región de cada acuífero. Se indican, asimismo, las zonas protegidas y de conservación relacionadas con cada acuífero y los aspectos relativos a la planificación y reglamentación del uso del agua subterránea, así como los beneficios económicos derivados de su uso y las tendencias de uso previsibles como recurso transfronterizo.

El contenido de los cuestionarios y sus correspondientes mapas fueron preparados por los Coordinadores Nacionales y sus colaboradores, editados por UNESCO y OEA, y revisados en el Taller realizado en el año de 2008 en Santo Domingo, siendo finalmente aprobados en el Taller de Quito en el año de 2009.

Durante la preparación de este Libro, que presenta siete capítulos y un Anexo con fichas y mapas, se pudo confirmar el espíritu de cooperación e interés por el tema de todos los países participantes. Los capítulos presentan el proceso y evolución de ISARM Américas; una visión general de los acuíferos transfronterizos de la región; información sobre los aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas; un análisis del conocimiento regional; las conclusiones y recomendaciones para acciones futuras; así como la lista de los Coordinadores

Nacionales, colaboradores e instituciones participantes y la lista de siglas y sitios web relacionados con los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas.

AGRADECIMIENTOS

La presente publicación es el producto de la colaboración entre el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO y la OEA a través del Departamento de Desarrollo Sostenible y con el apoyo del Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral – FEMCIDI.

La UNESCO y la OEA agradecen muy especialmente a los Coordinadores Nacionales del Programa ISARM Américas por la labor realizada durante la preparación del documento; así como a las instituciones que facilitaron la información para la elaboración de las fichas y mapas.

Asimismo, agradecen a las instituciones y personas que facilitaron la realización de los siete Talleres de Coordinación realizados en Montevideo (2003), El Paso (2004), San Pablo (2005), San Salvador (2006), Montreal (2007), Santo Domingo (2008) y Quito (2009).

Por otra parte, el Programa UNESCO/OEA ISARM Américas reconoce la labor desarrollada por los consultores Alberto Manganelli y Edison Rosas, quienes fueron responsables por el desarrollo de las fichas consolidadas por sistema acuífero y los correspondientes mapas, que se presentan en el anexo de la presente publicación.

Finalmente, la UNESCO y la OEA agradecen la labor de todos quienes colaboraron con la edición y revisión de esta tercera publicación de la Serie ISARM Américas.

Tabla de Contenidos

Programa UNESCO/OEA ISARM Américas
ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

1. PROCESO Y EVOLUCIÓN DE ISARM AMÉRICAS 1
1.1. El Programa UNESCO/OEA ISARM Américas 1
1.2. Acciones desarrolladas y resultados 2
1.3. Acciones a desarrollar y resultados esperados 4

2. SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS 4
2.1. Sistemas Acuíferos Transfronterizos al final de 2009 4
2.2. Ubicación de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas 6

3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS EN LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS 8
3.1. Breve reseña sobre la recopilación y presentación de la información 8
3.2. Sistemas acuíferos transfronterizos de América del Norte 9
3.3. Sistemas acuíferos transfronterizos del Caribe 11
3.4. Sistemas acuíferos transfronterizos de Centroamérica 11
3.5. Sistemas acuíferos transfronterizos de América del Sur 13

4. ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO REGIONAL 15
4.1. Aspectos ambientales 15
4.2. Beneficios económicos derivados de la gestión 21
4.3. Impacto potencial del cambio climático 27
4.4. Cooperación para la gestión 36

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
5.1. Conclusiones 42
5.2. Recomendaciones 42

6. COORDINADORES NACIONALES, INSTITUCIONES Y COLABORADORES 43

7. LISTA DE SIGLAS Y SITIOS WEB 52

ANEXO - FICHAS Y MAPAS DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS 55

1. PROCESO Y EVOLUCIÓN DE ISARM AMÉRICAS

1.1. El Programa UNESCO/OEA ISARM Américas

El Programa UNESCO/OEA ISARM Américas es una iniciativa regional que fue presentada por el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO conjuntamente con el Departamento de Desarrollo Sostenible de la OEA, durante el Taller sobre Acuíferos Transfronterizos que tuvo lugar durante el XXXII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Hidrología para el Desarrollo, en conjunto con la Asociación Internacional de Hidrogeología, realizado en la ciudad de Mar del Plata, Argentina, en octubre de 2002.

El Programa Mundial "Gestión de los Recursos Acuíferos Transfronterizos – ISARM", se inició durante la 14ª Sesión del Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, realizado en París, en junio de 2000. Este Programa está dirigido a promover el conocimiento de los recursos hídricos subterráneos transfronterizos y la colaboración entre los países que comparten el mismo recurso, para lograr consensos en el ámbito científico, ambiental, institucional, socioeconómico y legal. Otra meta importante del Programa ISARM es la identificación de Estudios de Caso que sean de interés relevante para los Estados Miembros.

Entre los principales objetivos del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas están: alcanzar un mejor conocimiento sobre de las aguas subterráneas transfronterizas de las Américas desde el punto de vista científico, ambiental, institucional, socioeconómico, climático y legal; obtener y validar información de los sistemas acuíferos transfronterizos de la región; seleccionar casos de estudio prioritarios con el fin de implementar proyectos piloto en diversas regiones de las Américas; y preparar y diseminar información científica basada en las experiencias de los países para una gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos que puedan ser aplicadas en su desarrollo.

El Programa UNESCO/OEA ISARM Américas está compuesto por un Comité de Coordinación y por Coordinadores Nacionales de los Estados Miembros, escogidos por los Comités Nacionales del Programa Hidrológico Internacional – PHI y los Puntos Focales de la Red Interamericana de Recursos Hídricos – RIRH.

Además, durante los Talleres de Coordinación anuales se han conformado Grupos de Trabajo específicos por parte de los Coordinadores Nacionales, para presentar propuestas y recomendaciones sobre temas de interés. Desde el 2008 el Programa UNESCO/OEA ISARM Américas, cuenta con el apoyo del Fondo Especial Multilateral del Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral – FEMCIDI, de la OEA.

El trabajo realizado en el marco del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas facilita la integración y la colaboración regional entre los países que comparten sistemas acuíferos transfronterizos en la región de acuerdo con la visión y la misión definida por estos países para ISARM Américas:

VISIÓN – La gestión sostenible y protección de las aguas transfronterizas subterráneas en las Américas.

MISIÓN – Aumentar la generación y el intercambio del conocimiento de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas y fortalecer el intercambio de la información entre los países de las Américas.

1.2. Acciones desarrolladas y resultados

Como resultado de los siete primeros años (2003-2009) del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas, los 24 países de la región que comparten sistemas acuíferos transfronterizos:

- eligieron a sus Coordinadores Nacionales y establecieron una red de comunicación entre ellos y los organismos participantes;

- establecieron una metodología de trabajo a través de talleres de coordinación anuales, con amplia participación, además de grupos de trabajo específicos;

- definieron, con amplio debate, la visión y la misión del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas;

- prepararon un inventario de los sistemas acuíferos identificados, los cuales, al final de 2009, alcanzan el significativo número de 73, distribuidos así: 21 en Norteamérica, 4 en el Caribe, 18 en Centroamérica y 30 en Sudamérica;

- realizaron un inventario y el análisis del marco jurídico e institucional de los países que comparten acuíferos transfronterizos en las Américas;

- prepararon un inventario, con el análisis correspondiente, de los aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos identificados;

- contribuyeron a la publicación en español, de los libros editados con los resultados de los trabajos realizados en el marco del Programa, que fueron traducidos al inglés y publicados en los sitios web de la UNESCO y de la OEA;

- analizaron, a través de un Grupo de Trabajo y en reunión de coordinación, los conceptos básicos para la definición de un proceso hacia la estrategia para la gestión integrada de los acuíferos transfronterizos de la región;

- identificaron diversos estudios de caso en las cuatro áreas del hemisferio – Norte, Centro, Sur y Caribe – iniciando y realizando acciones para el conocimiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos transfronterizos identificados en zonas semiáridas, en zonas tropicales, en áreas urbanas, entre otras, que recibieron recursos financieros de diversas instituciones nacionales e internacionales;

- participaron en conferencias internacionales, regionales y nacionales con el objetivo de difundir las sinergias interregionales y nacionales y divulgando, por diversos medios, los resultados obtenidos y la importancia del conocimiento de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas;

- participaron en debates con el Embajador Chusei Yamada, de la Comisión de Derecho Internacional de las Naciones Unidas – UN/ILC.

Cada año los Coordinadores Nacionales y el Comité de Coordinación del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas se reúnen en uno de los Estados Miembros que se ofrece como anfitrión, para discutir los resultados alcanzados y acordar el Plan de Trabajo Anual.

Entre los principales resultados del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas, están:

- **Talleres de Coordinación:**

I. **Montevideo**, Uruguay, 24-25 de septiembre de 2003;
II. **El Paso**, USA, 10-12 de noviembre de 2004;
III. **San Pablo**, Brasil, 30 de noviembre -2 de diciembre de 2005;
IV. **San Salvador**, El Salvador, 20-22 de noviembre de 2006;
V. **Montreal**, Canadá, 17-21 de septiembre de 2007;
VI. **Juan Dólio**, República Dominicana, 1-3 de diciembre de 2008; y
VII. **Quito**, Ecuador, 15-17 de septiembre de 2009.

En los diversos Talleres, los países organizaron visitas de campo a acuíferos transfronterizos para que los participantes conocieran los aspectos prácticos de su explotación.

- **Estudios de Caso:**
  - **Guaraní**, Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay, concluído;
  - **Hueco-Bolsón**, México-USA, en ejecución;
  - **Artibonito- Masacre**, Haití-República Dominicana, en preparación;
  - **Yrendá-Toba-Tarijeño**, Argentina-Bolivia-Paraguay, en preparación;
  - **Ostua-Metapán**, Guatemala-El Salvador, en preparación.

Además, fueron identificados en los Talleres de Coordinación otros Estudios de Caso, pero que todavía necesitan más definiciones para su inclusión en la lista de ISARM Américas, entre los cuales se encuentran el Pantanal, entre Bolivia-Brasil-Paraguay; Amazonas, entre Brasil-Bolivia-Colombia-Ecuador-Perú-Venezuela; Châteauguay, entre Canadá-Estados Unidos, y Zarumilla, entre Ecuador y Perú.

- **Publicaciones**
  - **Sistemas Acuíferos Transfronterizos en las Américas – Evaluación Preliminar –** publicado en 2007, Serie ISARM Américas N° 1, disponible en español e inglés;

  - **Marco Legal e Institucional en la Gestión de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas –** publicado en 2008, Serie ISARM Américas N° 2, disponible en español e inglés;

  - **Aspectos Socioeconómicos, Ambientales y Climáticos de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas –** publicado en 2010, Serie ISARM Américas N° 3, disponible en español.

Estas publicaciones se encuentran disponibles en http://www.unesco.org.uy/.

- **Participación en Conferencias y Eventos**

Entre las más recientes presentaciones de los resultados del Programa ISARM Américas se encuentran:

- **XII Curso Internacional de Agua Subterránea y Medio Ambiente** – CIASMA, La Habana, Cuba, 1-13 de junio de 2009;

- **Conferencia de la National Groundwater Association** (US-NGWA), Ciudad de Panamá, Panamá, 8-10 de junio de 2009;

- **V Foro Mundial del Agua**, Estambul, Turquía, marzo de 2009;

- **Simposio de Gestión de Aguas Transfronterizas**, Tesalónica, Grecia, 13-18 de octubre de 2009;

- **IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea** - ALSHUD, Quito, Ecuador, 8-12 de julio de 2008;

- **3ª Conferencia Internacional en Gestión de Acuíferos Transfronterizos en África** – Trípoli, Libia, 25-27 de mayo de 2008;

- **IV Foro Mundial de Agua**, Ciudad de México, 2006.

1.3. Acciones a desarrollar y resultados esperados

Las recomendaciones de los Coordinadores Nacionales para las acciones a desarrollar en el marco del programa ISARM Américas están centradas en la:

- preparación de un documento regional "Hacia una estrategia de la gestión integrada de los acuíferos transfronterizos de las Américas" y su publicación en español e inglés;

- continuación de los estudios de caso en ejecución y programados, cuyos resultados deben ser condensados en un libro, para diseminar los resultados y lecciones aprendidas;

- actualización del inventario de los acuíferos transfronterizos de las Américas y de los libros publicados a través de medio electrónico;

2. SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

2.1. Sistemas Acuíferos Transfronterizos identificados al final de 2009

El conocimiento de los sistemas acuíferos transfronterizos en las Américas ha evolucionado con el desarrollo de las actividades del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas. El inventario, al inicio del Programa indicaba menos de dos decenas y al final de 2009 el número de acuíferos inventariados alcanza 73:

- 21 en América del Norte

- 18 en América Central
- 4 en el Caribe
- 30 en América del Sur

Estos números, especialmente en América del Sur, tenderán a aumentar en los próximos años gracias a los estudios que serán desarrollados por los países.

El significado o importancia de los sistemas acuíferos transfronterizos en las Américas es bastante diferente en cada caso. En algunos casos estos recursos son la fuente principal de abastecimiento de agua, mientras que en otros están poco explotados. Además, muchos de estos acuíferos son sumamente importantes para los ecosistemas que dependen de ellos, como es el caso del Sistema Acuífero Pantanal, compartido por Bolivia, Brasil y Paraguay.

El nivel de cooperación entre los países varía, de casi inexistente a una cooperación técnica participativa de la sociedad, la comunidad científica y los gobiernos. En general, en la región se aprecia un fuerte interés en cooperar a fin de compartir y evaluar la información.

La lista y la ubicación de los acuíferos transfronterizos identificados en las Américas se indican en el mapa general. Se puede observar la presencia de sistemas acuíferos de tamaños diferentes. Esta distribución espacial fue obtenida de la información enviada por los países.

En América del Norte, los acuíferos transfronterizos están ubicados únicamente entre dos países debido a sus características geográficas. La misma situación se presenta en el Caribe, donde solamente la isla Hispaniola es compartida entre dos países.

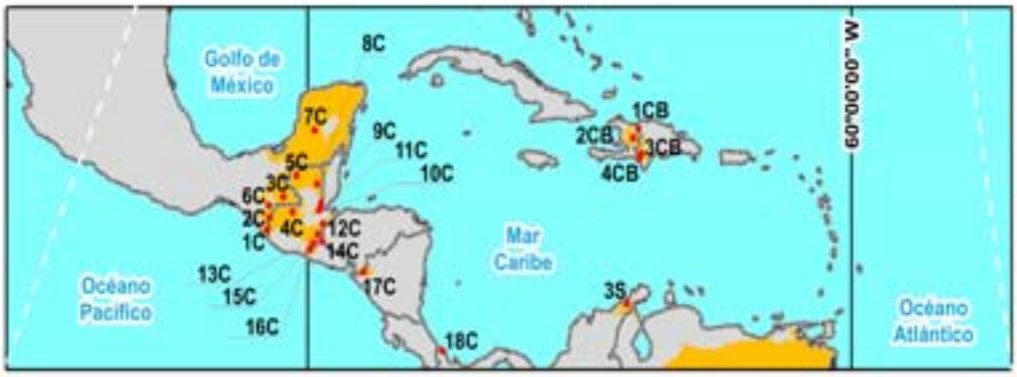
En América Central fueron identificados dos acuíferos compartidos entre tres países. Los demás sistemas acuíferos son compartidos por dos países.

En América del Sur existen acuíferos transfronterizos que son compartidos por 2, 3, 4 y hasta 6 países, según sus dimensiones y ubicación geográfica.

2.2. Ubicación de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas– 2009
Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas – 2009

AMÉRICA DEL NORTE/NORTH AMERICA					
1N	Abbotsford-Sumas	Canadá-EUA	12N	Santa Cruz	México-EUA
2N	Okanagan-Osoyoos	Canadá-EUA	13N	San Pedro	México-EUA
3N	Grand Forks	Canadá-EUA	14N	Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla	México-EUA
4N	Poplar	Canadá-EUA	15N	Bolsón de Hueco-Valle de Juárez	México-EUA
5N	Estevan	Canadá-EUA	16N	Edwards-Trinity-El Burro	México-EUA
6N	Northern Great Plains	Canadá-EUA	17N	Cuenca Baja del Río Bravo-Grande	México-EUA
7N	Châteauguay	Canadá-EUA	18N	Los Mimbres – Las Palmas	México-EUA
8N	San Diego-Tijuana	México-EUA	19N	Judith River	Canadá-EUA
9N	Cuenca Baja del Río Colorado	México-EUA	20N	Milk River	Canadá-EUA
10N	Sonoyta-Pápagos	México-EUA	21N	Richelieu/Lake Champlain	Canadá-EUA
11N	Nogales	México-EUA			
CARIBE/CARIBBEAN					
1CB	Masacre	Haití-Rep. Dominicana	3CB	Los Lagos	Haití-Rep. Dominicana
2CB	Artibonito	Haití-Rep. Dominicana	4CB	Pedernales	Haití-Rep. Dominicana
AMÉRICA CENTRAL/CENTRAL AMERICA					
1C	Soconusco-Suchiate/Coatán	Guatemala-México	10C	Sarstún	Guatemala-Belice
2C	Chicomuselo-Cuilco/Selegua	Guatemala-México	11C	Temash	Guatemala-Belice
3C	Ocosingo-Usumacinta-Pocóm-Ixcán	Guatemala-México	12C	Delta del Río Motagua	Guatemala-Honduras
4C	Márquez de Comillas-Chixoy/Xaclbal	Guatemala-México	13C	Chiquimula-Copán Ruinas	Guatemala-Honduras
5C	Boca del Cerro-San Pedro	Guatemala-México	14C	Esquipulas-Ocotepeque-Citalá	Guatemala-Honduras-El Salvador
6C	Trinitaria-Nentón	Guatemala-México	15C	Ostua Metapán	El Salvador-Guatemala
7C	Península de Yucatán-Candelaria-Hondo	Guatemala-México-Belice	16C	Río Paz	El Salvador-Guatemala
8C	Mopán-Belice	Guatemala-Belice	17C	Estero Real-Río Negro	Honduras-Nicaragua
9C	Pusila-Moho	Guatemala-Belice	18C	Sixaola	Costa Rica-Panamá
AMÉRICA DEL SUR/SOUTH AMÉRICA					
1S	Choco-Darién	Colombia-Panamá	16S	Agua Dulce	Bolivia-Paraguay
2S	Táchira Pamplonita	Colombia-Venezuela	17S	Ollagüe	Bolivia-Chile
3S	La Guajira	Colombia-Venezuela	18S	Concordia-Escritos-Caplina	Chile-Perú
4S	Grupo Roraima	Brasil-Guyana-Venezuela	19S	Aquidauana-Aquidabán	Brasil-Paraguay
5S	Boa Vista-Serra do Tucano-North Savanna	Brasil-Guyana	20S	Caiuá-Bauru-Acaray	Brasil-Paraguay
6S	Zanderij	Guyana-Surinam	21S	Guaraní	Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay
7S	Coesewijne	Guyana-Surinam	22S	Serra Geral	Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay
8S	A-Sand/B-Sand	Guyana-Surinam	23S	Litoráneo-Chuy	Brasil-Uruguay
9S	Costeiro	Brasil-Guayana Francesa	24S	Permo-Carbonífero	Brasil-Uruguay
10S	Tulcán-Ipiales	Colombia-Ecuador	25S	Litoral-Cretácico	Argentina-Uruguay
11S	Zarumilla	Ecuador-Perú	26S	Salto-Salto Chico	Argentina-Uruguay
12S	Puyango-Tumbes-Catamayo-Chira	Ecuador-Perú	27S	Puneños	Argentina-Bolivia
13S	Amazonas	Bolivia-Brasil-Colombia-Ecuador-Perú-Venezuela	28S	Yrendá-Toba-Tarijeño	Argentina-Bolivia-Paraguay
14S	Titicaca	Bolivia-Perú	29S	El Cóndor-Cañadón del Cóndor	Argentina-Chile
15S	Pantanal	Bolivia-Brasil-Paraguay	30S	Ascotán	Bolivia-Chile

SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS de las AMÉRICAS



Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS EN LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

3.1. Breve reseña sobre la recopilación y presentación de la información

Inventariar el conocimiento actual de los acuíferos transfronterizos en las Américas, desde Canadá hasta Argentina/Chile, teniendo en cuenta que se trata de un total de 24 países, no es tarea sencilla. El nivel de conocimiento de las aguas subterráneas transfronterizas en las Américas es muy disperso. Por lo tanto, para preparar una visión general del continente hubo que tomar en consideración varios aspectos como características hidrológicas y geológicas, significado del agua subterránea en la zona y características específicas de los acuíferos, paisaje, población, clima, demanda de agua y su uso, aspectos económicos, entre otros.

La falta de información y los vacíos existentes fueron considerados durante los diálogos entre los países. El deseo de conocer, cooperar y compartir de cada uno de los países participantes de ISARM Américas facilitó enormemente la presentación de la información disponible en los subcapítulos siguientes, detallados en el Anexo.

Un cuestionario sobre los aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas, fue preparado por un grupo de expertos en reunión realizada en Miami en junio de 2007, siendo analizado y validado por los Coordinadores Nacionales durante el V Taller de Coordinación, celebrado en septiembre del 2007, en Montreal, Canadá, y enviado a todos los países.

Una primera versión de la información disponible preparada por los Coordinadores Nacionales y sus colaboradores fue discutida en el VI Taller de Coordinación, realizado en diciembre de 2008, en Juan Dólio, República Dominicana. En esa ocasión se discutió igualmente como presentar la información en forma cartográfica para cada sistema acuífero.

La segunda versión fue presentada por la Coordinación de ISARM Américas a los países que participaron del VII Taller de Coordinación realizado en Quito, septiembre de 2009, siendo revisada y ajustada por los Coordinadores Nacionales.

Todas las recomendaciones de los Coordinadores Nacionales fueron consideradas y se preparó el presente capítulo y el Anexo con el material disponible.

La información proveída en este Libro, en forma de fichas y mapas, permite completar el primer inventario publicado en 2008. Sin embargo, por falta de datos se debe considerarla solamente como indicativa, como base a ser completada por los países en un futuro y continuamente mejorada con nuevas informaciones.

3.2. Sistemas acuíferos transfronterizos de América del Norte

Las fichas y mapas correspondientes se presentan en el Anexo 1.

La lista de acuíferos de esta sub-región es la siguiente:

1N - Abbotsford-Sumas (Canadá-EUA)
2N - Okanagan-Osoyoos (Canadá-EUA)
3N - Grand Forks (Canadá-EUA)
4N – Poplar (Canadá-EUA)
5N – Estevan (Canadá-EUA)
6N - Northern Great Plains (Canadá-EUA)
7N – Châteauguay (Canadá-EUA)
8N - San Diego-Tijuana (México-EUA)
9N - Cuenca Baja del Río Colorado (México-EUA)
10N - Sonoyta-Pápagos (México-EUA)
11N – Nogales (México-EUA)
12N - Santa Cruz (México-EUA)
13N - San Pedro (México-EUA)
14N - Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla (México-EUA)
15N - Bolsón de Hueco-Valle de Juárez (México-EUA)
16N - Edwards-Trinity-El Burro (México-EUA)
17N - Cuenca Baja del Río Bravo-Grande (México-EUA)
18N - Los Mimbres – Las Palmas (México-EUA)
19N - Judith River (Canadá-EUA)
20N - Milk River (Canadá-EUA)
21N - Richelieu/Lake Champlain (Canadá-EUA)

Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA DEL NORTE

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

3.3. Sistemas acuíferos transfronterizos del Caribe

Las fichas y mapas correspondientes se presentan en el Anexo 2.

La lista de acuíferos de esta sub-región es la siguiente:

1CB – Masacre (Haití-Rep. Dominicana)
2CB – Artibonito (Haití-Rep. Dominicana)
3CB - Los Lagos (Haití-Rep. Dominicana)
4CB – Pedernales (Haití-Rep. Dominicana)

3.4. Sistemas acuíferos transfronterizos de Centroamérica

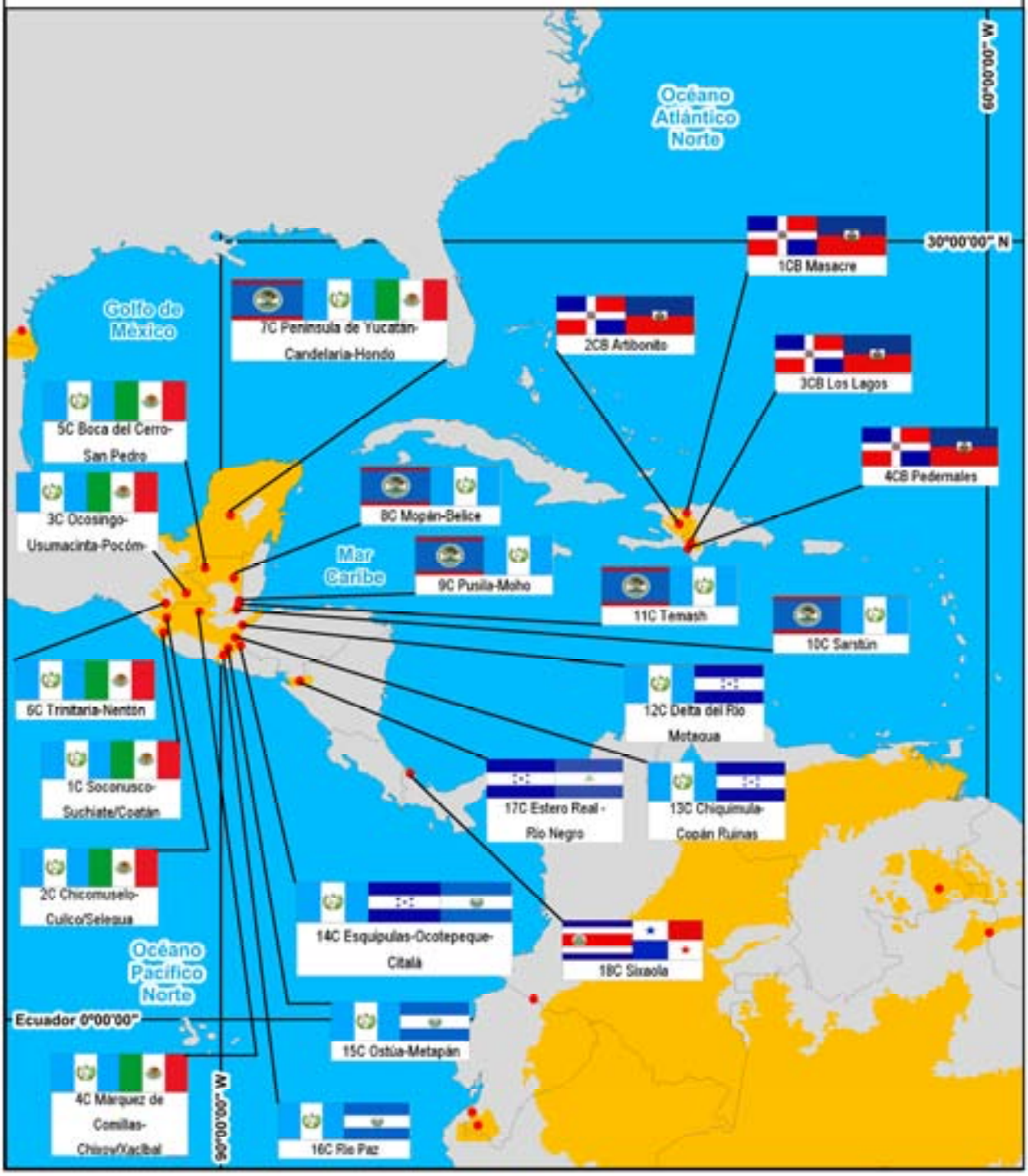
Las fichas y mapas correspondientes se presentan en el Anexo 3.

La lista de acuíferos de esta sub-región es la siguiente:

1C - Soconusco-Suchiate/Coatán (Guatemala-México)
2C - Chicomuselo-Cuilco/Selegua (Guatemala-México)
3C - Ocosingo-Usumacinta-Pocóm-Ixcán (Guatemala-México)
4C - Márquez de Comillas-Chixoy/Xaclbal (Guatemala-México)
5C - Boca del Cerro-San Pedro (Guatemala-México)
6C - Trinitaria-Nentón (Guatemala-México)
7C - Península de Yucatán-Candelaria-Hondo(Guatemala-México-Belice)
8C - Mopán-Belice (Guatemala-Belice)
9C - Pusila-Moho (Guatemala-Belice)
10C – Sarstún (Guatemala-Belice)
11C – Temash (Guatemala-Belice)
12C - Delta del Río Motagua (Guatemala-Honduras)
13C - Chiquimula-Copán Ruinas (Guatemala-Honduras)
14C - Esquipulas-Ocotepeque-Citalá (Guatemala-Honduras-El Salvador)
15C - Ostua Metapán (El Salvador-Guatemala)
16C - Río Paz (El Salvador-Guatemala)
17C - Estero Real-Río Negro (Honduras-Nicaragua)
18C – Sixaola (Costa Rica-Panama)

Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA CENTRAL Y CARIBE

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas



3.5. Sistemas acuíferos transfronterizos de América del Sur

Las fichas y mapas correspondientes se presentan en el Anexo 4.

La lista de acuíferos de esta sub-región es la siguiente:

1S - Choco-Darién (Colombia-Panama)
2S - Táchira Pamplonita (Colômbia-Venezuela)
3S - La Guajira (Colômbia-Venezuela)
4S - Grupo Roraima (Brasil-Guyana-Venezuela)
5S - Boa Vista-Serra do Tucano-North Savanna (Brasil-Guyana)
6S – Zanderij (Guyana-Surinam)
7S – Coesewijne (Guyana-Surinam)
8S - A-Sand/B-Sand (Guyana-Surinam)
9S – Costeiro (Brasil-Guyana Francesa)
10S - Tulcán-Ipiales (Colombia-Ecuador)
11S – Zarumilla (Ecuador-Perú)
12S - Puyango-Tumbes-Catamayo-Chira (Ecuador-Perú)
13S – Amazonas (Bolivia-Brasil-Colombia-Perú-Venezuela)
14S – Titicaca (Bolivia-Perú)
15S – Pantanal (Bolivia-Brasil-Paraguay)
16S - Agua Dulce (Bolivia-Paraguay)
17S – Ollagüe (Bolivia-Chile)
18S - Concordia-Escritos-Caplina (Chile-Perú)
19S - Aquidauana-Aquidabán (Brasil-Paraguay)
20S - Caiuá-Bauru-Acaray (Brasil-Paraguay)
21S – Guaraní (Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay)
22S - Serra Geral (Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay)
23S - Litoráneo-Chuy (Brasil-Uruguay)
24S - Permo-Carbonífero (Brasil-Uruguay)
25S - Litoral-Cretácico (Argentina-Uruguay)
26S - Salto-Salto Chico (Argentina-Uruguay)
27S – Puneños (Argentina-Bolivia)
28S - Yrendá-Toba-Tarijeño (Argentina-Bolivia-Paraguay)
29S - El Cóndor-Cañadón del Cóndor (Argentina-Chile)
30S – Ascotán (Bolivia-Chile)

Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA DEL SUR

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

4. ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO REGIONAL

El material presentado en los subcapítulos siguientes fue preparado por cuatro especialistas que analizaron las diversas fichas y mapas preparados por los Coordinadores Nacionales y sus colaboradores.

Es un análisis preliminar que refleja la visión de la información disponible en 2008. Los aspectos ambientales fueron preparados por Michael McClain, de la Florida International University; los beneficios económicos por Mantha Mehallis, de la Florida Atlantic University. El impacto potencial del cambio climático, por Len Berry, del Centre for Environmental Studies de la Florida Atlantic University, y la cooperación para la gestión por Lena Salamé y Raya Marina Stephan, de la UNESCO.

4.1. Aspectos ambientales

Para la gestión de los acuíferos compartidos es fundamental considerar dos temas ambientales críticos: la contaminación del recurso y la conservación de los ecosistemas importantes.

La contaminación del agua subterránea degrada gravemente la calidad del recurso y puede amenazar la salud humana y la de los ecosistemas. La contaminación se produce a través de la descarga directa e indirecta de contaminantes en las zonas de recarga de un acuífero. Las descargas directas pueden incluir la filtración de tanques de almacenaje subterráneos o pozos de inyección de aguas servidas, en tanto que las indirectas pueden provenir de lixiviación o infiltración de otras aguas superficiales contaminadas.

Otras formas de contaminación comunes de los acuíferos incluyen las fuertes cargas de minerales derivadas de la disolución del sustrato del acuífero (rocas) y la intrusión de agua salada en zonas costeras. Los acuíferos son más o menos vulnerables a la contaminación según la profundidad del nivel freático, sus propiedades hidráulicas y las del sustrato suprayacente (por ejemplo suelos y estratos geológicos poco profundos); el tipo de uso de la tierra practicado en las zonas de recarga; la proximidad a la línea costera, y la composición geológica.

Los ecosistemas influyen fuertemente en la gestión de los acuíferos compartidos desde el punto de vista de sus valores de conservación y de los servicios directos que prestan a las comunidades humanas. La importancia de los ecosistemas se incrementa en las zonas de recarga y descarga, en que se da una interacción entre el agua subterránea y la superficie.

La conservación de los ecosistemas naturales (tales como bosques, humedales, etc.) en las zonas de recarga generalmente aumenta las tasas de recarga y protege la calidad del agua subterránea.

En las zonas de recarga y descarga los ecosistemas pueden depender directamente del agua subterránea. Así sucede, en especial, en el caso de ecosistemas acuáticos valiosos, como los humedales, los lagos y los ríos.

Corresponde hacer una distinción importante entre zonas de recarga y de descarga: en las primeras los ecosistemas naturales se conservan en parte para proteger la cantidad y calidad del agua subterránea en el acuífero, en tanto que en las de descarga los coeficientes de flujo de agua subterránea se conservan para proteger valiosos ecosistemas dependientes.

La contaminación y la degradación del agua subterránea de los ecosistemas conexos pueden provocar pérdidas económicas e incluso conflictos entre países vecinos, cuando las actividades realizadas en un país provocan degradación del suelo y pérdidas económicas en el otro país. Esos temas se tratan separadamente en el informe, junto con los potenciales impactos del cambio climático.

Información disponible

En este subcapítulo se resume brevemente la información recopilada durante la Fase III de ISARM Américas en cuanto se refiere al actual estado ambiental de los acuíferos compartidos, su vulnerabilidad a la degradación ambiental y el estado de los planes de gestión y de las zonas protegidas designadas. La información que aquí se presenta se basa enteramente en la información contenida en las respuestas de los países partícipes a los cuestionarios. Para ciertos acuíferos, por ejemplo el Acuífero Guaraní, puede obtenerse información más detallada en otras fuentes.

El estado ambiental se evaluó principalmente sobre la base de información proporcionada en las siguientes secciones de los cuestionarios:

- Características del tipo de acuífero
- Calidad del agua
- Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua en el acuífero (Crecimiento/disminución de la napa de agua, contaminación química, de fertilizantes, microbiológica, cambio en color, olores y/o sabor, o de la salinidad)
- Cobertura/uso actual de la tierra (incluido el uso industrial)

La vulnerabilidad de los acuíferos a la degradación ambiental se evaluó principalmente sobre la base de la información proporcionada en las siguientes secciones de los cuestionarios:

- Características del tipo de acuífero (litología simplificada, rango de espesor, tipo hidráulico)
- Profundidad, zonas/magnitud de recarga y explotación.
- Población total; Pobl. urbana y principales ciudades; Población rural; Incremento para 2030 (tasa); Población en las zonas de recarga; Pobl. en las zonas de descarga.
- Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para las futuras dos décadas.
- Impacto de fenómenos extremos en el acuífero: inundaciones, sequías, terremotos. Existencia de planes de explotación del acuífero, en especial durante períodos de sequía.
- Cobertura/uso actual de la tierra (incluido el uso industrial).
- Principales cultivos o sistemas de cultivos y ecosistemas.

- Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero. Lagos, arroyos, ríos, humedales, lagunas, bosques chipriotas, zonas de aprovechamiento de aguas por animales y plantas silvestres, rutas de sobrevuelo de aves
- Arroyos / ríos / lagos (arriba mencionados) que reciben una importante descarga de aguas subterráneas naturales del acuífero transfronterizo, especialmente en los períodos secos.

El estado de los planes de gestión y las zonas protegidas se evaluó principalmente sobre la base de la información proporcionada en las siguientes secciones de los cuestionarios:

- Zonas protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos.
- Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero: características, estado actual de los planes, componentes del plan que influirán sobre la recarga de los acuíferos.
- Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero: características, estado actual del plan.
- Medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas, y medidas tendientes a mantener y mejorar la recarga del acuífero y su sustentabilidad.

Información ambiental actual

En general en los acuíferos compartidos de las Américas la calidad de las aguas subterráneas es buena, aunque faltan datos sobre muchos acuíferos. Los problemas de calidad del agua más frecuentemente comunicados están relacionados con niveles naturalmente elevados de sales, minerales, sulfatos y cloruros derivados de las rocas que forman los acuíferos. No obstante, también se dio a conocer ampliamente la presencia de contaminación antropogénica.

Un ejemplo de contaminación natural es el de la Cuenca Baja del Río Bravo/Grande (18N) compartida por México y los Estados Unidos, en que se informó de la presencia de 10.000 ppm de sólidos disueltos en sedimentos arcillo-arenosos localizados en zonas alejadas de las influencias del Río Bravo. Análogamente, en el Acuífero Guaraní (21S) hay sectores de Argentina y Brasil en que el sistema acuífero presenta alta salinidad, especialmente en zonas confinadas muy profundas. De hecho, la alta salinidad, asociada a valores elevados de temperatura es una característica muy común en las aguas ubicadas a grandes profundidades, como también lo es la presencia de elevados niveles de arsénico y flúor, como fue comunicado por Brasil.

En acuíferos Centroamericanos como los de Esquipulas-Ocotepeque-Citalá (14C), Ostua-Metapán (15C) y Sixaola (18C), se identificó el hierro como elemento de especial preocupación. En otros acuíferos, como el de Yrendá–Toba–Tarijeño (28S), compartido por Argentina, Bolivia y Paraguay, se encuentran niveles de aguas subterráneas dulces alternadas a niveles de aguas subterráneas altamente salinas, lo que constituye una dificultad en la explotación del sistema acuífero. En unos pocos acuíferos, como el Sistema Acuífero Permo-Carbonífero (24S), el agua subterránea es casi inutilizable, debido a su alto contenido natural de minerales.

También se informó de elevados niveles de salinidad y contenido de minerales en acuíferos costeros, como el Sistema Acuífero Litoráneo-Chuy (23S), compartido por Brasil y Uruguay, y el Tijuana-San Diego (8N), compartido por México y los Estados Unidos, que están sujetos a intrusión de agua marina. Ésta es más severa en acuíferos en que la tasa de extracción de aguas subterráneas en la costa es muy alta.

En varios acuíferos se informó también de fuentes antropogénicas de contaminación. La forma más común de contaminación antropogénica es la de los nitratos ligados a las actividades agrícolas, especialmente la agricultura de alta intensidad. Un caso elocuente es el del Acuífero Caiuá-Bauru-Acaray (20S), compartido por Brasil y Paraguay. Este acuífero no confinado está formado por rocas sumamente permeables a las cuales se superponen zonas intensamente cultivadas del área de San Pablo, comúnmente contaminadas con nitratos. Los problemas de contaminación son exacerbados por la sobreexplotación de las aguas subterráneas del acuífero.

Asimismo, se informó sobre problemas de contaminación con nitratos en muchos otros acuíferos compartidos de todas partes de las Américas, tales como el acuífero Châteauguay (7N), que se extiende en Canadá y Estados Unidos, el acuífero Esquipulas-Ocotepeque y Citalá (14C), de América Central. En estas sub-región se plantearon también preocupaciones sobre el uso de plaguicidas por encima de acuíferos como el de Río Paz (16C) compartido por El Salvador y Guatemala. Esas sustancias químicas se aplican para la producción de cultivos de subsistencia en zonas de recarga, así como cultivos comerciales, y pueden afectar tanto a las aguas subterráneas como a las superficiales.

Como se preveía, la contaminación tendió a concentrarse en acuíferos menos profundos, no confinados, ubicados por debajo de zonas densamente pobladas en que el uso de la tierra es más intensivo: especialmente urbano y de tierras destinadas a la agricultura. La contaminación es también más severa en acuíferos formados por tipos permeables de rocas. Un ejemplo sobresaliente es el de las rocas cársticas que forman el acuífero de la Península de Yucatán-Candelaria-Hondo (8C).

Vulnerabilidad ambiental

Para evaluar la vulnerabilidad se usaron las respuestas a preguntas que reflejan la intensidad de la presión que se ejerce en los acuíferos y el nivel de sensibilidad de éstos a tales presiones. La evaluación de la vulnerabilidad depende en gran medida del conocimiento de los lugares de recarga de los acuíferos, pues es en esas zonas de recarga que los contaminantes liberados impactan directamente sobre los acuíferos.

Muchas presiones a las que están sometidos los recursos hídricos subterráneos, incluidos los provocados por el uso y la contaminación, pueden vincularse con la población humana. La densidad de población ya es alta encima de muchos acuíferos, y en general se estima que el crecimiento demográfico hasta 2030 estará comprendido entre 1,5% y 2,5% por año. Lamentablemente, en las Américas todavía no se han delineado claramente las zonas de recarga de muchos acuíferos compartidos. Así, aunque 23 millones de personas habitan zonas superpuestas al Acuífero Guaraní (21S), no se sabe con certeza cuál es la proporción que habita las zonas de recarga.

En algunas situaciones, como las del Acuífero Caiuá-Bauru-Acaray (20S), totalmente no confinado, podemos suponer que la totalidad de la población -13 millones de personas - que habita zonas superpuestas al acuífero puede afectar a la calidad del mismo, pero en la mayoría de los acuíferos fue imposible evaluar con precisión el porcentaje poblacional que viven en las zonas de recarga.

El tipo de uso de la tierra existente por encima de las zonas de recarga influye también poderosamente sobre la calidad del agua subterránea del acuífero. En casos específicos de la sección anterior vimos que la contaminación con nitratos es más común por debajo de zonas agrícolas intensamente cultivadas, y que la contaminación microbiana y de metales se da por debajo de zonas urbanizadas.

Lamentablemente, la información sobre el uso de la tierra contenida en las respuestas a los cuestionarios en general no es explícita desde el punto de vista espacial. Esto, combinado con el hecho de que las zonas de recarga de la mayoría de los acuíferos no está debidamente delineada, impidió evaluar más ampliamente la vulnerabilidad de los acuíferos vinculada con el uso de la tierra.

Dos grandes acuíferos compartidos de la región se destacan como especialmente vulnerables, porque en gran medida no están confinados, son poco profundos y están formados por rocas sumamente permeables. Son los de la Península de Yucatán-Candelaria-Hondo (8C), compartido por México, Guatemala y Belice, y el Sistema Acuífero Amazonas (13S), compartido por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Además, esos acuíferos están ubicados en zonas húmedas, y se les superponen grandes extensiones de bosques con alto nivel de biodiversidad. Salvo en el caso de problemas aislados, el agua, en esos acuíferos, sigue siendo de alta calidad, pero con el aumento de la densidad de población y el crecimiento de las ciudades esos peligros se intensificarán.

Simultáneamente, es probable que en esas zonas aumente la dependencia de aguas subterráneas puras de parte de las poblaciones humanas. El agua subterránea ya es la principal fuente de agua en el Yucatán (7C), en que el paisaje cárstico no favorece la presencia de ríos, pero el uso de aguas subterráneas también está creciendo a un ritmo sorprendente en el Amazonas (13S). Según las encuestas, la demanda de agua subterránea ya representa el 40% de la demanda de agua entre los 6 países que forman la región. En los estados brasileños de Pará y Amapá el 79% y el 64% del uso del agua respectivamente, corresponde al agua subterránea, En la localidad de Caracarai la demanda de agua se satisface en su totalidad con agua subterránea proveniente del Acuífero Içá.

Es notable el número de zonas protegidas ubicadas por encima de acuíferos compartidos. Las mismas forman parte de parques nacionales, estaduales y municipales, reservas biológicas, biosféricas y forestales, refugios de vida silvestre y sitios Ramsar. No se sabe con certeza cuántas de esas zonas protegidas están comprendidas dentro de zonas de recarga de acuíferos compartidos y por lo tanto ayudan a proteger la calidad de las aguas subterráneas. Tampoco resulta claro cuántos humedales protegidos (sitios Ramsar) y no protegidos están comprendidos en las zonas de descarga de acuíferos y por lo tanto dependen de descargas de los acuíferos.

Una excepción a esa incertidumbre puede encontrarse en acuíferos originados a muy altas elevaciones, como el Acuífero Tulcán-Ipiales (10S), compartido por Ecuador y

Colombia. La zona de recarga del acuífero ha sido identificada como perteneciente al ecosistema de páramos ubicado a más de 3000 metros por encima del nivel del mar. Dicho ecosistema es, de por sí, una zona en peligro ante la continua intensificación de las presiones del desarrollo que se hacen sentir en la región andina.

En las respuestas al cuestionario se identificó un gran número de ecosistemas acuáticos que dependen de acuíferos compartidos. Entre ellos hay humedales, lagos y ríos. El Acuífero Guaraní (21S) ha sido identificado como la fuente del flujo de base en ríos como el Paraná, el Pelotas y el Tietê. Se estima que el Acuífero Sixaola (18C) contribuye con más del 65% de su descarga a la sustentación del Río Sixaola, a lo largo de la frontera entre Costa Rica y Panamá. Esos sistemas acuáticos proporcionan diversos bienes y servicios a comunidades humanas establecidas corriente abajo, no siendo el menos importante de ellos un suministro sostenido de agua pura.

Estado de la gestión

No existen planes de ordenamiento territorial ni planes de manejo de recursos hídricos para la mayoría de los acuíferos compartidos existentes en las Américas. Se están elaborando programas transfronterizos en algunas zonas, como el proyecto GEF-Banco Mundial-OEA sobre el Sistema del Acuífero Guaraní (21S), a través del cual se acuerda llevar adelante un Programa de Acción Estratégica regional entre los 4 países. Una actividad similar se incluye en el Proyecto de Gestión Integrada de Ecosistemas de la Cuenca Binacional del Río Sixaola (18C) entre Costa Rica y Panamá. En algunos casos, como el del Acuífero Abbotsford-Sumas (1N), compartido por Canadá y los Estados Unidos, existe una considerable colaboración en materia de gestión de acuíferos compartidos, aun a falta de programas formales conjuntos.

Sin embargo, la mayoría de los planes de ordenamiento territorial o de manejo de recursos hídricos siguen siendo unilaterales, y a menudo no se centran específicamente en la gestión del acuífero. En Argentina, por ejemplo, se está preparando un nuevo Plan Estratégico Nacional: "Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial." Provincias de todas partes de Argentina están preparando sus propios planes para que tengan cabida en el marco nacional, y esa labor comprende los recursos hídricos subterráneos de todos los acuíferos compartidos existentes en el país. Análogamente, Argentina tiene un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos que rige la gestión de las aguas subterráneas.

En Brasil, los *Planos Diretores Municipais* son planes de ordenamiento y uso de la tierra. Dentro de la zona del Acuífero Guaraní, 170 municipalidades han iniciado el proceso de elaboración de esos planes, 70 de los cuales ya han sido aprobados y 100 están recorriendo el proceso de aprobación. Los planes estaduales también pueden ser influyentes. El Plan de Recursos Hídricos de São Paulo se ocupa de los balances hídricos y el control de la calidad del agua subterránea, y genera mapas de vulnerabilidad de la misma.

A nivel nacional se han elaborado también instrumentos de planificación y gestión formados por una pluralidad de componentes, como lo muestra el caso del Acuífero Guaraní en Uruguay. En ese país, el Plan de Gestión del Acuífero Infrabasáltico Guaraní (Decreto 214/000 y modificativos Nos. 11/001 y 295/001), Normas Técnicas Constructivas de Pozos (Decreto 86/004), y Junta Asesora del Acuífero Guaraní

(Resolución Presidencial N° 769/001) trabajan concertadamente para realizar una gestión eficaz del acuífero.

En otros casos, la planificación y la gestión del recurso pueden estar comprendidas en planes internacionales más vastos. Un ejemplo es el Plan Estratégico Trinacional (PET), relativo al desarrollo ambiental, económico y social de la región del Trifinio, que comparten Guatemala, Honduras y El Salvador. El manejo de los recursos naturales figura como componente del Plan Estratégico y el acuífero compartido Ostua-Metapán (15C) está comprendido en la esfera de acción de ese plan.

Conclusiones

La Fase III de ISARM Américas proporciona una valiosa evaluación inicial del estado y las tendencias de los temas ambientales existentes en los acuíferos compartidos de las Américas. El programa revela que, con pocas excepciones, la información sobre la condición ambiental de los acuíferos compartidos y los ecosistemas conexos es escasa. La información sobre la calidad de las aguas subterráneas no es sistemática y está limitada en el espacio y en el tiempo. Están comenzando a manifestarse importantes modalidades de relación entre calidad de las aguas subterráneas, propiedades de los acuíferos, densidad de población y uso de la tierra, pero se requieren evaluaciones de calidad más sistemáticas del agua subterránea.

Aunque los factores que dan lugar a la vulnerabilidad de los acuíferos se conocen bien desde el punto científico, faltan datos específicos para realizar evaluaciones minuciosas de la vulnerabilidad de los acuíferos compartidos existentes en las Américas.

Una importante necesidad, es la de delinear claramente la ubicación de las zonas de recarga y descarga de los acuíferos. Delinear las zonas de recarga es esencial para identificar las partes del paisaje que determinan en mayor medida la cantidad y calidad del agua que ingresa en el acuífero, tras lo cual se pueden superponer mapas de zonas de recarga recientemente confeccionados con mapas de propiedades de los acuíferos, densidad de población y uso de la tierra para identificar zonas de vulnerabilidad críticas que requieran inmediatas intervenciones de manejo. Una clara delimitación de las zonas de descarga ayudará a identificar ecosistemas dependientes que pueden ser especialmente valiosos desde el punto de vista de los bienes y servicios que proporcionan a los usuarios de recursos corriente abajo.

Las respuestas a los cuestionarios en 2008 revelan que la región cuenta con diversos instrumentos de planificación del desarrollo y gestión de recursos para hacer frente a los problemas ambientales básicos que enfrentan los acuíferos. No obstante, la mayoría de esos instrumentos son de carácter unilateral, e insuficientes para atender los problemas transfronterizos que enfrentan los acuíferos compartidos. A la vez que las continuas investigaciones científicas aclaran los desafíos específicos que se plantean en materia de gestión, es importante trabajar en la puesta en marcha de instrumentos de planificación y gestión que permitan hacer frente a los problemas.

4.2. Beneficios económicos derivados de la gestión

El uso y la gestión de los sistemas acuíferos transfronterizos entre distintas naciones son vitales para la sostenibilidad de los recursos hídricos, a un nivel adecuado para satisfacer las necesidades de los seres humanos en el Hemisferio Occidental. Lo

expresado es válido para los recursos hídricos destinados al consumo humano, la producción agrícola, la cría de animales, la industria, y la flora y fauna en general. La encuesta sobre sistemas acuíferos transfronterizos en las Américas llevada a cabo por el programa ISARM de UNESCO/OEA proporcionó una información que se necesitaba mucho respecto a los beneficios económicos generados por actividades relativas al uso y la producción de la tierra; el grado en que las economías locales (agricultura/industria/ recursos naturales/biodiversidad) dependen del acceso a los recursos hídricos; el porcentaje estimado de las poblaciones que se hallan en el nivel de pobreza que usan los recursos hídricos; y los medios de vida que se verían amenazados (las pérdidas económicas que se generarían) si los sistemas acuíferos experimentaran impactos negativos.

El análisis de los resultados se subdividió en función a las principales regiones geográficas: América del Norte, América Central, el Caribe y América del Sur. No todos los países estudiados han logrado proporcionar sus respuestas, por lo tanto se necesitará información adicional, que se añadirá a los resultados a medida que se reciba. No obstante, se han recogido datos adecuados que hacen posible la identificación de tendencias y problemas sobre el futuro uso de los sistemas acuíferos para más de un país.

Las encuestas sobre Sistemas Acuíferos Transfronterizos de los países realizadas por ISARM Américas condujeron a las conclusiones presentadas a continuación:

Beneficios económicos provenientes del uso del agua, teniendo en cuenta el uso y la producción de la tierra en las actividades realizadas en la zona del acuífero transfronterizo

A. América del Norte

Existe una fuerte dependencia del agua para las agroindustrias (producción agrícola), riego, uso doméstico, turismo y uso industrial. Existen, además, casos de producción mineral en que se usa el agua subterránea para procesar y mejorar la producción.

En la mayoría de los casos no se dispone de estimaciones del beneficio económico; no obstante, en Nogales (11N) el beneficio en riego es de alrededor de US$250 millones, y en los Mimbres-Las Palmas (18N) es de US$85 millones para producción agrícola.

B. América Central

Las actividades que más dependen del acuífero son la agricultura, la ganadería y el uso doméstico. En general la dependencia es reducida, porque el agua se usa para incrementar el agua superficial o su aprovechamiento recién está empezando a través de pozos excavados. Como los pozos son poco profundos, existe un problema de calidad del agua.

C. América del Sur

El ámbito de mayor dependencia del acuífero es el de la subsistencia de personas y animales. En toda América del Sur existe un sector de agricultura intensiva. El agua se usa también para actividades turísticas (cuyo monto se estimó en US$30 millones en Uruguay en 2007) y comercio transfronterizo. El cultivo de arroz tiene un valor de

aproximadamente US$60 millones por año, y para la cría de animales se aprovecha en gran medida el agua subterránea. Las zonas rurales se ven especialmente afectadas en lo que atañe a la agricultura, la pesca y el uso del agua por parte de comunidades indígenas. En la localidad de Ribeirão Preto, Brasil, por ejemplo, los 567.900 residentes de la misma dependen del acuífero. Gran parte de la región (Paraguay, Uruguay, Argentina y Brasil), informó que no dispone de información sobre los beneficios económicos. En general, el agua es vital para el futuro de la economía de la región.

En qué medida la economía local (agricultura/industria/recursos naturales/biodiversidad) depende del acceso al recurso agua

A. América del Norte

Las economías locales dependen del agua subterránea, especialmente para la agricultura y la cría de animales.

B. América Central

Las economías locales dependen del agua subterránea para agricultura, cría de animales (semovientes) y turismo. En algunos países la industria y las plantas de procesamiento de cemento usan el 50% del agua. También es alta la demanda de agua para la industria.

C. América del Sur

Venezuela (13S) depende en más del 80% del agua para gran parte de su sector agrícola, junto con sus sectores industrial y de servicios. El desarrollo de la economía y el dinamismo de esta zona dependen de los recursos hídricos. Es preciso usar los acuíferos cuando el nivel del agua superficial es bajo.

En Paraguay (22S), la cría de animales y la agricultura, que se intensificó en los últimos 20 años, se han visto afectadas. El 90% del agua se usa para la agricultura, el 5% para la industria y el 5% es objeto de comercio transfronterizo.

Uruguay usa los acuíferos para respaldar el ecoturismo de balnearios costeros y para turismo termal.

La economía de Argentina depende en gran medida del agua, especialmente para su desarrollo económico regional en el sector agrícola.

El acuífero transfronterizo que comparten Paraguay y Argentina es muy importante como fuente de aguas subterráneas, que junto con las aguas superficiales se usan para la ganadería.

Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que usan los recursos hídricos de los acuíferos (ingreso medio estimado en US$)

A. América del Norte

No se pudo estimar el porcentaje de la población que vive en la pobreza en la mayor parte de los acuíferos transfronterizos, pero en 2004 la pobreza, en el Condado de El Paso, se estimó en el 24,6% del total de la población de la región.

B. América Central

Aunque en general no hay estimaciones de la pobreza, las poblaciones indígenas son mucho más pobres que las restantes. Se trata de una situación muy compleja en las zonas rurales, en que la población es autosuficiente mediante el uso de pozos excavados, tiene acceso a agua fangosa cuyo mantenimiento es costoso y cuenta con escaso empleo formal. En las zonas mencionadas la pobreza oscila entre moderada y extrema y es difícil estimar su magnitud.

C. América del Sur

Aunque se sabe que el porcentaje de pobreza es alto en Argentina, Venezuela y Brasil, no se dispone de cifras que permitan identificar el nivel real. Las poblaciones rurales son pobres, pero en las poblaciones urbanas el nivel de pobreza también es elevado.

Uruguay no dispone de información que permita estimar el nivel de pobreza en las zonas de los acuíferos considerados.

En Paraguay (22S) el desarrollo de la agricultura y el comercio locales depende directamente de los recursos hídricos. La mediana del ingreso anual es de US$150 mensuales por persona. En el acuífero 28S Paraguay estimó una mediana del ingreso en US$120 mensuales por persona.

Si se produjeran impactos negativos en el acuífero, ¿qué medios de vida se verían amenazados? (¿qué pérdidas económicas se experimentarían?)

A. América del Norte

Existen informes heterogéneos de los ecosistemas de América del Norte de los acuíferos transfronterizos. Algunos señalan que ningún ecosistema existente depende por ahora de las aguas subterráneas (13N); otros, en cambio, manifiestan que la flora y la fauna dependen de esas aguas. La evaporación está provocando la salinización de la descarga del sistema.

El Río Bravo/Grande es importante para los acuíferos y para lo que aporta Estados Unidos a través de la frontera. Lo expresado se aplica a los sectores de agricultura, agroindustrias, acuicultura, agua potable y pesca, junto con el turismo y las canteras.

B. América Central

La flora y la fauna dependen de los acuíferos, en especial porque la reducción de las aguas fluviales afecta la disponibilidad de agua superficial. Toda la población se ve afectada. Los pozos excavados y la biodiversidad estarían amenazados.

El Salvador informa que la población es autosuficiente gracias a los pozos excavados, y que la biodiversidad depende del agua superficial más que del agua subterránea.

En cuanto a Costa Rica, la contaminación del acuífero transfronterizo supone el deterioro de la calidad del agua, con el consiguiente impacto para los ecosistemas

hídricos, la pesca y las actividades recreativas que dependen del río. Las sequías graves provocan la reducción del tráfico fluvial.

C. América del Sur

Los impactos negativos experimentados por los sistemas acuíferos dan lugar a la disminución de los medios de subsistencia de personas y animales, y van en detrimento de la actividad agrícola. En algunos países de América del Sur que han sufrido fenómenos extremos las reservas hídricas han aumentado, por lo cual no existen impactos negativos vinculados con ese tipo de fenómenos.

Paraguay ha observado intensos efectos experimentados por comunidades indígenas, y por la flora y la fauna de tierras madereras.

Uruguay informa que los impactos negativos experimentados por los sistemas acuíferos podrían provocar pérdidas en el sector turístico.

En la mayoría de los casos no se dispone de información sobre el impacto de fenómenos extremos en los sistemas acuíferos.

Tendencias emergentes

Aunque no todos los informes recibidos provinieron de los países que comparten sistemas acuíferos transfronterizos, la mayoría de los países consideran importantes los hechos siguientes:

- El desarrollo y los beneficios económicos dependen de la existencia de recursos hídricos adecuados de buena calidad. El desarrollo comprende consumo humano, agroindustrias, agricultura (riego), cría de animales, turismo e industria. Para el futuro crecimiento económico se deben tener en cuenta las actividades de uso y producción de la tierra.
- El acceso a recursos hídricos de calidad adecuada reviste fundamental importancia para la agricultura, la industria, la gestión de los recursos naturales y la sostenibilidad de la biodiversidad.
- La mayoría de los países no disponen actualmente de estimaciones económicas de los niveles de pobreza experimentados por las poblaciones de usuarios de recursos hídricos de los acuíferos, pero estiman que existe grave pobreza en las regiones, y que los recursos hídricos son necesarios para el crecimiento y el desarrollo económicos básicos.
- La mayoría de los países no recopilan y guardan datos sobre los potenciales costos económicos de los impactos negativos experimentados por los sistemas acuíferos. Esos datos revisten importancia para futuras decisiones referentes a los sistemas acuíferos transfronterizos.

Cuestiones emergentes

Como resultado de este estudio se han identificado algunas cuestiones importantes:

- La gestión transfronteriza demuestra falta de armonización entre los sistemas naturales y los creados por los seres humanos:

- Unidades geográficas naturales – Los sistemas naturales crean fronteras naturales, como cuencas hidrográficas y sistemas acuíferos.
- Unidades políticas creadas por el hombre – Los seres humanos han creado fronteras políticas, como las que delimitan ciudades, provincias, estados y países.

- En tanto que la gestión aquí considerada se refiere a las unidades geográficas, los datos económicos están a disposición de unidades políticas establecidas por el hombre: población por ciudad, tasa de pobreza por municipalidad, etc. Para establecer niveles de pobreza para la zona que rodea al acuífero compartido sería necesario estimar datos de censos basados en una extensión territorial predeterminada. En los Estados Unidos puede usarse la información de ese género proveniente del censo para estimar los datos correspondientes a determinado espacio físico, pero esos datos no son de fácil acceso para la mayoría de los restantes países de las Américas.

- Entre los administradores de recursos hídricos no ha existido la tradición de obtener, conservar y aplicar datos económicos a sistemas acuíferos transfronterizos.

- Puede haber incompatibilidad entre los objetivos de los países con relación al desarrollo económico.

- Además, puede haber incompatibilidad entre diferentes culturas. Algunos países tienen una orientación más colectivista desde el punto de vista social, en tanto que otros tienen una orientación más democráticamente individualista. En cada uno de esas tendencias se trata en forma diferente la información y se adoptan decisiones de distinta manera. Haití y la República Dominicana, por ejemplo, están conformados por poblaciones de diferentes culturas, que no hablan el mismo idioma y que en virtud de sus respectivas culturas adoptan decisiones diferentes. Lo mismo ocurre con Estados Unidos y México.

- Las culturas políticas son diversas en los distintos países de las Américas; algunos países tienen estructuras políticas inestables.

- Las estructuras y estrategias de gestión deben elaborarse de modo que trasciendan las fronteras, como respaldo de la integridad del sistema acuífero. La estructura de gestión podría ser definida por una junta de administración formada por representantes de cada uno de los países que comparten el sistema acuífero, y que determine políticas y estrategias de gestión orientadas y aprobadas por los Gobiernos.

Conclusiones

El sistema acuífero transfronterizo debe concebirse como una unidad completa, y no depender exclusivamente de la respuesta de cada uno de los países, en forma individual. A veces los países fronterizos proporcionan información diferente sobre el mismo sistema acuífero. Ello puede deberse a la existencia de condiciones muy diferentes en las diversas partes del sistema, o a diferencias de medición y aplicación de datos para la gestión del sistema. Por ello es imperioso que la gestión del acuífero transfronterizo se realice como un sistema completo. Se lograría así una visión integral de lo que está sucediendo:

- físicamente al sistema mismo como resultado de fenómenos extremos, del desarrollo económico, del aumento de las tensiones provocadas por el crecimiento demográfico, entre otros, y

- a las funciones (consumo humano, agricultura, animales, industria, biodiversidad) que el sistema respalda.

Los científicos tienden a prescindir de estadísticas económicas en sus análisis de hechos de la naturaleza. En general, esto ha llevado a los tomadores de decisiones a considerar los temas ambientales como importantes para la sociedad, pero no tan vitales como otros temas de interés de tipo económico. En consecuencia, la gestión de los recursos naturales frecuentemente va a la zaga de otros servicios públicos.

Al iniciar cualquier proceso de gestión debería realizarse un análisis de costos/beneficios económicos para que la información pueda tratarse con las autoridades gubernamentales y empresariales a fin de elaborar políticas que pongan de manifiesto la importancia de una adecuada gestión de los recursos naturales, especialmente los recursos hídricos, antes de que se hayan producido daños irreparables. Un análisis equilibrado mostraría a los tomadores de decisiones que el realizar una adecuada gestión de esos recursos es menos costoso, en términos fiscales y de capital humano, que el tratar de recuperarlos después que se han dañado o perdido.

Un ejemplo sobre este tema fue ofrecido en el V Taller realizado en Montreal por uno de los representantes de ISARM Américas, quien señaló que un gobierno había otorgado un contrato a una compañía minera para que iniciara operaciones en el país en las cercanías del sistema acuífero transfronterizo. El gobierno concebía la operación como una manera de promover el desarrollo económico del país, pero no comprendía el costo potencial que podía recaer sobre la población, la flora, la fauna y pequeñas actividades que dependen de la calidad del agua, ahora y en el futuro. Se trataba, evidentemente, de un caso en que los datos y/o la información económica referente a cualquier actividad que pudiera llegar a afectar al acuífero habría sido importante.

La gestión de los sistemas acuíferos transfronterizos es vital para la futura preservación del bien material más importante para la humanidad: el agua. Tanto los gobiernos como las empresas y la sociedad cumplen algún rol en la gestión de los recursos hídricos. Un desarrollo sostenible dependerá de la sostenibilidad de los sistemas acuíferos transfronterizos.

4.3. Impacto potencial del cambio climático

Este subcapítulos se basa en las respuestas al cuestionario sobre los parámetros sociales y económicos de la evolución de los acuíferos transfronterizos de las Américas. Las respuestas al cuestionario fueron proporcionadas por los respectivos países, por lo cual debe hacerse una comparación de los datos y las percepciones sobre las características de uso del acuífero que vaya más allá de las fronteras nacionales. No todos los países respondieron al proceso del cuestionario a tiempo para la preparación de este informe, por lo cual en algunos casos la información sobre algunos acuíferos es incompleta.

Los temas referentes al cambio climático se abordaron en la pregunta, que contenía las siguientes cuatro preguntas secundarias:

- ¿Qué cambios ha habido en la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en el acuífero en la última década? Pueden usarse cambios porcentuales.

- ¿Han tenido algún impacto en las modalidades de recarga?
  Si es así, ¿qué impactos se prevén?

- ¿Qué cambios se prevén en las precipitaciones pluviales en las dos próximas décadas?

- ¿Se prevén cambios en las modalidades de recarga?
  Si es así, ¿en qué consisten esos cambios?

- ¿Qué impacto producen en el acuífero fenómenos extremos (inundaciones, sequías, terremotos)? (¿existe algún plan de aprovechamiento del acuífero, especialmente en períodos de sequía?)

- ¿Qué uso se hace del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos?

Hubo diferencias sustanciales en cuanto al nivel de las respuestas, así como una amplia diversidad regional con respecto al conocimiento reportado de las tendencias e impactos, y en lo que atañe a los cambios vinculados con fluctuaciones del tipo de las corrientes de La Niña y El Niño y/o con tendencias del clima a más largo plazo.

En general, los países del Caribe y América Central demuestran claras modalidades de cambio, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, en tanto que los países sudamericanos perciben cambios menos evidentes. En relación con algunos acuíferos, quienes respondieron a los cuestionarios brindaron escasa información como para poder trabajar en base a ella. Lamentablemente, con respecto a algunos acuíferos sólo se obtuvieron respuestas de uno de los dos o más países que los comparten, lo que dificultó el logro de correlaciones transfronterizas.

El resto del presente subcapítulo se organizará en torno a las cuatro preguntas secundarias y a sus respuestas.

Acuífero		**País**	1	2	3	4
			✓ Respuesta – Sin respuesta			
1N	Abbotsford-Sumas	Canadá Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
3N	Grand Forks	Canadá Estados Unidos	✓	✓	✓	–
7N	Châteauguay	Canadá Estados Unidos	–	–	–	–
1C	Soconusco-Suchiate-Coatan	México Guatemala	✓	✓	✓	✓

2C	Chicomuselo-Cuilco-Selegua	México Guatemala	✓	✓	✓	✓
2S	Táchira-Pamplonita	Venezuela Colombia	✓	–	✓	✓
3C	Ocosingo-Usamacinta-Pocom-Ixcan	México Guatemala	✓	✓	✓	✓
3S	Grupo Roraima	Venezuela Brasil Guyana	✓	–	–	–
3S	Guajira	Venezuela Colombia	✓	✓	✓	✓
4C	Marqués de Comillas-Chixoy-Xaclbal	México Guatemala	✓	✓	✓	✓
5C	Boca del Cerro	México Guatemala	✓	✓	✓	✓
6C	Trinitaria-Nenton	México Guatemala	✓	✓	✓	✓
8C	Peninsula de Yucatán-Candelaria Hondo	México Guatemala Belice	✓	✓	✓	✓
8N	San Diego-Tijuana	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
9N	Cuenca Baja del Río Colorado	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
10S	Tulcan Ipiales	Ecuador Colombia	–	✓	–	–
11N	Nogales	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
11S	Zarumilla	Perú Ecuador	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
12N	Santa Cruz	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
13N	San Pedro	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
13S	Amazonas	Venezuela Brasil	✓ ✓	– ✓	✓ –	✓ –
14C	Esquipulas-Ocotepeque-Citala	Guatemala Honduras El Salvador	✓	✓	✓	✓
14N	Conejos Medanos-Bolsón de la Mesilla)	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
15C	Ostua-Metapán	El Salvador Guatemala	✓	✓	✓	✓
15N	Bolsón del Hueco-Valle de Juarez	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
16C	Río Paz	El Salvador Guatemala	✓	✓	–	✓
16N	Edwards Trinity el Burro	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓

17N	Cuenca Baja del Rio Bravo/Grande	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
18N	Mimbres-Las Palmas	México Estados Unidos	✓	✓	✓	✓
18C	Sixaola	Costa Rica Panamá	–	–	✓	✓
18S	Concordia-Escritos-Caplina	Perú Chile	✓	✓	✓	✓
20S	Caiuá Baurú	Paraguay Brasil	-	✓	✓	✓
21S	Guaraní	Argentina Brasil Paraguay Uruguay	– ✓	– ✓	– ✓	– ✓
22S	Serra Geral	Paraguay Brasil Argentina Uruguay	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ – –	✓ – –
23S	Litoráneo-Chuy	Brasil Uruguay	– ✓	– ✓	 ✓	 ✓
24S	Permo Carbonifero	Brasil Uruguay	✓ ✓	✓ ✓	– –	– –
25S	Litoral Cretácico	Argentina Uruguay	✓ ✓	✓ ✓	– –	– –
26S	Salto Salto Chico	Argentina Uruguay	✓ ✓	✓ ✓	– –	– –
28S	Yrendá Toba-Tarijeño	Paraguay Bolivia Argentina	✓ ✓	✓ ✓	✓ –	✓ –

Variación de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales a lo largo del acuífero

Esta pregunta recibió una amplia gama de respuestas, pero hubo una casi total uniformidad en las mismas. Algunas de ellas se refirieron a la variación de las precipitaciones pluviales como consecuencia de la altitud, refiriéndose a la diversidad espacial, más que a la temporal.

En resumen, se considera que los acuíferos canadienses experimentan escasos cambios periódicos durante las precipitaciones pluviales, pero poco variaron en la última década. Estados Unidos no proporcionó informes conjuntos con Canadá sobre los acuíferos que ambos países comparten. México informó sobre amplias variaciones de las precipitaciones en diversos acuíferos distintos de Yucatán, en parte debido al impacto de las tormentas tropicales. En algunas zonas de captación de acuíferos (p. ej. Nogales) se modificó la modalidad de las precipitaciones pluviales, registrándose intensas tormentas separadas por sequías. La mayor intensidad de las precipitaciones pluviales aumentó las escorrentías y redujo la recarga.

En América Central, las precipitaciones pluviales inusualmente intensas asociadas con tormentas tropicales han contribuido a la recarga de los acuíferos, pero también se dan

sequías más prolongadas. En esa región el aumento de las precipitaciones pluviales bastó para compensar el incremento de las escorrentías asociado con la intensidad de las tormentas. No obstante, en El Salvador las precipitaciones pluviales se han venido reduciendo desde 2005, lo que ha dado lugar al uso de pozos. Esa reducción y la elevada evapotranspiración dieron lugar a procesos de erosión y sedimentación.

En Venezuela se produjo un incremento sin precedentes de las precipitaciones, del orden del 5% al 10%, que contribuyó a la recarga, y un aumento del 32% se registró en el acuífero Táchira. En el acuífero Zarumilla, en Perú y Ecuador, la región ha sido afectada por un tiempo extremadamente seco y aumento de las temperaturas, lo que fue seguido por años húmedos que reponen el nivel del acuífero.

En Brasil el informe sobre el acuífero del Grupo Roraima identifica el ciclo hidrológico como el mejor indicador del cambio de las precipitaciones, con períodos secos más prolongados e inundaciones, pero se hizo hincapié en que a ello pueden contribuir la deforestación y el cambio de las precipitaciones. La deforestación aumenta las escorrentías y reduce la recarga del acuífero. En otras zonas se registra una disminución del 5% al 10% en las precipitaciones.

En el caso de Paraguay se informa sobre ausencia de cambios en las precipitaciones en el acuífero de Serra Geral, en tanto que Uruguay registra el aumento de los totales de las precipitaciones pluviales, con precipitaciones de mayor intensidad para el mismo acuífero. Argentina, en sus respuestas correspondientes al acuífero Litoral Cretácico da cuenta de aumento de las precipitaciones en algunas zonas y disminución en otras.

En resumen, para esta pregunta no hay tendencias continentales identificables, salvo el aumento de intensidad de las tormentas y sequías periódicas, fenómenos sobre los que las respuestas coincidieron en forma amplia.

Cuáles son los cambios

¿Qué cambios se prevén en las precipitaciones pluviales en las próximas dos décadas y cuáles son los impactos previstos con respecto a las modalidades de recarga?

Fue difícil responder con precisión a esta pregunta: algunos respondieron usando previsiones del PICC para su región como base de su respuesta, en tanto que otros usaron predicciones más locales. De todas formas, respondió un alto porcentaje de países. El siguiente es un resumen de esas respuestas, por regiones y países.

En Canadá, usando el modelo de Cambio Climático Global, la respuesta lleva a pensar que los inviernos más húmedos contribuirán a recargar el acuífero Abbotsford; pocos cambios se dieron a conocer sobre los demás.

En los informes sobre los numerosos acuíferos de México se hace hincapié en la falta de información sobre el potencial de futuros cambios de las precipitaciones, pero se señala que las proyecciones del PICC indican que las temperaturas se elevarán en el futuro y las precipitaciones pluviales pueden reducirse. En general, una extensión de las actuales condiciones, con precipitaciones más fuertes, mayores escorrentías y amplios periodos de sequía, caracterizarán a esta región, en general árida y semiárida. En el acuífero de

Tijuana un problema adicional es la pronunciada reducción de la corriente del Río Grande, que reduce la recarga de ese acuífero y da lugar a un aumento de la salinización.

Con respecto a América Central, El Salvador proporciona los análisis más detallados. En general, la recarga ha aumentado debido a intensas lluvias, aunque no se ha evaluado el impacto sobre la recarga del acuífero transfronterizo. Las proyecciones del PICC fueron la base para la predicción de la precipitación y la recarga futuras. En el acuífero de Zarumilla, que comparten Perú y Ecuador, las proyecciones indican aumento de las temperaturas y condiciones más secas, con la consiguiente reducción del agua disponible para recarga.

En los informes de Brasil sobre sus acuíferos transfronterizos se destaca la fluctuación de El Niño y La Niña como importante componente de las proyecciones sobre futuras precipitaciones, y se usan proyecciones del PICC para crear visiones de períodos más largos.

En Argentina, Uruguay y Paraguay no existen proyecciones consistentes sobre precipitaciones para las próximas dos décadas.

En resumen, las proyecciones de cambios de las precipitaciones y la recarga a lo largo de las próximas dos décadas son variadas y proporcionan escasos datos cuantitativos que sirvan de base para prever las recargas futuras.

Impacto de fenómenos extremos en el acuífero: ¿existe algún plan específico de explotación del acuífero, especialmente en períodos secos?

Algunos respondieron que carecían de información para contestar esa pregunta; otros proporcionaron respuestas detalladas. En Canadá, los principales temas fueron las inundaciones asociadas con altos niveles del acuífero de Grand Forks. En el acuífero de Abbotsford el principal plan para hacer frente a fenómenos extremos fue el uso potencial del acuífero como fuente sustitutiva de suministro de agua en caso de emergencia.

Entre los fenómenos extremos documentados en México figuran la reducción de la corriente del Río Colorado, que reduce la recarga; las inundaciones provocadas por tormentas tropicales y el impacto de períodos de sequía más prolongados. La reducción de la corriente del Río Colorado reduce el nivel del agua subterránea, y si bien no hay un plan formal al respecto, se perforan pozos más profundos, aunque se está extrayendo más agua salina. Las inundaciones provocadas por tormentas tropicales contribuyen ciertamente a la recarga, pero además arrastran obras de infraestructura para aguas y pueden sedimentar pozos poco profundos. Una vez terminadas las inundaciones se perforan nuevos pozos y se restablecen las vías de agua. Las sequías severas provocan una respuesta similar: se perforan nuevos pozos y se reduce el riego de jardines y/o el riego.

En El Salvador la sequía genera vulnerabilidad para la población humana y para la biodiversidad y da lugar a un uso excesivo del acuífero.

En Ecuador y Perú, en el acuífero Zarumilla, la sequía extrema ha dado lugar a la reducción de la recarga, que no ha sido repuesta por las inundaciones periódicas.

En Brasil son pocos los datos que figuran en el cuestionario sobre fenómenos extremos y en las respuestas respectivas.

Uso del acuífero durante y después de fenómenos extremos

Las respuestas a esta pregunta fueron menos detalladas que otras, o no hubo datos sobre el uso especial del acuífero tras fenómenos extremos.

En Canadá, la única respuesta registrada ante los fenómenos extremos consiste en enviar asesorías de salud tras la inundación. En México las respuestas varían, pero incluyen la perforación local de nuevos pozos, la renovación de las obras de los canales de agua y sistemas de riego y el suministro de ayuda gubernamental a los pobladores y animales locales.

El Salvador tiene una de las respuestas más focalizadas frente a fenómenos extremos, ya que hay planes de investigación de la utilización del acuífero transfronterizo tras fenómenos extremos tales como la sequía, y también para la elaboración de un plan básico de uso regular del acuífero transfronterizo.

En algunos lugares, los acuíferos se usan en forma más intensiva tras sequías prolongadas, aunque en muchos casos no hubo respuesta a esta pregunta, o la respuesta careció de datos. Evidentemente se trata de un área en que es preciso seguir trabajando.

En los tres cuadros siguientes se ilustra la importancia de considerar al acuífero como un todo y comparar y contrastar las respuestas, más allá de las fronteras nacionales. En el acuífero de Zarumilla, ubicado entre Perú y Ecuador, hay fuertes contrastes en el balance del uso entre los dos países. En el acuífero Litoráneo, hay fuertes contrastes en cuanto al uso. También en Brasil, el agua se usa principalmente para el consumo. Cuando se disponga de más datos provenientes de acuíferos de varios países será importante examinar en conjunto el uso del acuífero y los planes para el mismo.

Acuífero Amazonas (13S)

	Brasil	Venezuela
Población	38.000 indígenas en total	2.000.000
Uso del agua	Uso humano en Rondonia 40% de demanda 10% riego, pesca e industria	Humano/ no se usa en la agricultura
Calidad del agua	Buena, pero puede ser susceptible a la contaminación	Buena
Variaciones de las precipitaciones en la última década	Aumento de la escorrentía; puede deberse a la deforestación	10% de aumento de la precipitación
Variación en las próximas dos décadas	No se conoce	No se conoce
Impacto de fenómenos extremos	No se conoce	La sequía reduce los cultivos
Uso tras fenómenos extremos		Uso de agua para riego

Acuífero Zarumilla (11S)

	Perú	Ecuador
Población	27.000	45.000
Uso del agua	59% riego 4% doméstico	90% riego 10% doméstico
Calidad del agua	Variable	Buena
Variaciones de las precipitaciones en la última década	25-20° C invierno 38° C verano	Árido en la costa septentrional Húmedo diciembre-mayo Seco junio-noviembre
Variación en las próximas dos décadas	Aumento de la temperatura Disminución de las precipitaciones	No hay estudios específicos

Impacto de fenómenos extremos	El Niño causa inundaciones	Impacto negativo de las inundaciones provocadas por El Niño
Uso tras fenómenos extremos	No registrado	Uso importante durante las sequías

Acuífero Litoráneo (23S)

Población	**Brasil**	**Uruguay**
	1.420.000	60.000
Uso del agua	Para uso normal de la población	Público urbano y doméstico
Calidad del agua	En general el agua es de buena calidad, pero con contenido metálico. Propensa a la intrusión salina	El agua en general es de buena calidad, localmente con hierro y cloruros debido al origen marino de sus sedimentos.
Variaciones de las precipitaciones en la última década	Aumento de las precipitaciones	Aumento de la intensidad de las precipitaciones Mayores precipitaciones promedio
Variación en las próximas dos décadas	Proyecciones de incremento de 2 a 5 grados de la temperatura a más tardar en 2100	Praticamente despreciables

Conclusiones

Resumiendo, es evidente que si bien hay opiniones claras sobre el papel del cambio climático en el uso actual y futuro de los acuíferos, el tema no ha sido considerado de capital importancia y se requiere más información. En gran parte de la región es difícil distinguir entre las fluctuaciones cíclicas de El Niño/La Niña y las tendencias a largo plazo.

En el Caribe y América Central existe una percepción general de mayor intensidad de las tormentas y períodos de sequía más prolongados e intensos, fenómeno que influye en la recarga. De ello se derivan importantes consecuencias a largo plazo en cuanto al uso y a las necesidades del uso de los acuíferos transfronterizos.

4.4. Cooperación para la gestión

El número de interrelaciones, positivas o negativas, entre países que comparten acuíferos desde el extremo septentrional hasta el meridional del Continente Americano, es sumamente desigual: la gama abarca desde la ausencia total de interrelaciones hasta varias interrelaciones con resultados concretos. No obstante, en general el número de interrelaciones es relativamente bajo en comparación con el número de acuíferos compartidos conocidos.

Sólo se consideraron 39 acuíferos compartidos a los efectos de la investigación, según el número de respuestas a los cuestionarios recibidos. En el cuestionario se pregunta sobre las interrelaciones que tuvieron lugar en los últimos 20 años. Pese al importante número de acuíferos compartidos, la mayoría de los países informan que no mantuvieron interrelación alguna, o sólo unas pocas interrelaciones, con su(s) país(es) vecino(s) con el (los) que comparten un mismo acuífero.

La cifra más alta de interrelaciones indicadas es de cinco, para un acuífero compartido por Canadá y los Estados Unidos (el de Châteauguay).

Se informa de una amplia cooperación con respecto al acuífero Guaraní entre Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay, siendo ésta una de las pocas interrelaciones positivas que reúnen a más de dos países.

Qué clase de interrelaciones prevalecen?

Se informa de interrelaciones con respecto a 19 de los acuíferos considerados. Casi todas las interrelaciones declaradas son positivas, estando destinadas a mejorar la cooperación, entre los países interesados, entre los acuíferos compartidos.

Competencia

La mayoría de las interrelaciones no positivas sobre las que se informa guardan relación con la cantidad del recurso. La principal de las razones a las que se hace referencia con respecto a esas interrelaciones es el crecimiento demográfico, continuando con el uso extensivo del agua para atender necesidades agrícolas, y la variabilidad climática. De hecho, hay 9 de tales declaraciones sobre competencia en torno al uso de 8 acuíferos, relacionadas, en la mayoría de los casos, con el volumen del agua. En otras respuestas se subrayó una “competencia potencial”.

Cuando la competencia aludida en los informes está relacionada con la calidad del agua, las razones declaradas consisten en problemas con aguas residuales y contaminación provocada por actividades mineras.

En tres casos, los informes se refieren a la competencia relativa, exclusivamente, al agua superficial, y no al agua subterránea, como en el Rio Grande (Estados Unidos-México) o la Cuenca Baja-Rio Colorado (Estados Unidos-México) y el Amazonas.

Cuando se reconoce la existencia de competencia, la misma sólo se describe como mínima o potencial, para el futuro. Ninguno de los Estados mencionó una grave competencia o un conflicto real. No obstante, muchos países no indicaron en absoluto si existe o no competencia. En la mayoría de estos casos, los países simplemente están

usando y explotando el acuífero, cada uno de ellos en su propio territorio, sin ninguna decisión o acción conjunta.

Países vecinos en muchos casos evalúan en forma diferente la existencia y el nivel de (potencial) competencia. Estados Unidos y México, por ejemplo, reflejan opiniones diferentes con respecto al acuífero Sonoyta-Pápagos. Por una parte, a Estados Unidos le preocupa el mayor y más acelerado crecimiento demográfico de México, así como el mayor número de predios agrícolas existentes en Sonoyta, México. Mientras que este último, niega que exista competencia con respecto a ese mismo acuífero, aunque subraya la importancia de los recursos del acuífero para las necesidades de la población indígena de los Pápagos que habita territorio estadounidense, y también para las comunidades rurales dispersas en el territorio mexicano. Otro informe dispar se refiere al acuífero de San Pedro: Estados Unidos hace referencia a un estudio reciente que demuestra que si bien el crecimiento demográfico y la contaminación provocada por el efluente de la actividad minera pueden ser significativos del lado mexicano, el mayor de los problemas que afecta a la zona ribereña de San Pedro consiste en el bombeo de agua subterránea para uso agrícola y las obras de mejoras de tierras en el lazo de Arizona. Sin embargo México, niega la existencia de competencia entre los dos países con respecto a esos recursos, menciona el desarrollo de la agricultura en las fajas fronterizas de ambos países, pero no la considera competencia.

Esos ejemplos muestran claramente como la misma situación puede percibirse en formas opuestas en los distintos lados de una frontera.

La competencia guarda relación, principalmente, con la cantidad y calidad de los recursos. Tal como sucede con los recursos hídricos transfronterizos superficiales, los países generalmente discrepan en cuanto al volumen y a la calidad del agua.

Cooperación

Cuando se les solicita que informen sobre todos los tipos de interrelaciones que tuvieron lugar con sus vecinos, 13 países formularon declaraciones -casi todas positivas- sobre 19 acuíferos. Sólo un país (Canadá) declaró competencia mínima e interrelaciones positivas: en Columbia Británica en Canadá y en el Estado de Washington, en los Estados Unidos, ha habido varios intercambios de comunicaciones con respecto al acuífero entre los gobiernos, organismos federales, así como entre universidades y municipalidades.

Se declara que la competencia es mínima con respecto a la disponibilidad de aguas subterráneas; en cambio existe preocupación con respecto a los posibles impactos del uso agrícola de la tierra.

El nivel de interrelaciones positivas, su intensidad, así como su éxito, difieren en forma pronunciada entre los diversos casos sobre los que se tiene conocimiento. La mayoría de los países que informaron sobre competencia expresaron que también existe cooperación con respecto al mismo acuífero.

Las interrelaciones de cooperación sobre las que se informa difieren, no sólo en intensidad y nivel de éxito, sino también en cuanto a la esfera y gama de temas sobre las que ha versado; la gama va desde intercambio de información hasta una compleja gestión estratégica con respecto a varios temas. La mayoría de los acuerdos se

encaminan a una gestión conjunta del acuífero para el desarrollo sostenible, así como a la protección del acuífero y de su sistema ecológico. Otros objetivos de cooperación mencionados son, además de los de intercambio de información y realización de estudios científicos conjuntos, prevención de riesgos, mitigación de la contaminación, colaboración técnica y medidas concretas, tales como colaboración en caso de sequías.
En algunos casos, aunque no se mencionan interrelaciones a nivel de los gobiernos, se hace referencia a la cooperación científica como posible interrelación entre países que comparten un acuífero, como ocurre con la mayoría de los acuíferos compartidos por México y Guatemala. La investigación realizada por INSIVUMEH en Guatemala y CONAGUA en México fue coordinada por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) México-Guatemala, como interrelación transfronteriza positiva entre ambos países.

En otros casos se informa que las interrelaciones encaminadas a establecer cooperación transfronteriza no fueron exitosas. El caso del acuífero Táchira Pamplonita y Guajira, compartido por Venezuela y Colombia es, en efecto, un ejemplo en que las reuniones internacionales para la realización de estudios y acuerdos integrados no alcanzaron todavía sus objetivos.

Una de las interrelaciones de cooperación más exitosas sobre las que se informó es el proyecto en el acuífero Guaraní financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). El proyecto del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) indujo la colaboración entre los países respectivos, para una mejor gestión del sistema y su protección. De hecho, los cuatro países están elaborando un marco institucional para la gestión y protección el acuífero para la actual generación y las futuras. Asimismo, se preparó un proyecto de Declaración de principios y líneas de acción básicos.

En el caso de Brasil, este consideró el proyecto como un posible modelo de mejora de la cooperación en otros acuíferos de la región, como los de Caiuá-Bauru, Pantanal, Serra Geral, y el acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño.

Los ejemplos y el número de actividades sobre las que se informó muestran la existencia de una genuina voluntad de cooperación.

Además, las interrelaciones positivas están relacionadas con una amplia gama de temas, tales como calidad y volumen del agua, pero también gestión conjunta, intercambio de datos, mitigación de riesgos y cooperación técnica. De hecho, los países encuentran numerosas razones para cooperar.

¿Qué se está haciendo para intensificar la cooperación y/o impedir el aumento de la competencia?

Las medidas adoptadas para prevenir una posible competencia o impedir el aumento de las interrelaciones de competencia existentes difieren según los países y/o el acuífero de que se trate.

Los Estados Unidos llevaron a cabo investigaciones científicas sobre recursos transfronterizos para prevenir el aumento de la competencia en torno a los acuíferos que comparte con sus vecinos. Esas investigaciones científicas comprendieron el seguimiento de la calidad de los recursos hídricos de los acuíferos estudiados, así como el flujo del río del mismo sistema, y el modelado de recursos regionales. La evaluación

sólo fue realizada por Estados Unidos, sin la cooperación de países vecinos. De hecho, en 2006 el Congreso de los Estados Unidos había sancionado la Ley de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos Estados Unidos/México.

En el caso de Guatemala y El Salvador participaron juntos en el proyecto UNESCO-PCCP de evaluación del estado de conflicto y cooperación en el acuífero Ostua-Metapán, que comparten. El objetivo del estudio es prever la eventual intensificación de una posible competencia entre ambos países creando una visión común para la gestión conjunta del referido cuerpo de agua.

Para prevenir el desarrollo de la competencia en el caso del acuífero de Santa Cruz (Estados Unidos-México) se creó la Dirección de Manejo e Importación de Agua de Santa Cruz. En el caso de San Pedro (Estados Unidos-México) se establecieron programas de desvío de efluentes de actividades mineras, apartándolos del río, y de incremento de la recarga, a la vez que se limitaba el bombeo. En el caso del acuífero Esquipulas-Ocotepeque-Citalá (Guatemala-El Salvador-Honduras) y del acuífero Ostua-Metapán (Guatemala-El Salvador) se iniciaron actividades de cooperación entre gobiernos locales.

Las medidas adoptadas para mejorar la cooperación existente difieren también según los países y acuíferos en cuestión. Las actividades de fomento de la cooperación más a menudo mencionadas consisten en la realización de proyectos multilaterales y la ejecución de acuerdos bilaterales o multilaterales. Un ejemplo de proyecto bilateral es la construcción de una planta eléctrica en Arizona (Estados Unidos) con la utilización de aguas residuales provenientes de México para refrigeración y suministro de electricidad a ambos. Se exime así del pago de tratamiento de aguas residuales mexicanas y se crean puestos de trabajo en Arizona.

Otras medidas entre países vecinos para mejorar la cooperación consisten en la realización de estudios científicos conjuntos, conversaciones informales y reuniones a nivel local, nacional e internacional sobre diferentes temas (por ejemplo temas técnicos e institucionales).

¿Qué preocupaciones se plantean para el futuro?

Aunque aún no se plantean preocupaciones ni existe competencia en torno a algunos acuíferos, varios países mencionan la posibilidad de futuras preocupaciones. Las razones de esa preocupación son múltiples y podrían consistir en repercusiones del cambio climático, amplia utilización del agua, o contaminación.

Las preocupaciones de México se relacionan, en cambio, con un posible incremento del bombeo por parte de los Estados Unidos de aguas de los acuíferos Sonoyta-Pápagos y Rio Bravo/Grande, que provocaría una importante disminución de la recarga del flujo subterráneo. México menciona asimismo preocupaciones referentes al riesgo de contaminación de las partes altas de los acuíferos Ocosingo-Usumacinta-Pocóm-Ixcán y Marqués de Comillas-Chixoy/Xaclbal, que comparte con Guatemala.

Muchos países expresaron la necesidad de cooperación futura en los acuíferos que comparten con sus vecinos. Las medidas recomendadas más a menudo para establecer esa cooperación consisten en intercambio de información y participación en estudios bilaterales. Se considera útil, además, disponer de acuerdos y planes de gestión

bilaterales, así como comisiones a nivel local que reúnan a representantes de la población local y aborden temas de interés común.

En el caso de Uruguay y Argentina, estos expresan su interés en completar y llevar a cabo actividades tendientes a preservar la calidad y cantidad de los recursos hídricos del acuífero Salto-Salto Chico.

Conclusiones

Aunque no todos los países respondieron a muchas partes del cuestionario, la información recogida lleva a la conclusión de que el balance de las interrelaciones sobre el uso de acuíferos compartidos se inclina hacia la cooperación.

En los informes de 24 países se formulan declaraciones, casi todas ellas positivas, sobre 19 acuíferos; en tanto que 9 informes en que se alude a competencia versan sobre el uso de ocho acuíferos. El número de interrelaciones positivas sobre las que se informó supera el de interrelaciones de competencia. Análogamente, el número de acuíferos en que ha habido cooperación supera el número de acuíferos en que existe la sensación de que ha habido competencia. Ningún país declaró exclusivamente interrelaciones negativas.

Además, la cooperación abarca una amplia gama de temas, en tanto que la competencia en general guarda relación con la calidad y el volumen de agua.

Asimismo, se informa que la cooperación se da dentro o fuera de un marco político. No obstante, países como Canadá y Estados Unidos, que tienen una larga historia de cooperación y uso compartido de recursos hídricos superficiales, con un sólido acuerdo y una Comisión en funcionamiento, se interrelacionan en forma bastante más positiva que otros en torno a los recursos hídricos subterráneos. En otros países, como los del acuífero Guaraní, la cooperación con respecto al acuífero ha sido inducida por los científicos y detallada en un proyecto acordado por los países. La existencia de un marco ayuda a que las interrelaciones sean positivas y se desarrollen hasta dar lugar a la cooperación.

Los países que respondieron a este cuestionario buscan y realizan cooperación científica y técnica, y la consideran como un camino que conduce a la intensificación de la cooperación política.

En general, actividades unilaterales tales como estudios, evaluaciones e investigaciones, favorecen la cooperación aunque ésta no se establezca oficialmente entre países que comparten un acuífero, en tanto que las actividades unilaterales encaminadas en un sentido negativo no hacen más que ampliar la brecha entre los países. Se ha informado de actividades de fomento de la cooperación, en tanto que no se declaró ninguna seria divergencia de opiniones.

Esas retroinformaciones sobre las interrelaciones entre los países que comparten un acuífero muestran una muy pronunciada tendencia hacia la cooperación, y confirman la posibilidad de que partes con intereses divergentes utilicen armoniosamente un recurso común. Lograr cooperación en torno a acuíferos compartidos garantiza la disponibilidad de agua de buena calidad y en cantidad adecuada para los pueblos, cuya vida depende

del recurso. Aun cuando sean compartidos por varios interesados, los acuíferos no son, en modo alguno, una fuente de conflictos inevitables.

Los acuíferos compartidos no deben concebirse automáticamente como un recurso limitado en torno al cual compiten diferentes partes, sino como un recurso multifacético que brinda oportunidades para crear nuevos beneficios que han de compartirse, resolver problemas de los interesados y atender sus respectivos intereses.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los resultados de los primeros siete años (2003-2009) del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas con la participación activa de los 24 países de la región que comparten sistemas acuíferos transfronterizos, muestran una evolución creciente del conocimiento del número de acuíferos y de sus características hidrogeológicas, socioeconómicas, ambientales, climáticas y legales.

Durante el desarrollo de los Talleres de Coordinación, la elaboración de los libros publicados y actividades de los estudios de caso, se pudo comprobar el interés y la capacidad de los países que comparten acuíferos, de trabajar y colaborar en el marco del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas.

Cada vez más, los países del hemisferio están tomando en cuenta los adelantos científicos en el campo de la hidrogeología, buscando definir marcos de regulación, para facilitar el uso y la gestión de los recursos hídricos subterráneos, lo cual refleja el deseo de enfrentar los problemas relacionados a los acuíferos transfronterizos de manera coherente e integrada.

Entretanto, se observa que, en general, los problemas que afectan las aguas subterráneas transfronterizas se relacionan con la falta de información. Muchas veces, datos que son vitales para la gestión del agua están fragmentados o no se encuentran disponibles. La falta de información afecta la forma en que los políticos y el público perciban a este valioso recurso subterráneo, y limita la comprensión de su importancia para la seguridad alimentaría y el alivio de la pobreza. Esto, generalmente se traduce en políticas fragmentadas y ausencia de estrategias de gestión integrada de los recursos subterráneos.

5.2. Recomendaciones

Los pasos definidos para las actividades programadas en el marco del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas 2010-2013, demuestran una conciencia para la consolidación del conocimiento obtenido, a través de la publicación de las bases para una estrategia para la gestión integrada de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas y de las buenas prácticas de los estudios de caso, así como la diseminación de la información obtenida a través de una plataforma electrónica.

Hay, todavía, una necesidad urgente de una mayor comunicación entre todos los actores involucrados en aguas subterráneas transfronterizas, para facilitar un mayor conocimiento y el uso sostenible de este valioso recurso.

Debe realizarse el balance y la evaluación de los 10 años del Programa ISARM Américas en 2013, para definir los futuros pasos que deberán ser considerados por todos los interesados.

6. COORDINADORES NACIONALES, INSTITUCIONES Y COLABORADORES INSTITUCIONALES

ARGENTINA

Ofelia Tujchneider
Investigador CONICET
Profesor Titular Gestión de los Recursos Hídricos Subterráneos
Grupo de Investigaciones Geohidrológicas
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Universidad Nacional del Litoral
Ciudad Universitaria 3.000 Santa Fe – Argentina
Tel: (54-342) 457-5244 Int 150
Tel/Fax: (54-342) 459-2287
e-mail: pichy@fich1.unl.edu.ar

Colaboradores:

- Verónica Musacchio

BELIZE

Rudolph Williams Jr.
Hydrologist
National Meteorological Service
Philip Goldson International Airport
PO Box 717
Belize City, Belize
e-mail: rwilliams@hydromet.gov.bz; rudolph_williams@hotmail.com;
rudolph_williams2000@yahoo.com

BOLIVIA

Hugo Delgado Burgos
Director General Ejecutivo
Servicio Nacional de Geología y Minería
SERGEOTECMIN
Federico Zuazo 1673, Esquina Reyes Ortiz
La Paz, Bolivia
Tel: (591-2) 231-1373/233-0766
Fax: (591-2) 239-1725
e-mail: hdelgado@sergeomin.gov.bo

Colaboradores:

- Equipo de SERGEOTECMIN
- Mayel Sunagua Coro

BRASIL

Júlio Thadeu Silva Kettelhut
Diretor do Programa de Implementação
Secretaría de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
Diretoria de Recursos Hídricos
SEPN 505 Lote 2, Terreo
CEP 70.730-540 - Brasília /DF
Tel: (55-61) 3105-2040/2041
e-mail: julio.kettelhut@mma.gov.br

Colaboradores:

- Adriana Niemeyer Pires Ferreira
- Claudia Ferreira Lima
- Laestanislaula Souza Silva
- Roseli dos Santos Souza
- Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas)

CANADA

Alfonso Rivera
Chief Hydrogeologist and Program Manager
Geological Survey of Canada
Natural Resources Canada
490 rue de la Couronne
Quebec (Quebec) G1K 9A9, Canada
Tel: (1-418) 654-2688
Fax: (1-418) 654-2615
e-mail: arivera@nrcan.gc.ca

Colaboradores:

- Diana Allen

CHILE

María Angélica Alegría
Ingeniero, Asesor DGA
Estado 10 Piso 15
Santiago, Chile
Tel: (56-2) 449-3851
e-mail: maria.alegria@mop.gov.cl

Colaboradores:

- Carlos Berroeta Bustos
- Marcelo Espinoza

COLOMBIA

Omar Franco
Jefe de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Santa Fe de Bogotá, Colombia
Tel: (57-1) 352-7119
e-mail: ofranco@ideam.gov.co

Colaboradores:

- Nelson Omar Vargas Martínez

COSTA RICA

Rodrigo A Calvo Porras
Ingeniero- Hidrogeólogo
Área de Auscultación de Obras
Instituto Costarricense de Electricidad – ICE
PO. Box 801-2150 San José, Costa Rica
Tel: (506) 2220-6764
Cel: (506) 8384-3184
e-mail: rcalvop@ice.go.cr; calvo.rp@gmail.com

ECUADOR

Guillermo Gallardo
Director Ejecutivo
INAMHI
Iñaquito N36-14 y Corea
Ecuador
Telf: (593-2) 397-1190 ext. 163
e-mail: inamhi@inamhi.gov.ec

Colaboradores:

- Napoleón Burbano

EL SALVADOR

Ana Deisy López Ramos
Directora Servicio Hidrológico Nacional - SHN
Servicio Nacional de Estudios Territoriales – SNET
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN
Tel: (503-2) 267-9557
Fax: (503-2) 267-9556
e-mail: dlopez@marn.gob.sv

Colaboradores:

- Elizabeth Granados

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Norman Grannemann
U. S. Geological Survey (USGS)
6520 Mercantile Way, Suite 5
Lansing, MI 48911
Tel: (1-517) 887-8936
e-mail: nggranne@usgs.gov

Colaboradores:

- Ingrid Verstraeten
- John Williams
- Wesley R. Danskin
- James Leenhouts
- John Hoffmann
- James Stefanov
- Ann Adis

GUATEMALA

Víctor Manuel Pérez
Jefe de Unidad de Servicios Hídricos
Instituto de Meteorología e Hidrología INSIVUMEH
7 Avenida 14-57, Zona 13
Guatemala Ciudad, Guatemala
Tel: (502) 2260-6599/6356
Fax: (502) 331-5005
e-mail: vicman4749@yshoo.com; indireccion@insivumeh.gob.gt

Colaboradores:

- Fulgencio Gavarito

GUYANA

Bhaleka Seulall
Acting Chief Hydrometeorological Officer
Ministry of Agriculture
Hydrometeorological Service, Guyana
Tel: (592-2) 254-247
e-mail: bhalekaseulall@yahoo.com

Colaboradores:

- Albert Mente

HAITÍ

Astrel Joseph
Coordonnateur des Directions Départementales
Ministère de l'Environnement
181, Haut Turgeau
Tel: (509) 245-7572 / 244- 2338
Cel: (509) 455-1626 / 681-7050
Courriel: astreljo@yahoo.fr; osnick.joseph@gmail.com

Colaboradores:

- Emmanuel Molliére

HONDURAS

Sergio Galel Sánchez Arita
Dirección de Recursos Hídricos de la SERNA
Tel. (504) 235-9292 Fax.(504) 235-86-38
Dirección: Edificio de DEFOMIN,
Ave. La FAO, Boulevard Centroamerica,
Tegucigalpa, Honduras, C.A.
e-mail: galelhn@yahoo.es

Colaboradores:

- Petrona Gago

MÉXICO

Felipe I. Arreguin Cortez
Sub-director General Técnico
Comisión Nacional del Agua – CNA
Insurgentes Sur ·2140, Piso 2 Col. Ermita
México DF 1070, México
Tel: (52-55) 5661-6803
Fax: (52-55) 5661-6861
e-mail: felipe.arreguin@conagua.gob.mx

Colaboradores:

- Rubén Chaves Guillén
- Víctor M. Castañón Arcos

NICARAGUA

Rigoberto López Valdivia
Oficina de Recursos Hidricos y Cuencas Hidrográficas
MARENA
Managua, Nicaragua
Tel.: (505) 2233-1313 ext.1187
e-mail: riloval@yahoo.com

PANAMÁ

Silvano Vergara
Director de Cuencas
Jefe de la Dirección de Patrimonio Natural
Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá
Albroke, Edif. 804, 3º piso
Ciudad de Panamá, República de Panamá
Apartado Postal ANAM C-Zona 0843-00793
Tel: (507) 500-0855
Fax: (507) 500-0773
e-mail: silvano_vergara@anam.gob.pa

Colaboradores:

- Eric Tejera

PARAGUAY

Fernando Larroza
Coordinador Nacional
Director General
DGPCRH/SEAM
Tel/Fax: (595-21) 615-811
Asunción, Paraguay
e-mail: rhidricos@seam.gov.py; fernando.larroza@gmail.com

Colaboradores:

- Ana Maria Castillo Clerici
- Félix Carvalho
- Néstor Cabral

PERÚ

Edwin Zenteno Tupiño
Direccion de Conservación
Autoridad Nacional del Agua ANA

Calle Diecisiete 355
Urb. El Palomar – San Isidro
Lima 27, Peru
Tel: (51-1) 224-3218
e-mail: ezenteno@ana.gob.pe; Zentenoedwin@hotmail.com

REPÚBLICA DOMINICANA

Francisco T. Rodríguez
Director Ejecutivo
Instituto Nacional de Recursos Hídraulicos – INDRHI
Av. Jimenez Moya esq. República de Líbano Centro de los Héroes
Apartado Postal 1407
Santo Domingo, República Dominicana
Tel: (809) 533-0455, 508-2741
Fax: (809) 508-2741
e-mail: direccion@indrhi.gov.do; ftrodriguez@codetel.net.do

Colaboradores:

- Xiomara Luberes
- Carol Catheline
- Héctor Rodríguez
- Yenny Rodrigues Encarnación

SURINAM

Moekiran Armand Amatali
Ministry of Public Works
Director, Hydraulic Research Division
Comm. Weythinghweg 130,
Paramaribo, Surinam
Tel: (597) 490-963, 490-288 (home), 854-3422 (mobile)
Fax: (59-7) 46-4901
e-mail: armand_amat@yahoo.com

Colaboradores:

- Alberte Mente

URUGUAY

José Luis Genta
Director Nacional de Aguas y Saneamiento
Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Dirección Nacional de Hidrografia

Rincón 575, Piso 2 Montevideo 11100, Uruguay
Tel: (598) 2916-4666 ext. 3328/33/70
Fax: (598) 2916-4667
e-mail: jlgenta@mvotma.gub.uy

Colaboradores:

- Edi Juri
- Lourdes Batista
- Juan Ledesma
- Ximena Lacués
- Pablo Decoud
- Malena Pessi

VENEZUELA

Fernando Decarli R.
Coordinador de Hidrología Subterránea
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH)
Dirección: Carretera Hoyo de la Puerta, Av. Principal de Sarteneja, Parque Tecnológico IDEA. Edificio INAMEH. Caracas. Municipio Baruta. Estado Miranda.
República Bolivariana de Venezuela.
Tel: (58-212) 535-3164/3151
Cel: (58-416) 620-8331
e-mail: fdecarlira@gmail.com; fdecarli@inameh.gob.ve; fdecarli@hotamil.com

Coordinador Regional del Programa UNESCO/OEA ISARM Américas

Nelson da Franca Ribeiro dos Anjos
Especialista en Recursos Hídricos
Brasilia, Brasil
e-mail: nelsondafranca@yahoo.com.br

UNESCO

Victor Pochat (a partir de marzo de 2010)
Coordinador Regional Responsable
Programa Hidrológico Internacional
UNESCO
Edificio MERCOSUR
Dr. Luis Piera 1992, 2o piso
11200 Montevideo, Uruguay
Tel: (598-2) 413-2075
Fax: (598-2) 413-2094
e-mail: phi@unesco.org.uy; vpochat@unesco.org.uy

Maria Concepción Donoso (hasta enero de 2010)
Hidróloga Regional para America Latina y el Caribe
Especialista de Programas Ciencias Ambientales y Recursos Hídricos

Zelmira May
Asistente Técnica
Programa Hidrológico Internacional
UNESCO
Edificio MERCOSUR
Dr. Luis Piera 1992, 2º piso
11200 Montevideo, Uruguay
Tel: (598) 2413-2075
Fax: (598) 2413-2094
e-mail: phi@unesco.org.uy, zmay@unesco.org.uy

Colaboradores:
Manuel Martínez (Pasante)
Chrystel Ocanto (Pasante)

OEA/OAS

Maximiliano Campos (a partir de setiembre de 2009)
Jefe Área Geográfica América Latina
Department of Sustainable Development - DSD
Organization of American States – OAS
1889 F Street, # 613 NW
Washington D.C. 20006, USA
Tel: (1-202) 458-3687
Fax: (1-202) 458-3862/3168
e-mail: mcampos@oas.org

Jorge Rucks (hasta setiembre de 2009)
Jefe Área Geográfica América Latina
e-mail: jorge.rucks@gmail.com

Lydia María Ugas Carro
Project Technical Assistant
Department of Sustainable Development DSD
Organization of American States – OAS
1889 F Street, # 613 NW
Washington D.C. 20006, USA
Tel: (1-202) 458-3556
Fax: (1-202) 458-3862/3168
e-mail: lugas@oas.org

7. SIGLAS Y SITIOS WEB

ARGENTINA

INA Instituto Nacional del Agua – www.ina.gov.ar

FICH/UNL Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral – www.fich.unl.edu.ar

BELICE

NMS National Meteorological Service – www.hydromet.gov.bz

BOLIVIA

SERGEOTECMIN Servicio Nacional de Geología y Minería – www.sergeomin.bo

MMA Ministerio del Agua y Medio Ambiente – www.mma.gov.br

BRASIL

ANA Agência Nacional de Aguas – www.ana.gov.br

SRHU/MMA Secretaría de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano – www.mma.gov.br

CANADÁ

GSC Servicio Geológico de Canadá/Geological Service Canadá

NRCan Natural Resources Canadá (Ministerio de Recursos Naturales – www.nrcan.gc.ca/ess (Earth Sciences Sector) / www.ess.nrcan.gc.ca / www.nrcan.ess.gc.ca/gm (Groundwater Program)

COLOMBIA

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – www.ideam.gov.co

MAVDT Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – www.mimambiente.gov.co

COSTA RICA

ICE Instituto Costarricense de Electricidad – www.grupoice.com

DRH Dirección General de Aguas – www.drh.gov.cr

MINAET Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones – www.minae.gov.cr

CHILE

CONAPHI Comité Nacional del Programa Hidrológico Internacional del Chile

MOP Ministerio de Obras Públicas – www.mop.cl

DGA Dirección General de Aguas – www.dga.cl

ECUADOR

INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – www.inamhi.gov.ec

SENAGUA Secretaría Nacional del Agua – www.senagua.gov.ec

EL SALVADOR

SNH Servicio Hidrológico Nacional

SNET Servicio Nacional de Estudios Territoriales – www.snet.gob.sv

MARN Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales – www.marn.gob.sv

ESTADOS UNIDOS

IBWC	Internacional Boundary and Water Commission/Comisión Internacional de Límites y Aguas México-USA – www.ibwc.state.gov
IJC	International Joint Commission/Comisión Internacional Conjunta USA-Canadá – www.ijc.org
USGS	United States Geological Survey/Servicio Geológico de los Estados Unidos – www.usgs.gov / www.water.usgs.gov/agw/gwrp (Groundwater Resources Program) / www.water.usgs.gov (Water Resources Program)

GUATEMALA

INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Meteorología y Hidrología – www.nsivumeh.gob.gt

GUYANA

HS/MA	Hydrometeorological Service/Ministry of Agriculture – www.ma.gov.gy

HAITÍ

UniQ	Université Quisqueia – www.uniq.ht
UEH	Université d'État Haití
MARNDR	Ministère de l'Agriculture
MDE	Ministère de l'Environnment
SNRE	Service National dês Resources em Eaux – www.Haití.gov

HONDURAS

DGRH/SERNA	Dirección General de Recursos Hídricos de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente – www.serna.gob.hn

MÉXICO

CONAGUA/CNA	Comisión Nacional del Agua – www.conagua.gob.mx
CILA	Comisión Internacional de Límites entre México y Estados Unidos – www.cila.org.mx
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – www.semarnat.gob.mx

NICARAGUA

DGPN	Dirección General del Patrimonio Natural
MARENA	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales – www.marena.gob.ni

PANAMÁ

ANAM	Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá – www.anam.gob.pa
DIGICH	Dirección de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas

PARAGUAY

DGPCRH	Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos
SEAM	Secretaría del Ambiente – www.seam.gov.py

PERÚ

ANA	Autoridad Nacional del Agua – www.ana.gob.pe

REPÚBLICA DOMINICANA

INDRHI Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos – www.indrhi.gov.do

SURINAM

HRN/MPW Hydraulic Research Divisory Ministry of Public Works – www.mpw.gov.su

URUGUAY

DINASA Dirección Nacional de Aguas y Saneamiento

MVOTMA Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente – www.mvotma.gob.uy

DINAMIGE Dirección Nacional de Minería y Geología – www.dinamige.gob.uy

OSE Obras Sanitarias del Estado – www.ose.com.uy

DNH Dirección Nacional de Hidrografía – www.dnh gob.uy

VENEZUELA

INAMEH Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – www.inameh.gob.ve

MINAMB Ministerio del Poder Popular para el Ambiente – www.minam.gob.ve

ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

UNESCO Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – www.unesco.org.uy

PHI Programa Hidrológico Internacional – www.unesco.org.uy/phi

OEA Organización de los Estados Americanos – www.oas.org

DDS Departamento de Desarrollo Sostenible – www.oas.org/dsd

FEMCIDI Fondo Especial Multilateral de Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral – www.oas.org

UN WWAP United Nations World Water Assessment Programme - *www.unesco.org/water/wwap*

ANEXO

FICHAS Y MAPAS

SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

1. **América del Norte**
2. **Caribe**
3. **Centroamérica**
4. **América del Sur**

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS, AMBIENTALES Y CLIMÁTICOS EN LOS SISTEMAS ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS DE LAS AMÉRICAS

Breve reseña sobre la recopilación y presentación de la información

Inventariar el conocimiento actual de los acuíferos transfronterizos en las Américas, desde Canadá hasta Argentina / Chile, teniendo en cuenta que se trata de un total de 24 países, no es tarea sencilla. El nivel de conocimiento de las aguas subterráneas transfronterizas en las Américas es muy disperso. Por lo tanto, para preparar una visión general del continente hubo que tomar en consideración varios aspectos como características hidrológicas y geológicas, significado del agua subterránea en la zona y características específicas de los acuíferos, paisaje, población, clima, demanda de agua y su uso, aspectos económicos, entre otros.

La falta de información y los vacíos existentes fueron considerados durante los diálogos entre los países. El deseo de conocer, cooperar y compartir de cada uno de los países participantes de ISARM Américas, facilitó enormemente la presentación de la información disponible en los subcapítulos siguientes, detallados en el Anexo.

Un cuestionario sobre los aspectos socioeconómicos, ambientales y climáticos de los sistemas acuíferos transfronterizos de las Américas, preparado por un grupo de expertos en la reunión realizada en Miami en junio de 2007, fue analizado y validado por los Coordinadores Nacionales en el V Taller de Coordinación, celebrado en septiembre de 2007 en Montreal, Canadá y enviado a todos los países.

Una primera versión de la información disponible preparada por los Coordinadores Nacionales y sus colaboradores fue discutida en el VI Taller de Coordinación, realizado en diciembre de 2008, en Juan Dólio, República Dominicana. En esa ocasión se discutió como presentar la información en forma cartográfica referente a cada sistema acuífero.

La segunda versión fue presentada por la Coordinación de ISARM Américas a los países que participaron del VII Taller de Coordinación realizado en Quito, septiembre de 2009, revisada y ajustada por los Coordinadores Nacionales.

Todas las recomendaciones de los Coordinadores Nacionales fueron consideradas y se preparó el presente capítulo y el Anexo con el material disponible.

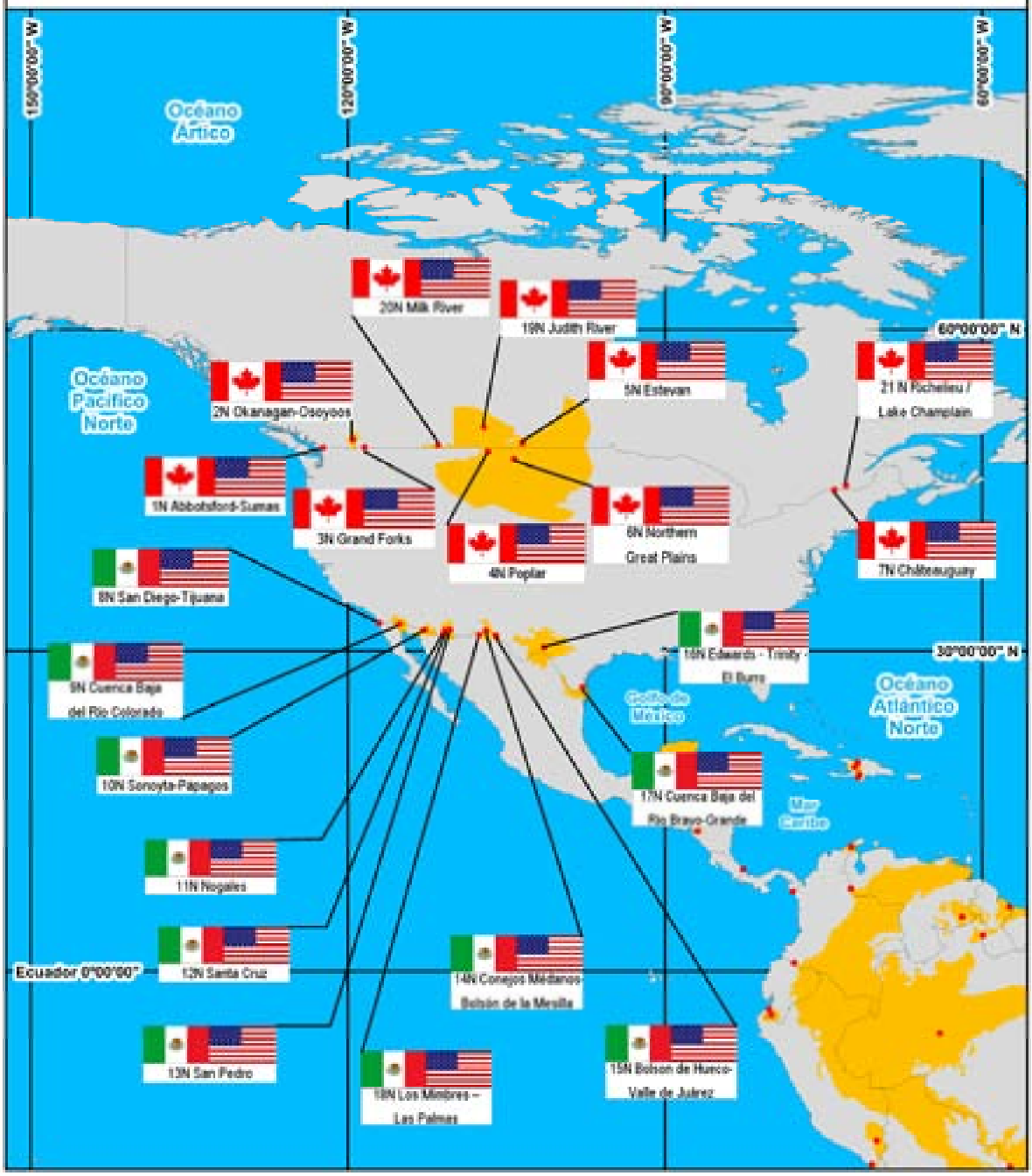
La información suministrada en este Libro en forma de fichas y mapas, permite completar el primer inventario publicado en 2008. Sin embargo, por falta de muchos datos hay que considerarla solamente como base, a ser completada por los países en un futuro y continuamente mejorada con nueva información.

1. Sistemas acuíferos transfronterizos de América del Norte

1N - Abbotsford-Sumas (Canadá-EUA)
2N - Okanagan-Osoyoos (Canadá-EUA)
3N - Grand Forks (Canadá-EUA)
4N – Poplar (Canadá-EUA)
5N – Estevan (Canadá-EUA)
6N - Northern Great Plains (Canadá-EUA)
7N – Châteauguay (Canadá-EUA)
8N - San Diego-Tijuana (México-EUA)
9N - Cuenca Baja del Río Colorado (México-EUA)
10N - Sonoyta-Pápagos (México-EUA)
11N – Nogales (México-EUA)
12N - Santa Cruz (México-EUA)
13N - San Pedro (México-EUA)
14N - Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla (México-EUA)
15N - Bolsón de Hueco-Valle de Juárez (México-EUA)
16N - Edwards-Trinity-El Burro (México-EUA)
17N - Cuenca Baja del Río Bravo-Grande (México-EUA)
18N - Los Mimbres – Las Palmas (México-EUA)
19N - Judith River (Canadá-EUA)
20N - Milk River (Canadá-EUA)
21N - Richelieu/Lake Champlain (Canadá-EUA)

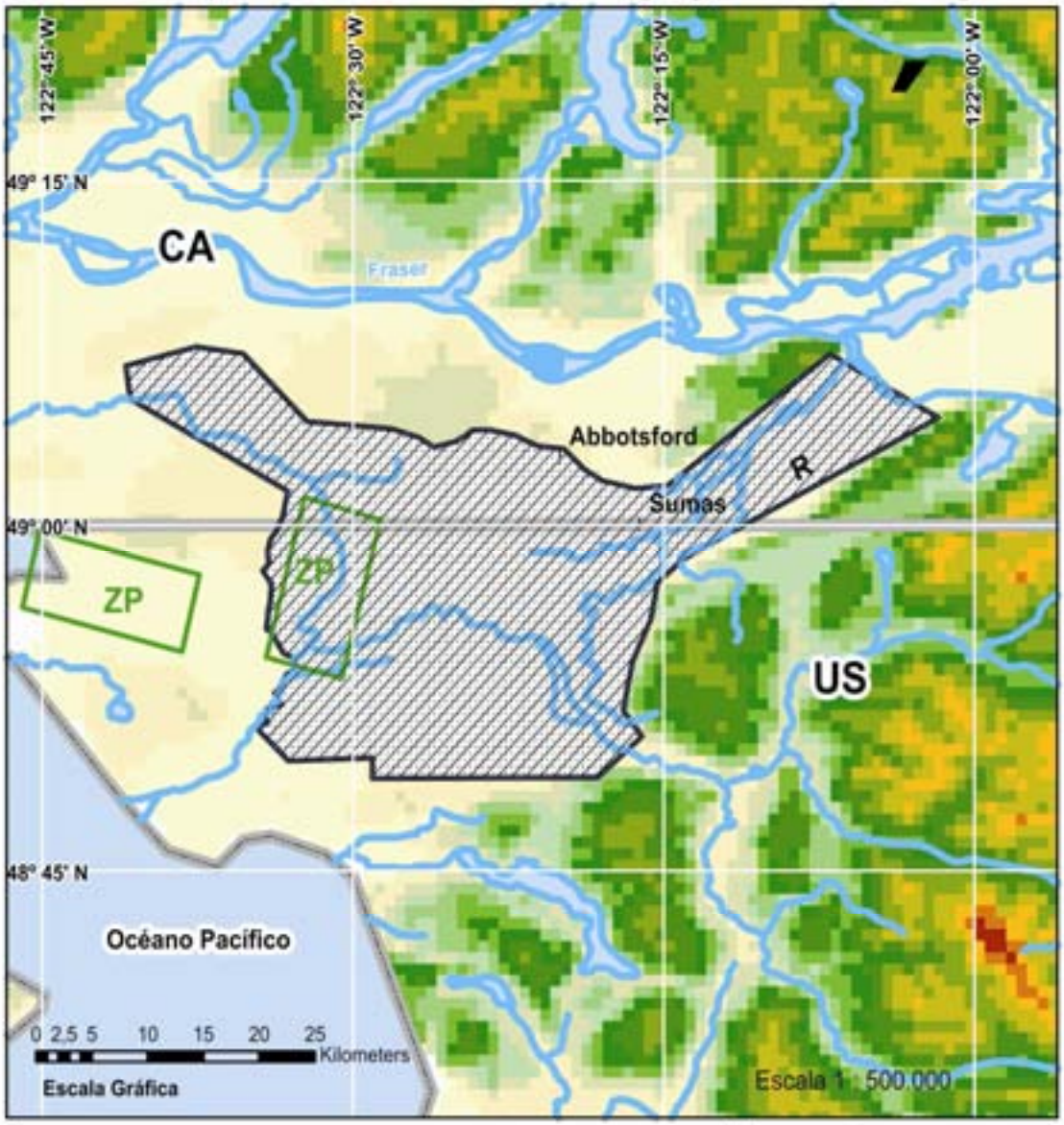
Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA DEL NORTE

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas



Sistema Acuífero Transfronterizo Abbotsford-Sumas 1N CA-US

Mapa 1N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	1750 - 2000
300 - 400	1500 - 1750
200 - 300	1250 - 1500
150 - 200	1000 - 1250
100 - 150	750 - 1000
50 - 100	500 - 750
0 - 50	

UBICACIÓN GENERAL
1N CA-US

Programa UNESCO-DEA
ISARM Américas

1N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ABBOTSFORD-SUMAS CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El sistema Acuífero Transfronterizo Abbotsford-Sumas, se extiende por los territorios de Canadá y Estados Unidos de América, más precisamente al sudoeste de la Columbia Británica (CA) y el noroeste del Estado de Washington (EUA), sobre un área total de aproximadamente 260 km^2, ocupando 100 km^2 en Canadá y 160 km^2 en Estados Unidos con poblaciones de 160.000 y 30.000 habitantes respectivamente.

1.2 Características del acuífero

Se trata de un acuífero no confinado sobre una planicie glacial "outwash" (arenas y gravas), sobreyacente a extensos depósitos glacio-marinos (arcillas consolidadas), donde los sedimentos de valle están confinados por rocas terciarias (impermeables).

Cuando los glaciares se derriten, liberan una gran cantidad de agua que a menudo se extiende en una gran capa, más allá de la morrena terminal, y lleva con ella grandes cantidades de roca y "escombros". La zona donde éstos se depositan se conoce como planicie outwash.

La profundidad del acuífero oscila entre los 0 y 100 metros.

1.3 Zonas de recarga

La recarga se produce fundamentalmente en zonas topográficamente altas, a ambos lados de la frontera internacional, a partir de la infiltración de las precipitaciones. El rango de recarga se estima entre 650 y 1.000 mm/año.

1.4 Explotación y caudales

La explotación del acuífero está destinada fundamentalmente a los usos doméstico, municipal y de abastecimiento a producciones agrícolas.

La tasa de extracción total para ambos países oscila en el equivalente a 85 mm^3/año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver datos de población en la página siguiente.

Cuadro 1N/1: Datos de población

	Canadá	EUA
• **Total:**	160.000 habitantes	30.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	128.000 hab. (80%)	20.000 hab. (66,6%)
• **Proyección (U) al 2030:**	150.000 hab.	24.000 hab.
• **Rural:**	32.000 hab. (20%)	10.000 hab. (33,3%)
• **Proyección (R) al 2030:**	32.500 hab.	15.000 hab.
• **Población indígena estimada:**	5.920 hab. (3,7%)	
• **Población en zonas de recarga:**	128.000 hab. (80%)	27.000 hab. (90%)
• **Población en zonas de descarga:**	32.000 hab. (20%)	3.000 hab. (10%)

2.2 Usos

Cuadro 1N/2: Uso Actual del agua del acuífero

	Canadá	EUA
Doméstico	10 %	30 %
Industrial	10 %	
Agrícola y Riego	78 %	70 %
Múltiples	2 %	

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Han sido documentadas, ya desde principios de la década 1970-1980, elevadas concentraciones de nitratos (NO_3).

En Canadá se reporta que alrededor del 40% de los pozos muestreados tienen concentraciones que sobrepasan el máximo permitido de 10 mgN/l, mientras que en EUA esa cifra se sitúa en 15% de los pozos muestreados y además se indica que se ha detectado alguna presencia de pesticidas.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Se reporta descensos en la napa, solamente en forma puntual.
Existe preocupación por el control de inundaciones aguas abajo en los arroyos que fluyen desde el acuífero (durante la temporada de lluvias) y la prevención de la disminución de flujo de caudal durante la estación seca.

Con respecto a la calidad del agua, la mayor preocupación es referente a la presencia de nitratos a ambos lados de la frontera, también se conoce la existencia de nutrientes (fertilizantes), orgánicos (probablemente en algunas áreas aisladas) y alguna contaminación bacteriológica (pero no generalizada).

3.3 Otras fuentes de agua

Los arroyos se derivan tanto de aguas de escorrentía en el invierno, o por la descarga de las aguas subterráneas, por lo que los arroyos son altamente afectados por el sistema de aguas subterráneas. La fuente de agua municipal en Abbotsford es principalmente a partir de reservorios de agua superficial en las montañas en el lado norte del Río Fraser (comparte el abastecimiento de agua con la Municipalidad de la Misión y es independiente de Metro, Vancouver).

La ciudad también opera ocho campos de pozos a fin de complementar el abastecimiento de agua de superficie y para abastecimiento de emergencia. El agua en el Río Nooksack, Washington, es completamente asignada a otros usuarios en este momento.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

Mayormente pequeñas tendencias positivas en las precipitaciones durante las últimas décadas, pero no estadísticamente significativas. Pequeñas reducciones en las precipitaciones en marzo y mayo. El promedio total anual de precipitación muestra una tendencia cíclica de 7-8 años.
Tendencias positivas en el nivel de las aguas subterráneas de enero a marzo, pero tendencias negativas de abril a noviembre, algunos meses con descensos significativos estadísticamente.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La reducción de la precipitación a partir de los Modelos de Circulación Global (MCGs) sugiere tanto tendencias estacionales positivas como negativas, situándose en torno a cambio cero. Se predicen inviernos más húmedos, siendo este el período de recarga dominante en esta área.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

El sistema acuífero puede ser utilizado para proporcionar abastecimiento de emergencia de agua a las ciudades de Abbotsford y Lynden en caso de desastre natural debido a la interrupción del suministro de agua, por ejemplo por la rotura de la infraestructura de líneas de abastecimiento de agua que cruzan el Río Fraser (la ciudad opera un número de campos de pozos, pero por lo general con una dependencia operativa parcial). En general, no hay riesgos importantes de inundaciones en la zona del acuífero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Las autoridades sanitarias envían avisos de protección del pozo durante inundaciones. El uso del acuífero aún no ha sido probado en casos de emergencia de abastecimiento de agua.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje señaladas son: tierras productivas - agroindustria (aves de corral), productos lácteos (leche), cultivos (bayas).
Viviendas urbanas y rurales, Hobby granjas, tierras naturales.

La cobertura natural original se puede señalar como: bosques al norte (recarga) y pastizales al sur (descarga).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

La agricultura es en general más intensa en el lado canadiense con respecto a la producción de frambuesa y la producción avícola, y una mayor urbanización en el norte bordea al acuífero donde se encuentra la ciudad de Abbotsford.

También existe un desarrollo rural a lo largo del margen meridional del acuífero a partir del desarrollo de la ciudad de Bellingham.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

- 10% de pastos
- 5% de forraje
- 25% de horticultura
- 15% lácteos
- 10% de ganado en confinamiento
- 25% de extracción de grava

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Existen especies de peces amenazadas en arroyos alimentados por aguas subterráneas: Bertrand, Fishtrap, Ten Mile.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Los ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el sistema acuífero transfronterizo son los lagos Laxton y Judson.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Hay planes de uso de la tierra, planes de manejo de nutrientes, entre otros, en toda la zona. El área del lado canadiense ha sido designada como una zona de protección de acuífero.http://www.abbotsford.ca/PageFactory.aspx?PageID=133

Hay un tremendo esfuerzo por parte de Canadá y los EE.UU. para la gestión de las aguas subterráneas y la mejora de la gestión de los nutrientes en este acuífero.

Algunas Prácticas de Manejo Beneficiosas (BMPs) en el sector agrícola están en curso, pero su eficacia real es incierta puesto que los problemas de contaminantes en las aguas subterráneas aún persisten. Los planes de gestión de la granja incluyen planes para la utilización de los residuos ganaderos. La planificación de la Gestión del Agua Subterránea, está en una fase inicial con consulta entre un rango importante de grupos de interesados (stakeholders).
Todos los planes tendrían consecuencias (impacto) sobre las zonas de recarga.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

La gestión de las aguas subterráneas (cantidad y calidad) es reconocida en varios instrumentos normativos a nivel federal, provincial, estatal y municipal.
Ejemplos:

- Ley de Protección Ambiental de Canadá (sección sobre aguas transfronterizas)
- British Columbia: Ley de Aguas
- British Columbia: Reglamento de Protección de Agua Subterránea
- British Columbia: Ley de Protección de Agua Potable
- Ciudad de Abbotsford: Reglamentos Ambientales
- Aplicación del Estado de Washington de la Ley de Gestión de Crecimiento

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 1N/3: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	En relación con los beneficios económicos derivados del uso del sistema acuífero transfronterizo se puede señalar una importante dependencia sobre el agua (uso de agua doméstico de 10.000 hogares, la agroindustria, el riego, la utilización industrial del agua) desconociéndose el monto en dólares que ello representa en la actualidad.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	La economía local presenta una alta dependencia de la agricultura con respecto al uso del agua para riego. Las aguas superficiales no están disponibles para asignación adicional.

• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	No está determinado el porcentaje estimado de nivel de pobreza de las poblaciones que dependen de los recursos de aguas subterráneas transfronterizos.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	La amenaza a los medios de vida (pérdidas económicas), en caso de que el sistema acuífero se viera afectado negativamente se sitúa en la economía, en general debido a los impactos sobre el agua potable para los residentes, además de los casos específicos de la agricultura, la agroindustria, la acuicultura y la pesca.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Varias interacciones entre British Columbia y el gobierno del Estado de Washington en colaboración con agencias federales, así como entre las universidades y los municipios de ambos lados del acuífero. Abbotsford-Sumas Grupo de Trabajo Internacional del Acuífero.

Todos sobre la base de la colaboración mutua y el intercambio de información.

Se ha producido un mínimo de competencia para la disponibilidad de aguas subterráneas, sin embargo existe la preocupación sobre la calidad del agua subterránea "aguas arriba" de los impactos del uso agrícola del suelo.

En cuanto a la colaboración entre los países vecinos en la gestión del sistema acuífero, todas las actividades de cooperación han sido realizadas con el propósito común de cartografiar y evaluar cuantitativamente el acuífero de modo normalizado (standard).

La consulta entre países se produce para proyectos significativos de desarrollo de aguas subterráneas y para compartir información sobre estrategias de gestión y las iniciativas para mitigar la contaminación del acuífero.

Los científicos y los fondos son comúnmente compartidos.

Las acciones para mejorar la cooperación actual son encaradas desde tres preguntas que marcan diferentes escenarios posibles:

a) Para anticipar la posible escalada de la competencia?

   Los países no anticipan cualquier escalada de la competencia por el uso de este acuífero.

b) Para prevenir el desarrollo de la competencia?

   Ambos países reconocen que el conocimiento científico es esencial para evitar el mal uso del acuífero, así como el reconocimiento de uno y otro al derecho de utilización equitativo y razonable.

c) Para mejorar la cooperación existente?

Realización de estudios científicos conjuntos y consulta permanente a los Comités de acuíferos transfronterizos y también a los grupos de interesados (stakeholders).

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

El interés de los países está centrado en general en la preocupación por la cantidad de agua subterránea para el mantenimiento de los flujos de base de las corrientes superficiales.

Existió un interés en particular para el abastecimiento de agua para el Proyecto de Generación de Energía Sumas II (Cancelado en 2006).

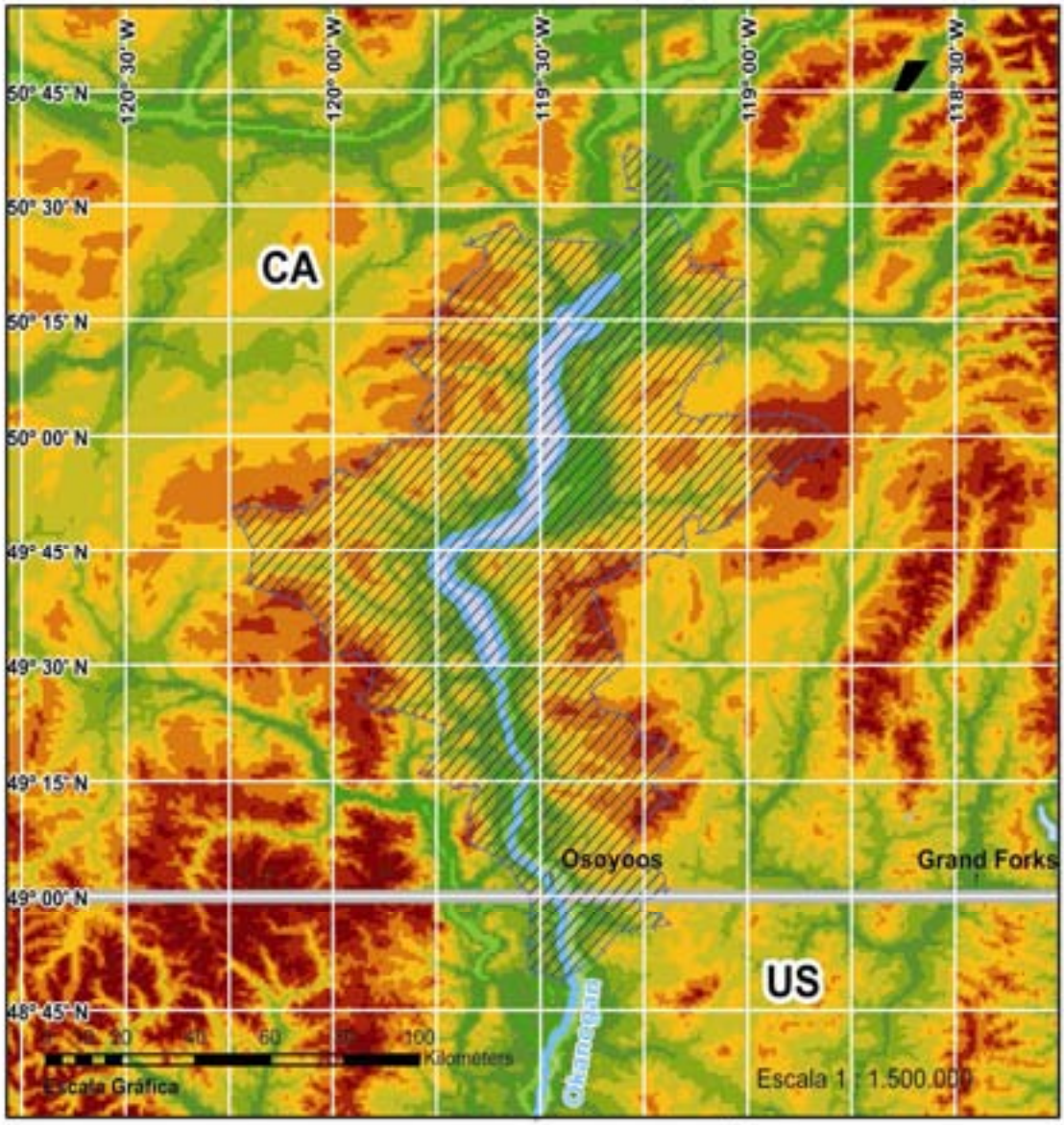
Si hubiese competencia por el uso del recurso, los enfoques y medidas para resolverlos serían abordados a través de consulta transfronteriza.

AUTORES Y FUENTES

Canadá: Preparado con la colaboración de Alfonso Rivera y Diana Allen

EUA: Preparado con la colaboración de Ingrid Verstraeten

Sistema Acuífero Transfronterizo Okanagan-Osoyoos
2N CA-US
Mapa 2N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300

UBICACIÓN GENERAL
2N CA-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

2N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO OKANAGAN-OSOYOOS CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Okanagan-Osoyoos, está localizado principalmente en la zona centro sur de la Provincia de la Columbia Británica en Canadá y en la zona centro norte del Estado de Washington en los EUA.

La Cuenca Okanagan tiene cerca de 8.000 km^2, se extiende por el Estado de Washington y su mayor extensión hacia el sur define el área del Acuífero Osoyoos.

El área del acuífero es de aproximadamente 25 km^2.

La Cuenca Okanagan se enfrenta a un incremento de la población debido a las condiciones climáticas favorables y al desarrollo creciente de viñedos.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero multicapa está conformado de sedimentos no consolidados dentro de la Cuenca Hidrográfica Okanagan y presenta un espesor de 100 m a 500 m.

1.3 Zonas de recarga

La recarga ocurre en Canadá y la dirección del flujo es hacia el sur.

La recarga se produce principalmente por infiltración de lluvia y de agua nieve que penetra la capa de suelo que se encuentra justo por debajo de la superficie.

1.4 Explotación y caudales

La demanda de agua actualmente es moderada.

En Canadá su uso es de aproximadamente 63 Mm^3/año. No hay un uso significativo del agua subterránea en el lado de EUA.

1.5 Información adicional

Todavía hay muy poca información en ambos países sobre este sistema acuífero transfronterizo.

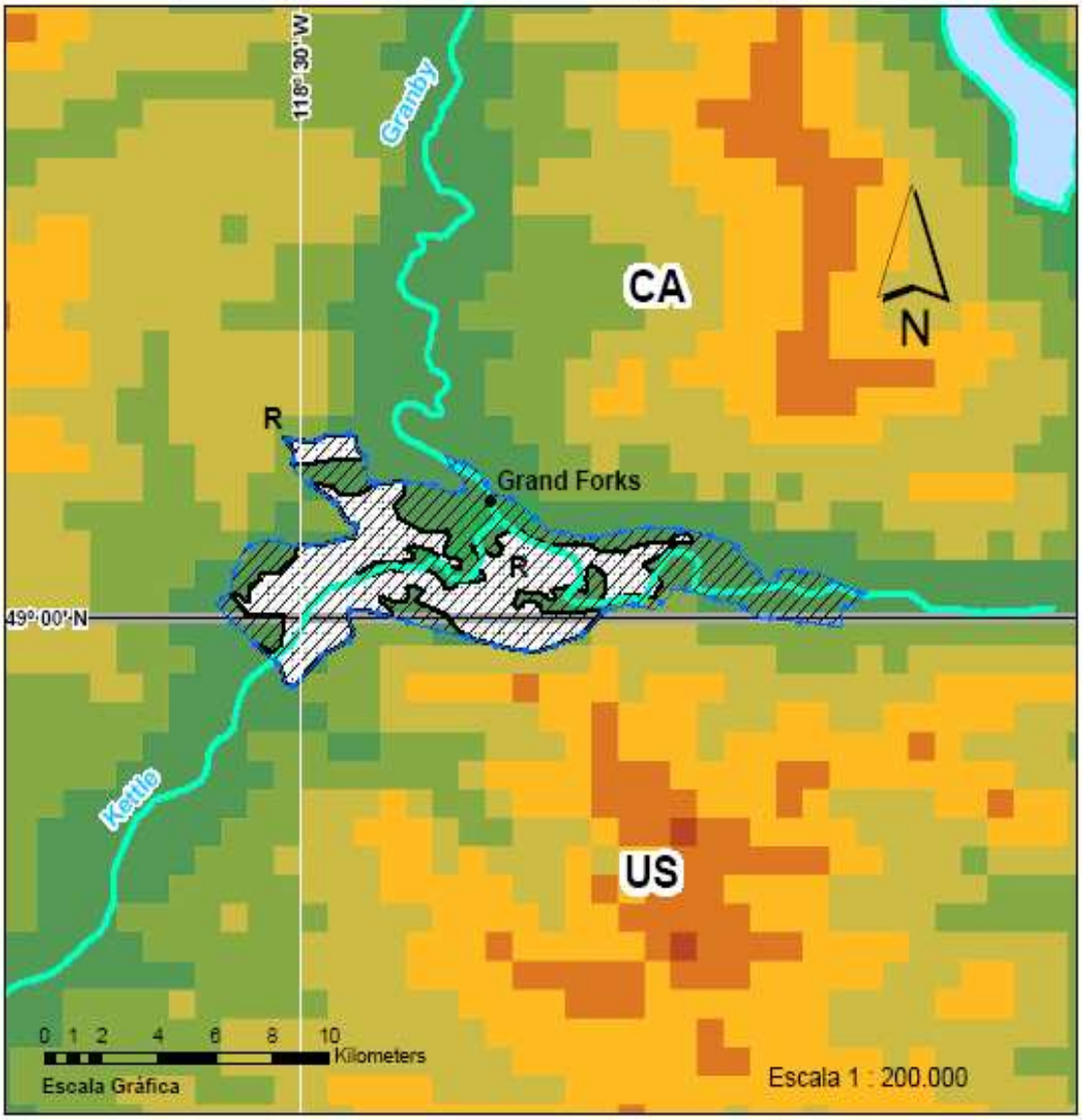
2. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Hay preocupación acerca del impacto del desarrollo en las aguas subterráneas con respecto al uso y calidad del Lago Okanagan, y también por el impacto del cambio climático en la demanda de agua.

El desarrollo futuro podría impactar el lago y el flujo de Canadá hacia los EUA.

FUENTE: Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas – Evaluación preliminar – PHI IV/Serie ISARM Américas N° 1 – Washington/Montevideo, 2007.

Sistema Acuífero Transfronterizo Grand Forks
3N CA-US
Mapa 3N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500

UBICACIÓN GENERAL
3N CA-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

3N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO GRAND FORKS CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Grand Forks está localizado entre la zona centro sur de las Provincias de Columbia Británica en Canadá y la parte centro norte del Estado de Washington en los EUA.

La extensión del acuífero es de 34 km^2 y la porción principal del mismo se ubica en Canadá, principalmente alrededor de Grand Forks, Columbia Británica, con solo una presencia localizada en EUA.

La población del lado canadiense está estimada en unos 12.000 habitantes, de los cuales unos 4.000 se ubican en la ciudad.

1.2 Características del acuífero

Se trata de un acuífero aluvial compuesto de sedimentos no consolidados, cuyo espesor oscila entre los 50 y 100 metros.

La recarga ocurre en Canadá y la dirección del flujo es del este hacia el sur dentro de los EUA. En EUA se estima que el flujo es a lo largo de los ríos Granby y Kettle hacia el este y luego hacia el sur.

El volumen del sistema acuífero es de 1,7 km^3 y el valor de la recarga se estima entre 30 a 120 mm/año.

El valle entero actúa como un área de recarga a partir de la precipitación. Gran parte del agua en el valle proviene del río.

1.3 Explotación y caudales

La demanda de agua en la región es alta y para usos múltiples; la explotación del acuífero en Canadá es de un máximo de 21.500 m^3/día durante el verano, y mucho menor el resto del año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población a continuación.

Cuadro 3N/1: Datos de población

	Canadá
• **Total:**	12.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	8.040 hab. (67%)
• **Proyección (U) al 2030:**	8.840 hab.
• **Rural:**	3.960 hab. (33%)
• **Proyección (R) al 2030:**	4.400 hab.
• **Población indígena estimada:**	No significativa. Una comunidad Doukabour.
• **Población en zonas de recarga:**	10.800 hab. (90%)
• **Población en zonas de descarga:**	1.200 b. (10%)

2.2 Usos

El uso del lado canadiense es fundamentalmente agrícola demandando un 90% del consumo para riego, mientras que el 10% restante se utiliza para consumo doméstico.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La contaminación por nitratos es un problema significativo, seguramente proveniente de nutrientes (fertilizantes).

Por otro lado existe contaminación orgánica de suelo y agua, posiblemente local, a partir de sitios industriales y comerciales (ej.: estaciones de servicio).

3.2 Otras fuentes de agua

Las altas tasas de extracción de este acuífero podrían conducir a una disminución en el caudal del río en zonas cercanas al mismo, ya que existe una estrecha relación. Lejos del río, el nivel freático simplemente caería por debajo de la profundidad del pozo. Los arroyos de la montaña son efímeros con poca contribución al balance de agua. Los ríos Kettle y Granby serían la fuente alternativa más probable.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

Desde 1977 a 1996 se han producido tendencias positivas y negativas en la precipitación (dispersa) mensual. Generalmente existen tendencias positivas en los niveles mensuales de las aguas subterráneas, pero no significativas. A principio de año se dan las tendencias positivas en el caudal del río, pero se producen tendencias negativas en la segunda mitad del año. El río es una fuente de agua para el acuífero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Sobre la base de reducción de escala de los datos de GCM:

Ningún cambio en el invierno
Pequeño descenso en la primavera (95% de la actual)
Pequeño aumento en el verano (4%)
Sin cambios en el otoño

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Basados en el único pozo de observación de largo plazo (OW217), los niveles de agua observados en el pozo reflejan el estado del río. Altos niveles de agua en el pasado han resultado en inundaciones de sótanos en áreas bajas. El acuífero, al menos en la mitad occidental, es bastante grueso y en él no han sido reportados problemas durante los períodos de sequía.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje están conformadas por tierras naturales, tierras productivas, urbanas y paisajes acuáticos (ríos).

La cobertura natural original estaba compuesta de pastizales en el valle, y con árboles en las tierras altas montañosas que rodean el valle.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Gran desarrollo para tierra agrícola, lo que ha provocado un fuerte cambio en la cobertura. La urbanización en cambio ha sido moderada (comunidad rural).

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

No hay áreas protegidas.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Los arroyos, en general, proveen recarga al acuífero. No existen zonas de descarga.

El Río Kettle (por donde sale del valle), es la corriente que recibe la descarga del acuífero. Por su parte, los pantanos y lagunas locales son hábitats de humedales y son expresiones de la napa freática local.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Hay planes de desarrollo con el Ayuntamiento pero no se conocen todavía públicamente. La ciudad de Grand Forks y áreas electorales tienen planes oficiales de la comunidad para el desarrollo del uso de la tierra. No es seguro si todos los componentes del plan tendrán un impacto sobre la recarga.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Hace algunos años, la Sociedad de Conservación del Acuífero Grand Forks comenzó a implementar un plan de protección de la fuente de agua (perímetro de protección de pozos). Este proceso se estancó de forma temporal. Este plan se aplicaría a toda el área del acuífero. No se conoce la existencia de un plan para la cantidad de agua, aunque la ciudad de Grand Forks estaba buscando perforar un nuevo pozo de producción hace un año o dos. Probablemente ningún plan consideraría medidas para asegurar la no afectación de la infiltración.

Algunos de los distritos de riego (Sion, por ejemplo) son muy conscientes de las cuestiones de desarrollo en relación con sus campos de pozos. Por lo tanto, hay consideraciones localizadas de aguas subterráneas en las iniciativas de planificación, aunque probablemente este no sea un proceso formal.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 3N/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	Principalmente en los sectores agrícola y turismo. No se tiene una estimación de valor en dólares al año. También fuente de DW para la comunidad de Grand Forks.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	Alta dependencia.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	No existe “nivel de pobreza”.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	Agricultura, agroindustria, pesca, turismo.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

Interacciones entre los países

El acuífero se encuentra sobre todo en el lado canadiense. El trabajo ha sido llevado a cabo principalmente por las universidades de Canadá y el gobierno provincial de Canadá. Sin embargo, han habido problemas importantes con el Río Kettle (regulación del flujo de EUA) y su impacto potencial sobre las condiciones de las aguas subterráneas en el acuífero.

Todas las acciones están basadas en la colaboración mutua. No ha habido ninguna interacción desde el punto de vista de la "competencia" entre los dos países en este acuífero.

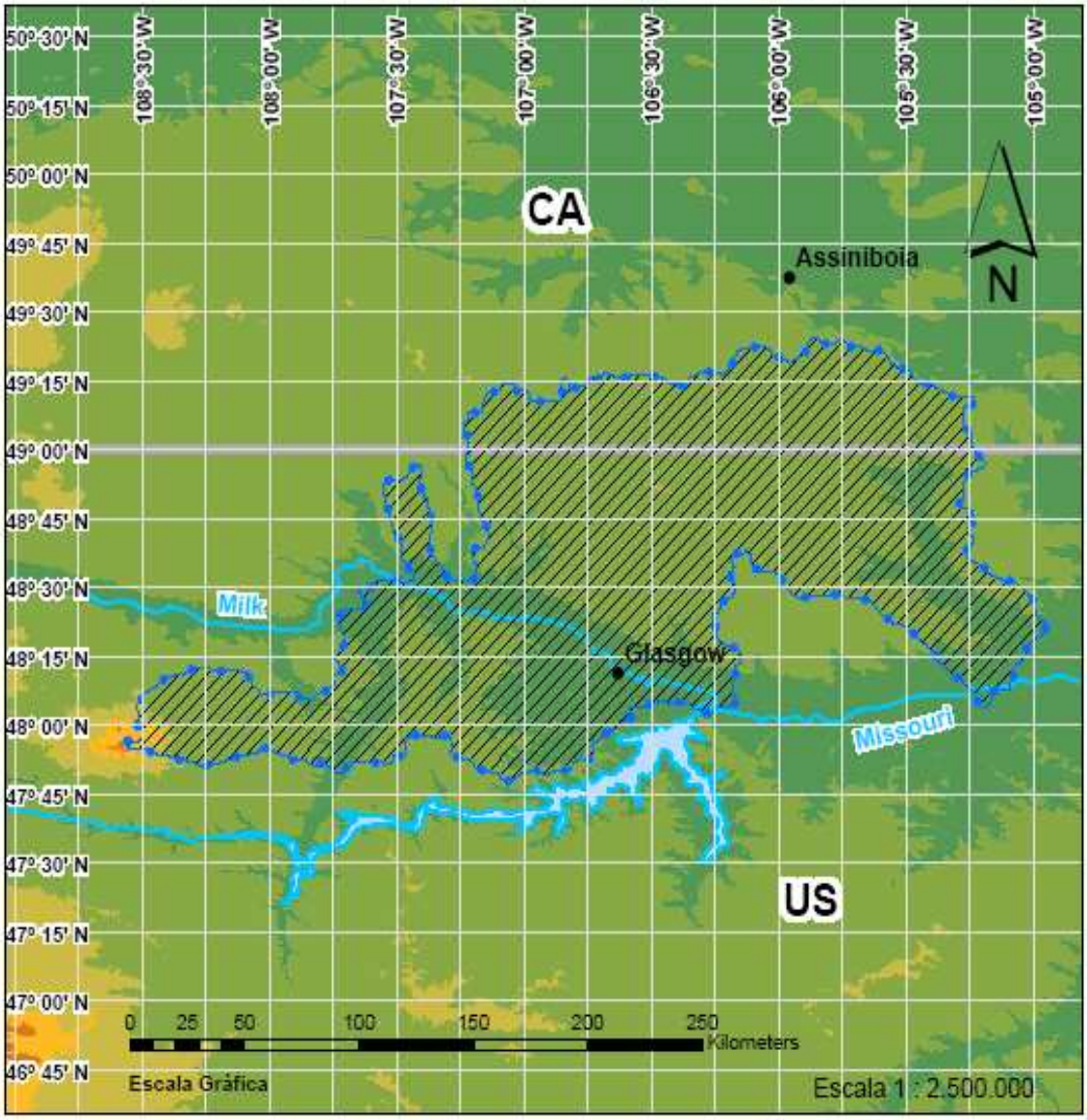
Los países no prevén ningún aumento de la competencia por el uso de este acuífero.

AUTORES Y FUENTES

Canadá: Preparado con la colaboración de Alfonso Rivera y Diana Allen

EUA: Preparado con la colaboración de Ingrid M. Verstraeten

Sistema Acuífero Transfronterizo Poplar
4N CA-US
Mapa 4N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
4N CA-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

4N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO POPLAR CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Poplar (Ravenscrag, hacia el este) ocupa un tercio de la porción superior de la Provincia de Saskatchewan en Canadá y dos tercios se encuentran en el Estado de Montana en los EUA.

1.2 Explotación

El agua subterránea proveniente del Sistema Acuífero Poplar es la principal fuente de agua en Coronach, Saskatchewan y es la única fuente de agua para la población de Scobey, Montana (Plaster y Grove, 2000); por lo tanto los impactos de una mina de carbón propuesta sobre los acuíferos subyacentes podría tener efectos graves en ambos países.

1.3 Información adicional

Todavía hay muy poca información en ambos países sobre este sistema acuífero transfronterizo.

2. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

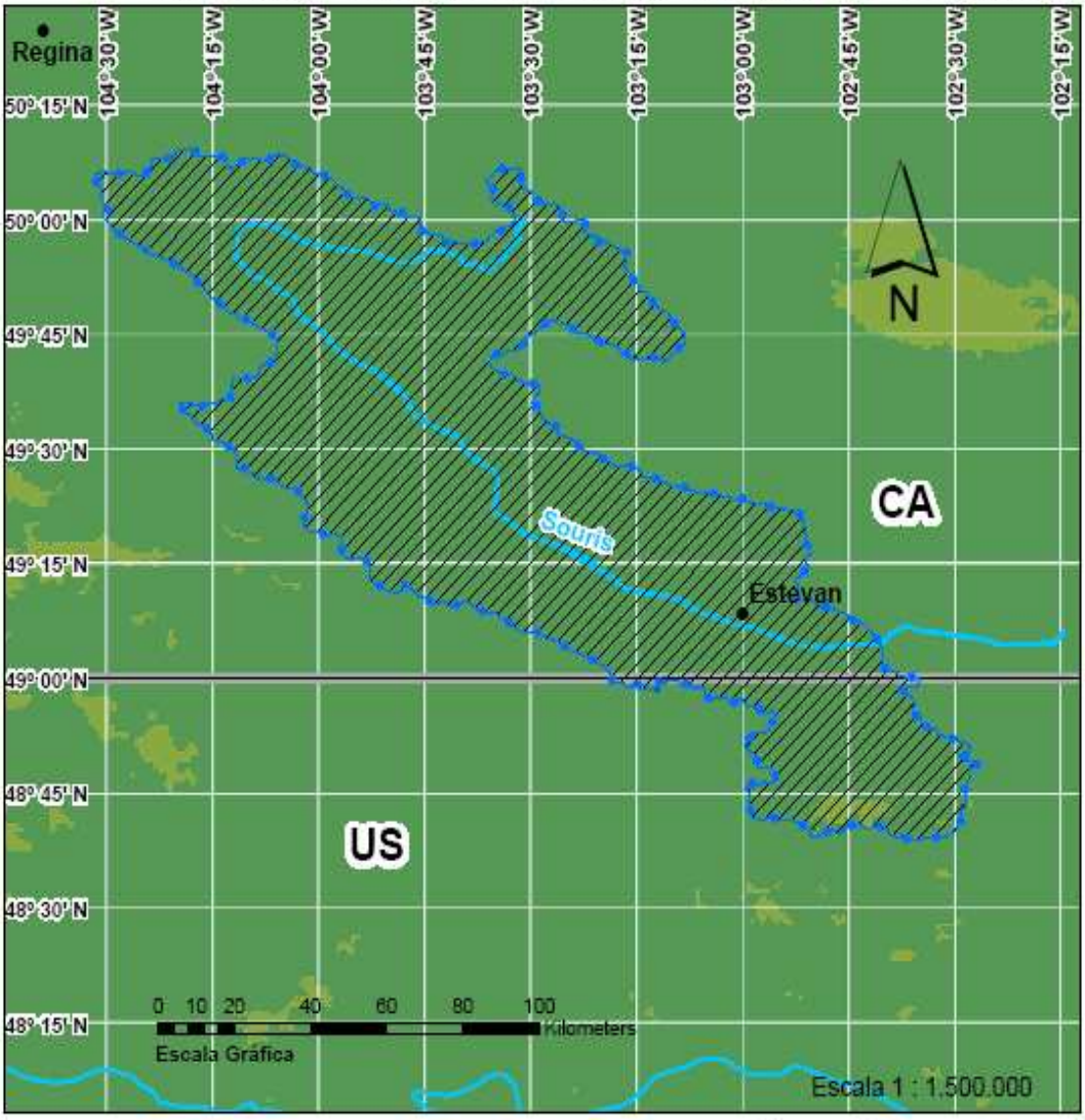
Interacciones entre los países

Las prácticas internacionales en materia de aguas transfronterizas en Canadá son administradas por la U.S.-Canada International Joint Commission (IJC). La IJC sigue el Tratado sobre Aguas Fronterizas de 1909, proporcionando los principios y mecanismos para ayudar a prevenir y resolver los conflictos sobre el agua. Sin embargo, el Tratado de 1909 no mencionó las aguas subterráneas, no fue hasta 1977 que los acuíferos transfronterizos fueron considerados por primera vez por la IJC.

Una comisión bilateral ha estado activa desde 1980, integrada por representantes de los gobiernos de Canadá, los EE.UU., Saskatchewan y Montana. Este comité es responsable de la vigilancia y el intercambio de datos sobre la cantidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

FUENTE: Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas – Evaluación preliminar – PHI IV/Serie ISARM Américas N° 1 – Washington/Montevideo, 2007

Sistema Acuífero Transfronterizo Estevan
5N CA-US
Mapa 5N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 750 - 1000
- 500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
5N CA-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

5N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ESTEVAN CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países

El Sistema Acuífero Transfronterizo Estevan está localizado entre la Provincia de Saskatchewan en Canadá y el Estado de Dakota del Norte, en los EUA.

1.2 Características del acuífero

El Sistema Acuífero de Estevan está formado por valles preglaciares de los ríos Yellowstone, Missouri y el Northwest, en el sureste de la Provincia de Saskatchewan. Este es un acuífero mayor que cae dentro de la categoría del tipo formado por canales de valles enterrados. Está dentro de un lecho de rocas muy poco permeables y está cubierto por un acuitardo de cerca de 80 m de espesor compuesto principalmente de morrenas.

Abarca cerca de 70 km de largo y más de 4 km de ancho, con un grosor de 80 m. Dadas sus características de acuífero en canales con valles enterrados, su área total es desconocida.

El Sistema Acuífero Estevan consiste en el Acuífero del Valle de Estevan, el Acuífero del Valle de Weyburn y el Acuífero Ravenscrag, todos funcionando como un sistema único de gran tamaño. El Acuífero del Valle de Estevan consta de cuatro canales fluviales interconectados, tallados en la roca de la Formación Ravenscrag. Un acuífero complejo, el Acuífero del Valle de Estevan, puede tener hasta 80 m de espesor y puede dividirse en una parte superior y una unidad inferior.

Los grandes acuíferos de valle, como el Valle de Estevan, se caracterizan por una gran extensión longitudinal y escasa anchura. Son recargados por el flujo vertical descendente y por el flujo lateral de la roca adyacente o acuíferos cuaternarios.

1.3 Explotación y caudales

La explotación de este acuífero en el lado canadiense es de 37,5 Mm^3/año. Se desconoce su explotación del lado americano.

Mucha de la información del suministro de agua subterránea que está disponible, se deriva de las pruebas de bombeo realizadas durante el desarrollo específico del pozo. Estos pozos proporcionan típicamente los suministros de agua municipales o domésticos para las comunidades o áreas individuales. Los datos obtenidos de las pruebas hechas para estos pozos son válidos para el sitio y propósito específico, y no pueden ser utilizados para proporcionar una medida de los rendimientos sostenibles de la totalidad del acuífero. La cuantificación de la oferta de agua subterránea es practicamente imposible. El desarrollo de los acuíferos conocidos es limitado y por lo tanto, la información exacta sobre las tasas de recarga, el rendimiento sostenible y la extensión del área es a menudo inexistente.

1.4 Calidad de Agua

Los datos de calidad del agua indican que el agua del Sistema Acuífero del Valle de Estevan suele ser de tipo bicarbonatada sódica, con concentraciones de SDT que van de 1.500 a 3.000 mg/l. Más concretamente, el agua del Acuífero Ravenscrag es alta en bicarbonato, cloruro, sodio, hierro y alcalinidad. Su dureza relativamente baja es una característica distintiva. El agua del Acuífero del Valle de Estevan es mineralizada con todos los componentes comunes presentes en niveles moderadamente altos, especialmente el bicarbonato de sodio y el hierro. Es dura y moderadamente alcalina. El agua del Acuífero del Valle de Weyburn es dura, alta en alcalinidad, sulfato, cloruro, sodio y hierro.

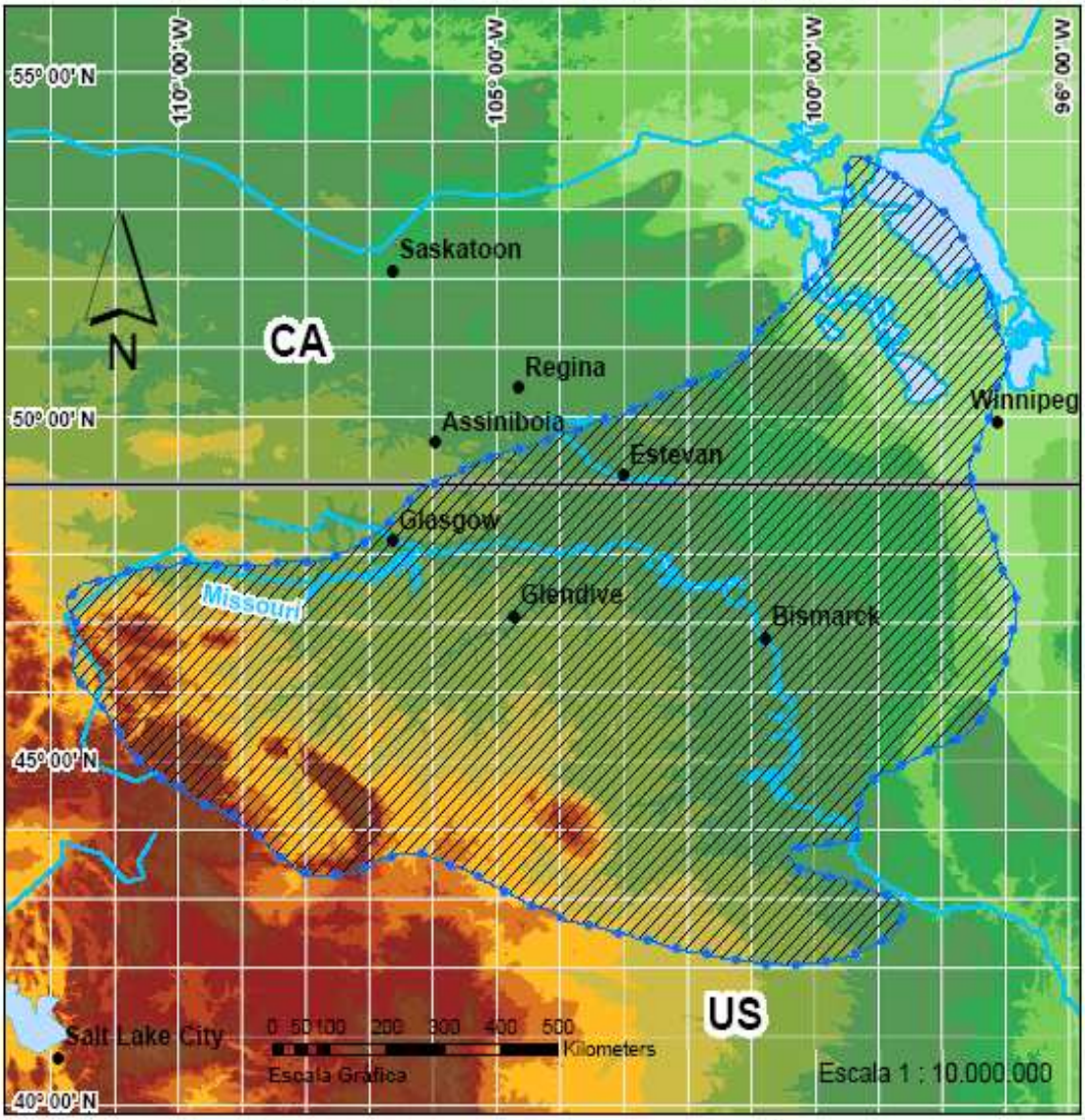
1.5 Información adicional

Todavía hay muy poca información en ambos países sobre este sistema acuífero transfronterizo.

FUENTE: Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas – Evaluación preliminar – PHI IV/Serie ISARM Américas N° 1 – Washington/Montevideo, 2007

Sistema Acuífero Transfronterizo Northern Great Plains 6N CA-US

Mapa 6N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 2500 - 3000
- 2250 - 2500
- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500

UBICACIÓN GENERAL 5N CA-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

6N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO NORTHERN GREAT PLAINS
CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países y área

El Sistema Acuífero Transfronterizo Northern Great Plains es un gran sistema acuífero localizado entre las provincias de Saskatchewan y Manitoba en Canadá y los estados de Montana, Wyoming, Dakota del Norte y Dakota del Sur en los EUA.

La designación y nombres dados a este sistema acuífero son diferentes en cada lado de la frontera. El nombre "Cambriano" es dado en el lado americano al acuífero que en el lado canadiense se llama "Winnipeg" (tomando el nombre de la ciudad), el cual está esencialmente compuesto de las mismas areniscas en ambos lados de la frontera.

La otra denominación dada en los EUA es "Ordoviciano" y en Canadá es conocido como el Acuífero "Carbonatado". De hecho, el término "Ordoviciano" hace referencia a la edad geológica, pero esta formación está intercalada entre pizarras o lutitas practicamente impermeables y rocas carbonatadas muy permeables.

Tiene una superficie de aproximadamente 500.000 km^2, de la cual el 75% está en el lado de EUA y el 25% en el lado canadiense.

1.2 Características del acuífero

Este gran sistema acuífero confinado forma un sinclinal con eje suroeste-noreste, con un largo de aproximadamente 1.400 km desde el norte de Wyoming al norte de Manitoba, atravesando cuatro estados y dos provincias. El sistema es generalmente confinado y compuesto de areniscas, pizarras, calizas y dolomitas. El agua del subsuelo fluye a una velocidad estimada de 0,5 m^3/s, través de la frontera generalmente desde los EUA hacia Canadá. La transmisividad del sistema está estimada en 100 m^2/día.

1.3 Zonas de recarga

El sistema tiene una recarga combinada, a escala regional en los EUA y a escala local en Canadá, creando un equilibrio (cantidad y calidad) en las áreas canadienses de descarga.

1.4 Explotación y caudales

La extracción actual en el lado de EUA es desconocida, mientras en el lado de Canadá (Winnipeg) el uso doméstico y de irrigación ha variado en el tiempo entre menos de 4.500 m^3/día y 45.000 m^3/día. Estas cifras se aplican solamente al acuífero conocido como "Ordoviciano" en los EUA y como "Carbonatado" en Canadá.

1.5 Usos

La demanda de agua es baja, pero se observa un aumento en la Provincia de Manitoba en Canadá. Mientras, por lo que se refiere a la calidad de las aguas, hay problemas de

salinidad en la región canadiense. Las aguas del sistema acuífero tienen uso múltiple en toda la región y su vulnerabilidad es considerada alta. El sistema es importante a todos los niveles (local, regional y global).

1.6 Calidad de Agua

Este sistema acuífero tiene aguas de formación compleja con mezclas de agua meteórica, cuencas de salmueras y aguas saladas de origen marino.
Aún cuando en este sistema hay mucha agua salina y salmueras a profundidades mayores a los 600 m para considerarlo como acuífero en el lado americano (arenisca en el paleozoico), en realidad si existe un flujo transfronterizo (agua dulce) de los EUA hacia Canadá a lo largo de algunas capas acuíferas, (bajo paleozoico en rocas carbonatadas) el cual es utilizado como agua para abastecimiento doméstico en el lado canadiense.

1.7 Información adicional

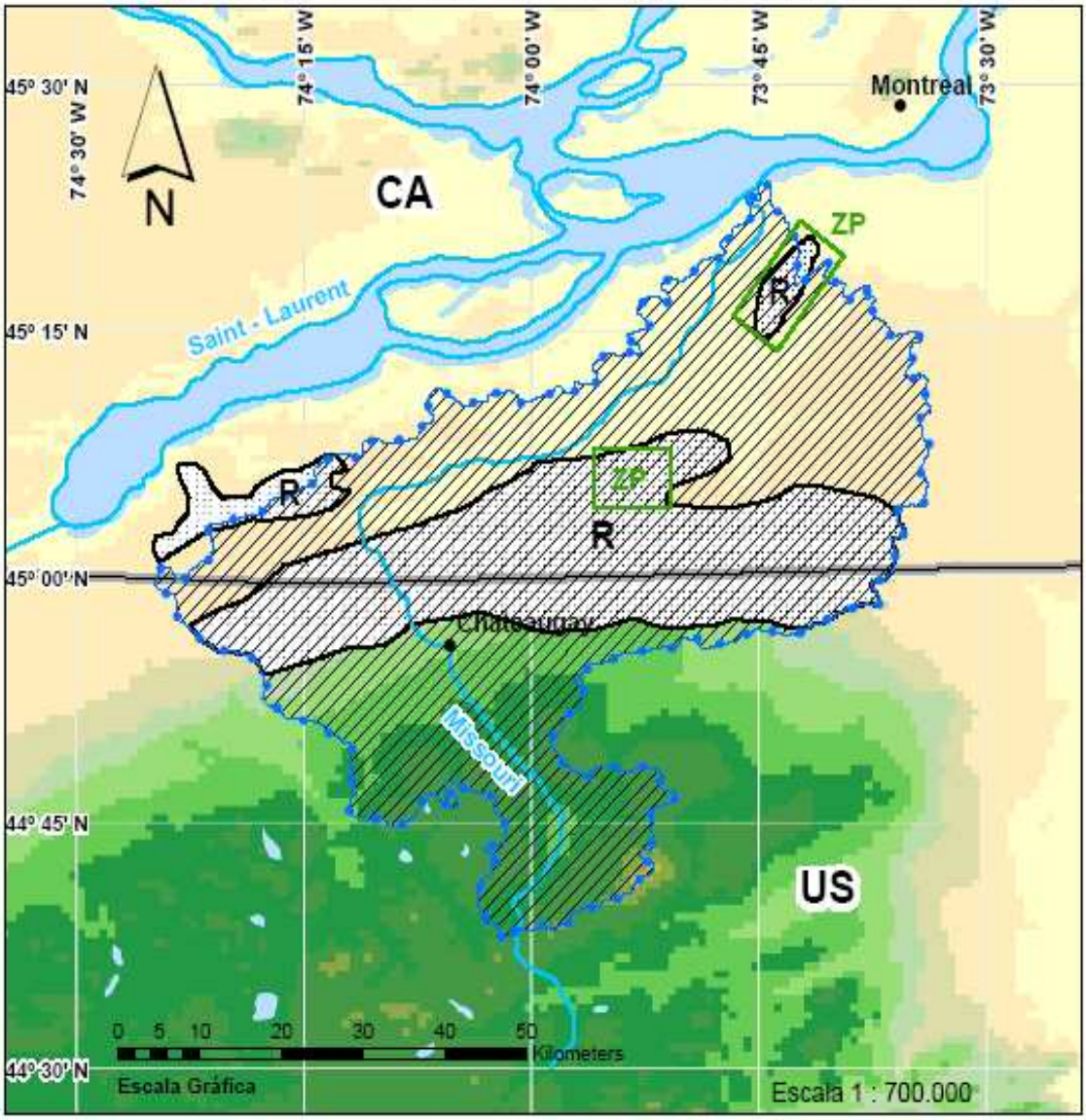
Los informes que se mencionan a continuación presentan información adicional sobre la hidrogeología y la hidrogeoquímica del Sistema Acuífero Northern Great Plains.

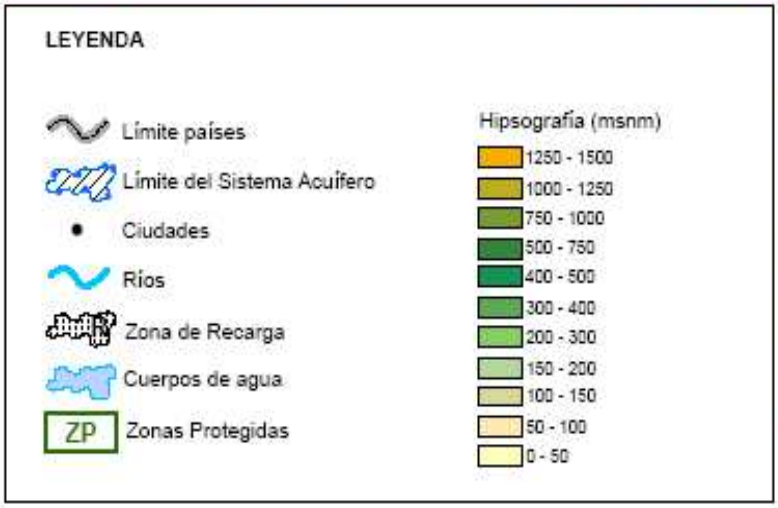
Geohydrology of Bedrock Aquifers in the Northern Great Plains in Parts of Montana, North Dakota, South Dakota, and Wyoming By Joe S. Downey
Regional Aquifer-System Analysis. U.S. Geological Survey Professional Paper 1402-E (1986)
Geochemistry Of Water In Aquifers And Confining Units Of The Northern Great Plains In Parts Of Montana, North Dakota, South Dakota, And Wyoming By John F. Busby, Briant A. Kimball, Joe S. Downey, And Kathy D. Peter
Regional Aquifer-System Analysis-Northern Great Plains. U.S. Geological Survey Professional Paper 1402-F (1995)

FUENTE: Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas – Evaluación preliminar – PHI IV/Serie ISARM Américas N° 1 – Washington/Montevideo, 2007

Sistema Acuífero Transfronterizo Châteauguay
7N CA-US

Mapa 7N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





7N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CHÂTEAUGUAY CANADÁ-EUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Châteauguay está localizado al suroeste de Montreal en Canadá y se extiende hacia la frontera de los EUA en el Estado de Nueva York. La región tiene una población relativamente densa con aproximadamente 100.000 habitantes en el lado canadiense y unos 25.000 habitantes del lado de EUA.

El área total del sistema acuífero es de unos 2.481 km^2, siendo que 1.425 km^2 corresponden al sector canadiense y 1.056 km^2 al sector de EUA.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero se compone de rocas sedimentarias fracturadas (areniscas, dolomitas y calizas), subyacentes a sedimentos glaciares (arcilla, arenas, gravas). Las profundidades promedio varían entre 0 a 500 metros en Canadá y entre 0 a 100 metros en EUA. Las zonas de recarga están representadas por altos topográficos a ambos lados de la frontera.

1.3 Explotación

La explotación es mediana en Canadá y baja en EUA.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 7N/1: Datos de población

	Canadá	EUA
• **Total:**	100.000 habitantes	25.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	30.000 hab. (30%)	18.750 hab. (75%)
• **Proyección (U) al 2030:**	Ligero aumento	Ligero aumento
• **Rural:**	70.000 hab. (70 %)	6.250 hab. (25%)
• **Proyección (R) al 2030:**	Ligero aumento	Estática
• **Población indígena estimada:**	0,5%	Menos del 0,5%
• **Población en zonas de recarga:**	Baja	
• **Población en zonas de descarga:**	Alta	

2.2 Usos

En Canadá, los usos son para pequeñas empresas de envasado de agua, reducido uso doméstico (población rural) en áreas de recarga, uso doméstico muy grande, agroindustrias e irrigación en áreas de descarga (cerca de la ciudad de Montreal). La distribución aproximada en porcentaje es la siguiente:

- Agroindustrias 30%
- Riego 20%
- Doméstico 40%
- Industria 10%

Mientras tanto, en EUA los usos predominantes son el doméstico y el uso de agua de los manantiales para criaderos de peces, tanto públicos como privados. La extracción anual estimada es de 31 Mm^3 en Canadá y desconocida en EUA.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad natural del agua es considerada buena por ambos países.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Con respecto a los cambios en la disponibilidad de agua, solo se conocen descensos en la napa de forma localizada, mientras que con respecto a la calidad se menciona la presencia de nutrientes (fertilizantes) y compuestos químicos orgánicos (DNAPLs).

3.3 Otras fuentes de agua

Las fuentes alternativas de agua corresponden a la proveniente de agua superficial de ríos y arroyos.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

No hay cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga. Tampoco existe previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro.

Con respecto a posibles impactos en el acuífero de fenómenos extremos, no se observan cambios en el acuífero, ni planes para un desarrollo particular durante períodos de sequía.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje son las tierras naturales y las tierras productivas, mientras que la cobertura natural original está compuesta por bosques al sur (recarga) y praderas al norte (descarga).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Todavía existen en gran parte bosques al sur, pero la tierra ha cambiado fuertemente hacia el norte debido a la agricultura y la urbanización.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

No existen áreas protegidas que no sean las Lagunas de Mercier, en las que debido a un actual litigio cualquier extracción de agua subterránea en el entorno de la zona está prohibida hasta que el conflicto haya terminado.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Los planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero están en "standby" debido a litigios y cuestiones de legislación del lado canadiense, mientras que no hay planes de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 7N/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	No se tiene esa información pero se sabe que los beneficios económicos son importantes.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	Alta dependencia.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	No hay "nivel de pobreza".
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	Agricultura, agroindustrias y canteras.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Ha habido hasta la fecha alrededor de 5 encuentros, todos sobre la base de la colaboración mutua.

Las reuniones empezaron a tener lugar en 2003, cuando el gobierno de Canadá inició la evaluación del sistema acuífero.

No ha habido ninguna interacción en la "competencia" entre los dos países en este acuífero.

En cuanto a las acciones para mejorar la actual colaboración se indica que ambos países reconocen que el conocimiento científico es esencial para evitar el mal uso del acuífero, así como el reconocimiento de uno hacia otro al derecho de utilización equitativa y razonable. Otra acción que mejoraría la colaboración es la realización de estudios científicos en conjunto.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Todas las actividades de cooperación han sido realizadas con el propósito común de cartografiar y evaluar cuantitativamente el sistema acuífero de modo normalizado. Los científicos y los fondos fueron comúnmente compartidos.

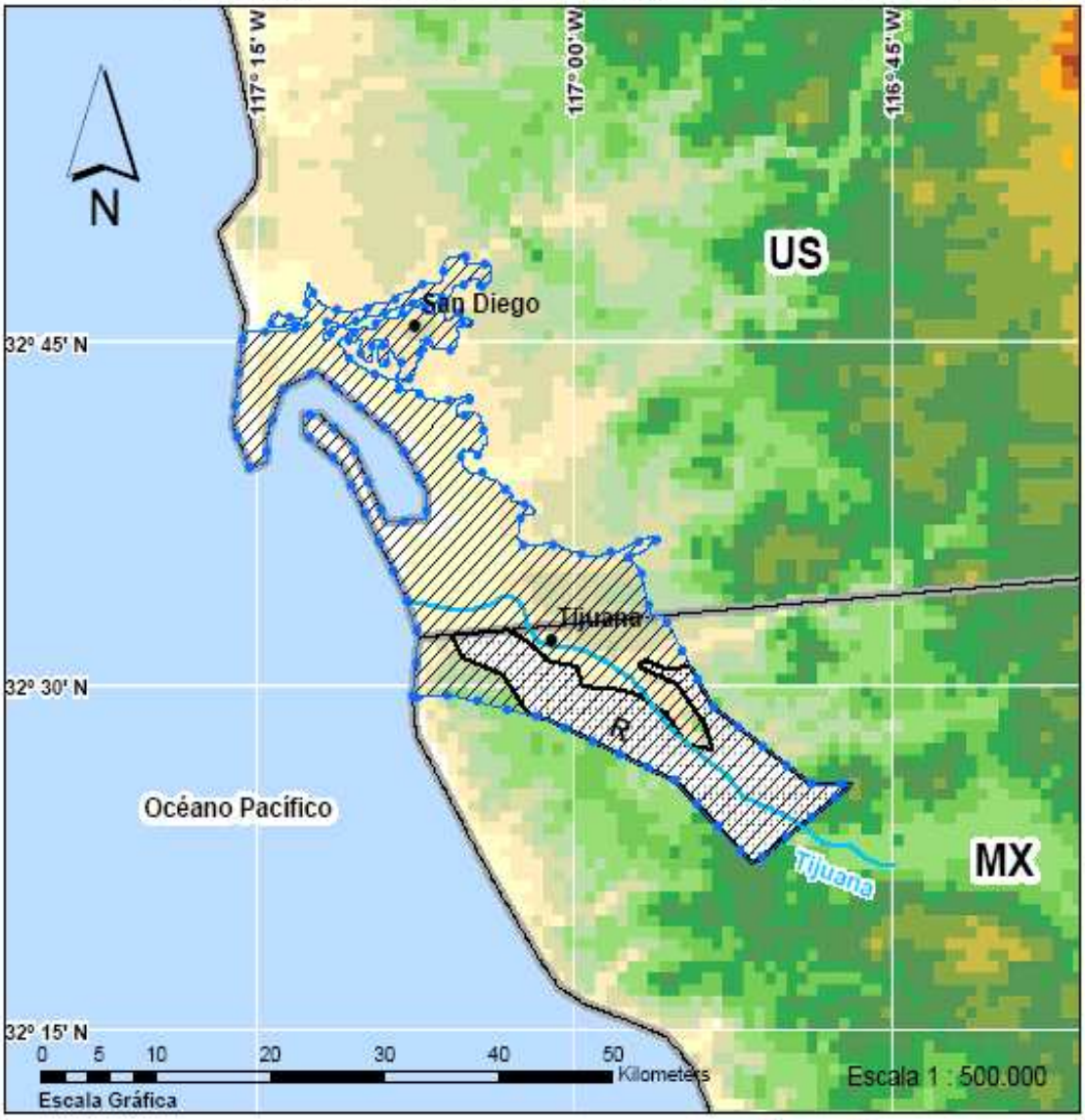
AUTORES Y FUENTES

Canadá: Preparado con la colaboración de Alfonso Rivera

EUA: Preparado con la colaboración de Ingrid Verstraeten y John Williams

Sistema Acuífero Transfronterizo San Diego-Tijuana
8N MX-US

Mapa 8N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	1750 - 2000
300 - 400	1500 - 1750
200 - 300	1250 - 1500
150 - 200	1000 - 1250
100 - 150	750 - 1000
50 - 100	500 - 750
0 - 50	

UBICACIÓN GENERAL
8N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

8N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SAN DIEGO-TIJUANA MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero San Diego-Tijuana se localiza en la porción sur del Estado de California en los EUA y en la porción norte del Estado de Baja California en México.

En el lado mexicano, la población aproximada es de 2.800.000 habitantes, según datos del año 2005, con un área estimada en 300 km^2, mientras que en EUA la población es de aproximadamente 400.000 habitantes sobre un área de 250 km^2.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero está conformado por materiales aluviales en los valles y por conglomerados en las terrazas y lomeríos adyacentes. Su extensión superficial es reducida y su espesor en territorio mexicano es de 300 m; siendo similar en EUA. En la planicie de San Diego su espesor es menor.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Para el sistema acuífero, la profundidad al nivel estático varía entre 5 y 20 m. Se está registrando un ascenso gradual de los niveles freáticos cerca de la frontera, debido a la infiltración de aguas residuales de la ciudad de Tijuana. Se aproxima al nivel del mar en EUA. En general, la profundidad al agua aumenta con la distancia desde el océano.

1.4 Zonas de recarga

La recarga total que recibe el acuífero asciende a 16 hm^3 anuales, en su mayor parte procedentes de la recarga inducida de las redes de abastecimiento y alcantarillado de la ciudad de Tijuana. Históricamente, la recarga se produjo en las áreas rocosas orientales. Recientemente, la mayor recarga se produce cerca de los canales de flujo y en menor proporción por precipitación directa. Excepto cerca de arroyos, el agua tiene más de 2000 años de antigüedad.

1.5 Explotación y caudales

La extracción de agua subterránea es mayor en territorio mexicano del cual se extraen 17 hm^3/año. Actualmente, este volumen tiende a disminuir debido a la importación de agua desde la Cuenca del Río Colorado para el abastecimiento de Tijuana. Menos de 6 hm^3/año son extraídos en EUA.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 8N/1: Datos de población

	México	*Estados Unidos*
• **Total:**	2.800.000 habitantes	400.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	2.797.799 hab. (99,9 %) Tijuana	300.000 hab. (75%) San Diego
• **Proyección (U) al 2030:**	3.300.000 hab.	Crecimiento cercano a cero
• **Rural:**	2.200 hab. (0,1%)	100.000 hab. (25%)
• **Población indígena estimada:**	13.902 hab. (1,2 %)	Cerca de 0%
• **Población en zonas de recarga:**	2.797.200 hab. (99,9%)	360.000 hab (90%)
• **Población en zonas de descarga:**	2.800 hab. (0,1%)	40.000 hab. (10%)

2.2 Usos

Sobre un total de 17 hm^3 extraídos anualmente, los usos se distribuyen de la siguiente manera:

- Riego = 8 hm^3 (47,1 %)
- Doméstico = 0 hm^3 (0 %)
- Industrial = 4 hm^3 (23,5 %)
- Público-urbano = 5 hm^3 (29,4 %)

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En México, la calidad natural del agua subterránea es apta para todos los usos en la porción superior del acuífero; pero su salinidad total aumenta con la profundidad. En EUA, la mayor parte del agua es salina con TDS superior a 5.000 ppm.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

El crecimiento urbano de Tijuana ha originado una contaminación creciente del acuífero y el ascenso de los niveles freáticos provocado por la recarga desde las fugas de las redes hidráulicas.

Se han identificado problemas de salinidad del agua subterránea a mayor profundidad en territorio mexicano. El impacto transfronterizo actual o potencial está relacionado con la calidad del agua que cruza la frontera internacional entre ambos países, debido a la contaminación asociada con la infiltración de las aguas residuales de la ciudad de

Tijuana. En EUA el potencial de contaminación del agua dulce está limitado a áreas con alta recarga, y a su vez limitado a los 25 m superiores del acuífero.

3.3 Otras fuentes de agua

Según México, no hay otras fuentes de agua dulce. Sin embargo, se tiene en proceso un proyecto para incrementar la importación de agua desde la Cuenca del Río Colorado y un proyecto de desalación de agua marina para complementar el abasto de la ciudad de Tijuana. En EUA, existe una planta activa desalinizadora de agua que proporciona agua potable para uso urbano, cerca del Río Sweetwater.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

Tanto en territorio mexicano, como de EUA, la precipitación media anual es de 250 mm, con notables fluctuaciones de un año a otro. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración, por lo que generan escurrimientos extraordinarios, pero escasa recarga.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En la zona de México, a largo plazo se prevén incrementos de temperatura y decrecimiento de la lluvia derivado del cambio climático, mientras en EUA se indica que los efectos del cambio climático son desconocidos.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías tienen un impacto directo en las regiones áridas de México, ya que en ellas la fuente principal de abastecimiento es el agua subterránea. En la zona de este acuífero se utiliza también agua superficial derivada del Río Colorado, lo cual atenúa el impacto de las sequías. En EUA, se puede esperar un moderado impacto, salvo en el valle del Río Tijuana.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

La regularidad de la importación de agua del Río Colorado protege del impacto de las sequías. En su caso, se utiliza el acuífero como una fuente complementaria. En EUA, los eventos extremos no alteran significativamente el uso del acuífero.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje son el área urbana, áreas agrícolas y suelos desnudos. La cobertura original es de suelos desnudos en condiciones de aridez. En EUA originalmente había salvia costera y estuarios.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los principales usos del suelo son el área urbana, las zonas agrícolas y suelos desnudos, para la porción mexicana. En EUA el uso de la tierra generalmente es urbano, para la agricultura, y en los estuarios protegidos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Según México, la actividad agrícola es escasa. En EUA, la agricultura existe principalmente en pequeñas parcelas, sobre todo verduras.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

No existen áreas protegidas en territorio mexicano. Sin embargo, en EUA los estuarios costeros están protegidos, el mayor de los cuales es el estuario del Río Tijuana.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

No existen ecosistemas importantes dependientes de aguas subterráneas en territorio mexicano y tampoco existen cuerpos de agua superficial que reciban aporte de aguas subterráneas. Los arroyos tienen régimen torrencial e intermitente.

En EUA, los ecosistemas de mayor preocupación son las marismas de agua salada ya que son en parte alimentadas por las aguas subterráneas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En México, existe el Plan Estatal de Desarrollo que incluye algunos aspectos relacionados con la disponibilidad de agua.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Actualmente en México no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos, pero el organismo operador de agua potable de la ciudad de Tijuana pretende realizar un plan de manejo integrado de las aguas subterráneas y superficiales. De llevarse a cabo, el plan de manejo integrado incluiría acciones como: manejo de la demanda en todos los sectores, reuso, potabilización de agua superficial para consumo humano, intercambio de agua utilizada en la agricultura por agua residual tratada, conversión de cultivos, importación de agua y desalación, entre otras, proyectos que serán concertados con los

usuarios del agua y con los demás actores involucrados en su manejo. En EUA., no hay planes de gestión de las aguas subterráneas. El uso de las aguas subterráneas en general, sigue sin estar regulado.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 8N/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el cobro del agua potable que se utiliza para la dotación de la ciudad de Tijuana y de la escasa producción agrícola. **EUA:** El agua es utilizada para los sectores urbano y agrícola, contribuyendo así a la economía.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea. **EUA:** Las aguas subterráneas son un componente menor del suministro de agua en general. El suministro de agua subterránea local es inferior al 5% del uso total de agua y por consiguiente es solo moderadamente importante para la economía.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** No existen ecosistemas importantes que dependen del agua subterránea. **EUA:** La economía se vuelve más dependiente del agua importada. Su disponibilidad es más segura ahora que antes.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Hasta ahora no se ha tenido interacción binacional consistente y especifica; solo se han tratado aspectos aislados relacionados con la contaminación de las aguas residuales de Tijuana. Es necesario evaluar el aporte del acuífero a territorio de EUA, en cantidad y calidad.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

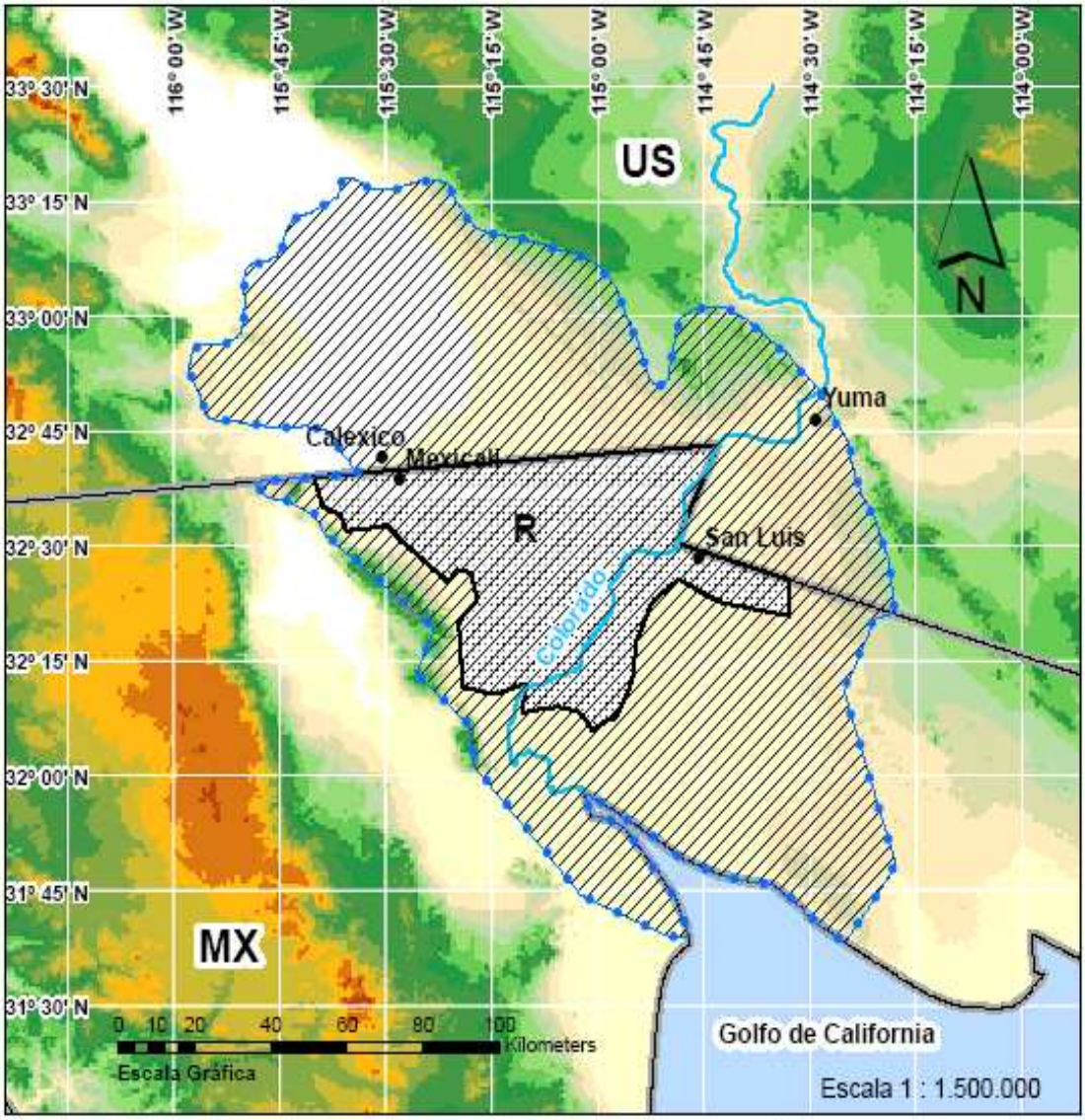
Hasta el momento no hay competencia por el uso del agua subterránea. La extracción de agua subterránea es mayor en territorio mexicano, aunque esta disminuye al incrementarse la exportación desde la Cuenca del Río Colorado para el abastecimiento de la ciudad de Tijuana. La incertidumbre del suministro de agua importada puede alentar a los organismos locales de agua para desarrollar más los recursos hídricos en el futuro, incluida la desalinización de agua salobre.

AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Maria Verstraeten and Wesley R. Danskin

Sistema Acuífero Transfronterizo Cuenca Baja del Río Colorado
9N MX-US
Mapa 9N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	1750 - 2000
300 - 400	1500 - 1750
200 - 300	1250 - 1500
150 - 200	1000 - 1250
100 - 150	750 - 1000
50 - 100	500 - 750
0 - 50	

UBICACIÓN GENERAL
9N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

9N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CUENCA BAJA DEL RÍO COLORADO
MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Cuenca Baja del Río Colorado se localiza en la porción sur de los estados de California y Arizona en los EUA y en la porción norte de los estados de Baja California y Sonora en México.

En el lado mexicano, la población aproximada es de 895.106 habitantes, según datos del año 2005 y se encuentra sobre un área de 9.300 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero está constituido por clásticos no consolidados depositados en el delta del Río Colorado y en la fosa del Mar del Saltón; en la porción mexicana tiene gran extensión y espesor de varios cientos de metros. La salinidad del agua subterránea se ha incrementado por el lavado de suelos agrícolas y la infiltración de aguas del drenaje agrícola (1.000-2.400 ppm) y se ha identificado contaminación difusa originada por las prácticas agrícolas.

La profundidad al nivel del agua subterránea varía desde algunos metros, en la zona aledaña al cauce del Río Colorado y el canal "Todo Americano", hasta los 50 m en la batería de pozos localizada en San Luis Río Colorado.

Aunque la recarga natural es muy escasa, debido a la pobre precipitación pluvial y gran evaporación potencial, se ha generado una cuantiosa recarga inducida por el riego con agua superficial del Río Colorado (filtración en canales y retorno de excedentes de riego en terrenos de gran capacidad de infiltración). El valor total de esta recarga se ha estimado en 620 hm^3/año.

La extracción de agua subterránea es mayor en territorio mexicano, del orden de los 826 hm^3/año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción mexicana está estimada en 895.106 hab., de los cuales el 79,3% (710.120 hab.) integran la fracción urbana. La población rural corresponde al 20,7% restante (184.986 hab.) y la población indígena estimada es el 0,71% (6.398 hab.). De acuerdo a las características del acuífero el 100% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y/o descarga.

2.2 Usos

La extracción total de agua del acuífero de 826 hm^3/año, se distribuye por usos como sigue:

- Riego = 727 hm^3 (88,0 %)
- Doméstico = 4 hm^3 (0,5 %)
- Industrial = 0 hm^3 (0 %)
- Público-urbano = 95 hm^3 (11,5 %)

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La salinidad del agua era muy variada en condiciones naturales: por la aridez extrema de la región había agua salobre o salada, excepto en las proximidades del Río Colorado.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aunque la renovación natural del acuífero es muy lenta y poco cuantiosa, la recarga inducida por el riego incrementa la recarga total. A pesar de ello, esta fue rebasada en magnitud por la extracción de agua por bombeo de pozos. Desde hace varias décadas se está minando el almacenamiento subterráneo. Actualmente, EUA tiene en proceso el revestimiento del Canal Todo Americano, cuyas filtraciones alimentan a la porción mexicana del acuífero. Al completarse esta obra se espera que la alimentación subterránea se reduzca en 90 hm^3 anuales, por lo cual se están contemplando diversas medidas de mitigación de este impacto.

En la porción mexicana del acuífero, se ha incrementado notablemente la salinidad del agua subterránea por el lavado de suelos agrícolas y la presencia de rocas evaporíticas en gran parte del valle. En la actualidad, la salinidad total varía entre 1.000 y 2.400 ppm con tendencia creciente.

3.3 Otras fuentes de agua

No hay otras fuentes de agua dulce, aunque a largo plazo se contemplan proyectos de desalación de agua marina.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

El valor de la precipitación media anual es menor a 200 mm con fluctuaciones anuales de reducida magnitud.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

A largo plazo, se espera en la región un incremento de la temperatura y una reducción de la precipitación pluvial a causa del cambio climático.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías son un fenómeno que afecta la disponibilidad de agua en toda la cuenca, con impacto mucho mayor en el agua superficial. En esos casos, hay una reducción de la dotación correspondiente a ambos países conforme al tratado internacional. El impacto sobre el acuífero es poco significativo. También se registran períodos de lluvias extraordinarias en la cuenca alta del río, que se traducen en volúmenes excedentes que son descargados al Golfo de California sin aprovechamiento alguno, por lo que se contemplan proyectos para propiciar su recarga artificial.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Extracción adicional a la autorizada para atender la situación de emergencia, sin que hasta el momento haya sido necesario perforar nuevos pozos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje son las zonas agrícolas, matorrales, suelos desnudos y urbanos. La cobertura natural original corresponde a zonas desérticas.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los principales usos del suelo son las zonas agrícolas, suelos desnudos, matorrales y zonas urbanas.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los principales cultivos del distrito de riego son cártamo, cebada, trigo, algodón, sorgo, maíz y ajonjolí, en sistema de cultivo de surcos y melgas. Los cultivos perennes son alfalfa, espárrago, vid.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En México, las principales zonas naturales protegidas son: Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En la porción mexicana los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas son los humedales de la Mesa de Andrade y el ecosistema del Delta del Río Colorado, el cual recibe la principal descarga natural del acuífero y escurrimientos excedentes del Colorado.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Existen planes de ordenamiento territorial como parte del Plan Estatal de Desarrollo de Baja California; pero solo contempla en forma parcial el recurso hídrico.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Existe un plan de manejo de las aguas superficiales que escurren a través del Canal Todo Americano. El proyecto contempla el revestimiento del canal.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 9N/1: Aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola del distrito de riego 014 "Río Colorado". Para un año agrícola completo el valor de la producción es de aproximadamente US$ 250.000.000.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial, la economía local basada en la agricultura depende en gran medida de la explotación del agua subterránea.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** Se desconoce, no se tiene una estimación.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** El ecosistema que se afectaría al revestir el Canal Todo Americano son los humedales originados por las infiltraciones que se producen a lo largo del dren La Mesa.

9 TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El tema del revestimiento del canal es tema de negociación desde hace más de 20 años en el seno de la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los EUA.

No existe colaboración para el uso del acuífero, pero el proyecto de revestimiento del canal puede convertirse en un asunto de litigio internacional.

Aparte de las medidas para mitigar los efectos negativos que ocasionaría en territorio mexicano el revestimiento del Canal Todo Americano, se contemplan medidas para preservar el ecosistema del Delta del Río Colorado.

9.2 Interés de los países por el uso del sistema acuífero

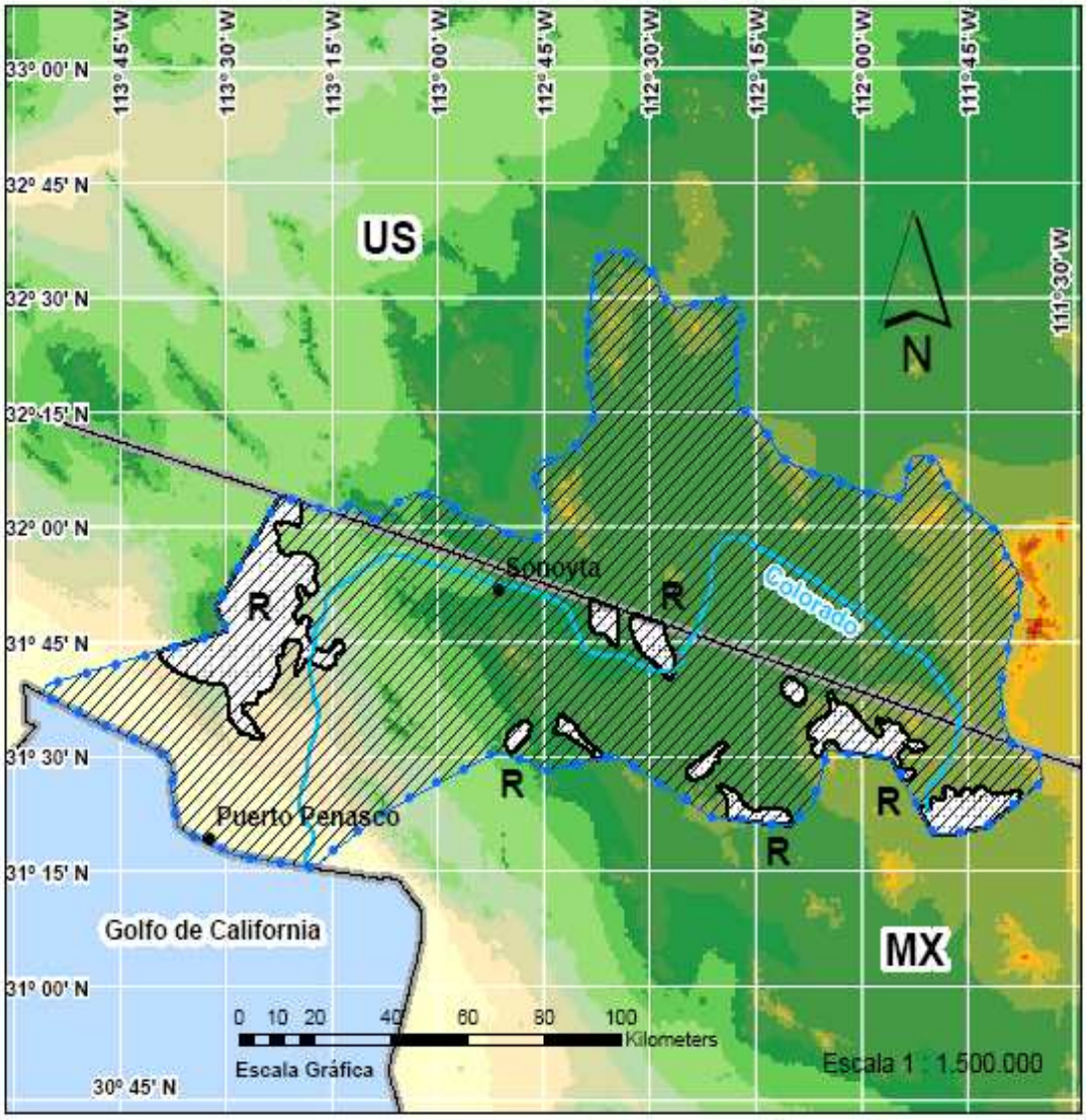
Por el uso del acuífero existe competencia creciente conforme aumenta la demanda de agua en ambos países.

AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

Sistema Acuífero Transfronterizo Sonoyta - Pápagos 10N MX-US

Mapa 10N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
10N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

10N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SONOYTA-PÁPAGOS MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Sonoyta-Pápagos está ubicado en la porción norte del Estado de Sonora en México y en la porción sur del Estado de Arizona en los EUA. La población aproximada del sector mexicano es de 42.597 habitantes, sobre un área de 8.900 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero está formado por materiales aluviales, cuyo espesor es de varias decenas a más de 200 m. Su extensión superficial es reducida, siendo que la porción "aguas arriba" corresponde a EUA.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En México, la profundidad al nivel estático varía entre 10 y 120 metros, con tendencia creciente de la costa hacia la porción fronteriza del acuífero.

1.4 Zonas de recarga

La recarga total media anual que recibe el acuífero asciende a unos 41 hm^3/año y es originada en su mayor parte por la infiltración de los escurrimientos a lo largo del cauce del Río Sonoyta, durante los escasos períodos de lluvias torrenciales.

Este acuífero tiene las siguientes características (hm^3/año):

- Recarga media anual 41,4
- descarga natural comprometida 15,9
- volumen concesionado de agua subterránea 94,16
- volumen de extracción consignado en estudios técnicos 46,3
- disponibilidad media anual de agua subterránea 0,0
- Resultando en un déficit de -68,66 millones de metros cúbicos anuales (DOF, 2007).

1.5 Explotación y caudales

La extracción de agua subterránea es más importante en territorio mexicano, y el uso principal del agua es agrícola.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 10N/1: Datos de población

	México	*Estados Unidos*
• **Total:**	42.597 habitantes	
• **Urbana y principales ciudades:**	30.446 hab. (71,5 %) Puerto Peñasco y Sonoyta.	40 hab. Lukeville
• **Proyección (U) al 2030:**	54.349 hab. (1,8%)	Muy pequeña
• **Rural:**	12.131 hab. (28,5%)	Practicamente 100%
• **Proyección (R) al 2030:**	21.641 hab.	
• **Población indígena estimada:**	1.405 hab. (3,3%)	
• **Población en zonas de recarga:**	29 hab.	
• **Población en zonas de descarga:**	42.568 hab. (incluyen la población de las localidades donde se extrae agua subterránea)	Alrededor del 10%

2.2 Usos

El uso predominante del agua en la porción mexicana es el agrícola.

Por su parte EUA indica que no conoce la distribución de los usos, pero estima que es mayormente doméstico.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En México los problemas de salinidad están relacionados con las condiciones climáticas y la comunicación hidráulica con el mar. Es común la presencia del agua salobre o salada en las áreass retiradas del río, en los tramos profundos del acuífero y en la porción costera.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

El acuífero está siendo sobreexplotado: en el curso de las últimas décadas se ha minado el almacenamiento subterráneo. En Estados Unidos fue observado un descenso del nivel de agua entre 2 y 10 ft, tomado en diferentes pozos a lo largo de los últimos 10 años. No se tienen datos en cuanto a calidad de agua.

3.3 Otras fuentes de agua

No existen fuentes alternativas o complementarias de agua dulce. De incrementarse la demanda solo quedaría incrementar la sobreexplotación o desalar agua subterránea.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

El valor de la precipitación media anual es de 130 mm, y por el momento no se han registrado variaciones. Las lluvias son muy escasas, torrenciales y de corta duración.

En los meses de monzones (julio, agosto, septiembre), se produce un aumento de 30% a 90% de la lluvia anual, pero hay un descenso del promedio anual de precipitación de 279,4 a 177,8 mm/año.

No se conoce el patrón de recarga.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

No se prevén cambios en el régimen de lluvias, la región se caracteriza por ser una zona desértica.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías tienen un impacto directo en las regiones áridas y semiáridas, ya que en ellas, la fuente principal de abastecimiento es el agua subterránea.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En México se produce la extracción adicional a la autorizada para atender la situación de emergencia, mediante perforación de nuevos pozos. Para el uso turístico, la solución al problema de abastecimiento de agua está siendo la instalación de plantas desaladoras del agua salobre procedente del mar.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Amplias cuencas aluviales separadas por empinadas sierras caracterizan la topografía de la zona. El área representa bien la vegetación predominantemente de matorrales del Desierto de Sonora, incluido el cactus Organ Pipe (Stenocereus thurberi), un gran cactus que raramente se encuentra en los Estados Unidos, pero que es común en México.

Tres grandes asociaciones vegetales del Desierto de Sonora están representados en la zona: las tierras altas de Arizona con cactus saguaro (Cereus giganteus), paloverde (Cercidium spp.) y cactus Organ Pipe; las microfitas de California con arbusto de la

creosota (Larrea tridentata) y bursage (Ambrosia spp.), y componentes florísticos normalmente asociados con la costa del Golfo de México (Bursera microphylla y Cereus thurberi).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

La cobertura actual del suelo son las zonas desérticas, los matorrales y las zonas urbanas. El uso predominante del suelo y del agua es el agrícola.

Toda la zona, con excepción de las partes altas de las montañas, ha sido modificada por el pastoreo de ganado en el pasado. Esta actividad se cree que se originó en 1699 y continuó hasta 1978, cuando el resto de ganado fue retirado. Aunque el alcance de la modificación en su mayoría no ha sido cuantificado, se conoce que ha dado como resultado visible la erosión del suelo y algunos cambios en la composición de las especies florales.

(Fuente:
http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?code=USA+18&mode=all)

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En México, principalmente se trata de cultivos de granos básicos, mientras que EUA indica que no hay sistemas de cultivos, ni manejo industrial de animales.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En México se encuentra las Reserva de Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, mientras que en EUA el Monumento Nacional Organ Pipe Cactus ocupa la mayor parte del área del sistema acuífero con la Reserva Tohono O'odham en el lado este.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Respecto de los ecosistemas dependientes de aguas subterráneas, en México se localizan cuatro zonas de humedales conocidas como: Esteros Las Lisas, Punta Pelícano, Estero de Morúa y la cuarta zona sin nombre, pero no existen cuerpos superficiales de aguas (ríos o arroyos) que reciban aporte de agua subterránea.

En Estados Unidos, el Manantial Quitobaquito es el ecosistema que se alimenta de agua del sistema acuífero, mientras que con referencia al aprovechamiento de aguas por animales y plantas silvestres se mencionan los venados del Desierto de Sonora, las aves migratorias y las tortugas de pantano.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En México existe un Plan de Desarrollo Estatal de Sonora que incluye algunos aspectos relacionados con el agua. En Estados Unidos se tiene conocimiento de que existe el Plan General de Gerenciamiento del Parque Nacional Organ Pipe Cactus, donde se protege la vida silvestre a través de la designación de áreas de reserva.

En Estados Unidos se protege la vida silvestre a través de la designación de áreas de reserva, por ejemplo a través del Servicio de Parques Nacionales (NPS) que designa las "áreas silvestres" o áreas para conservación de la biosfera por la UNESCO y que (por definición), pueden contener también valor ecológico, geológico u otras características de valor científico, educativo, escénico o histórico.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Por parte de México no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos de la zona, mientras que en EUA, desde 1992 se cuenta con el Plan de Gestión de Recursos Hídricos del Parque Nacional Organ Pipe Cactus.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 10N/2: Aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola y el cobro de servicios turísticos, sin que se conozca la cifra de su valor. **EUA:** Por el Monumento Nacional Organ Pipe, se recibe un ingreso anual de US$ 2.000.000.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea y en el sector turístico de la desalación de agua salobre. **EUA:** Lukeville, el Monumento Nacional Organ Pipe Cactus y la Reserva Tohono O'odham dependen del agua subterránea solamente.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación. **EUA:** Se desconoce. Para el condado de Pima es de 14,7%.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** Las zonas de humedales se reducirían o desaparecerían, causando graves afectaciones al ecosistema de la región. **EUA:** Aves, mamíferos, especies en peligro de extinción (pronghorn, pupfish), árboles, álamos.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

No ha existido interacción binacional, con excepción de un intercambio preliminar de información por conducto de la CILA.

9.2 Interés de los países por el uso del sistema acuífero

Hasta el momento no hay competencia significativa por el uso del agua, porque no hay incremento importante de su demanda. El sistema acuífero es importante para la población de la Reserva de los Indios Pápagos en territorio de los EUA y para abastecimiento de comunidades rurales dispersas en territorio mexicano, donde existe la mayor población y la mayor tasa de crecimiento.

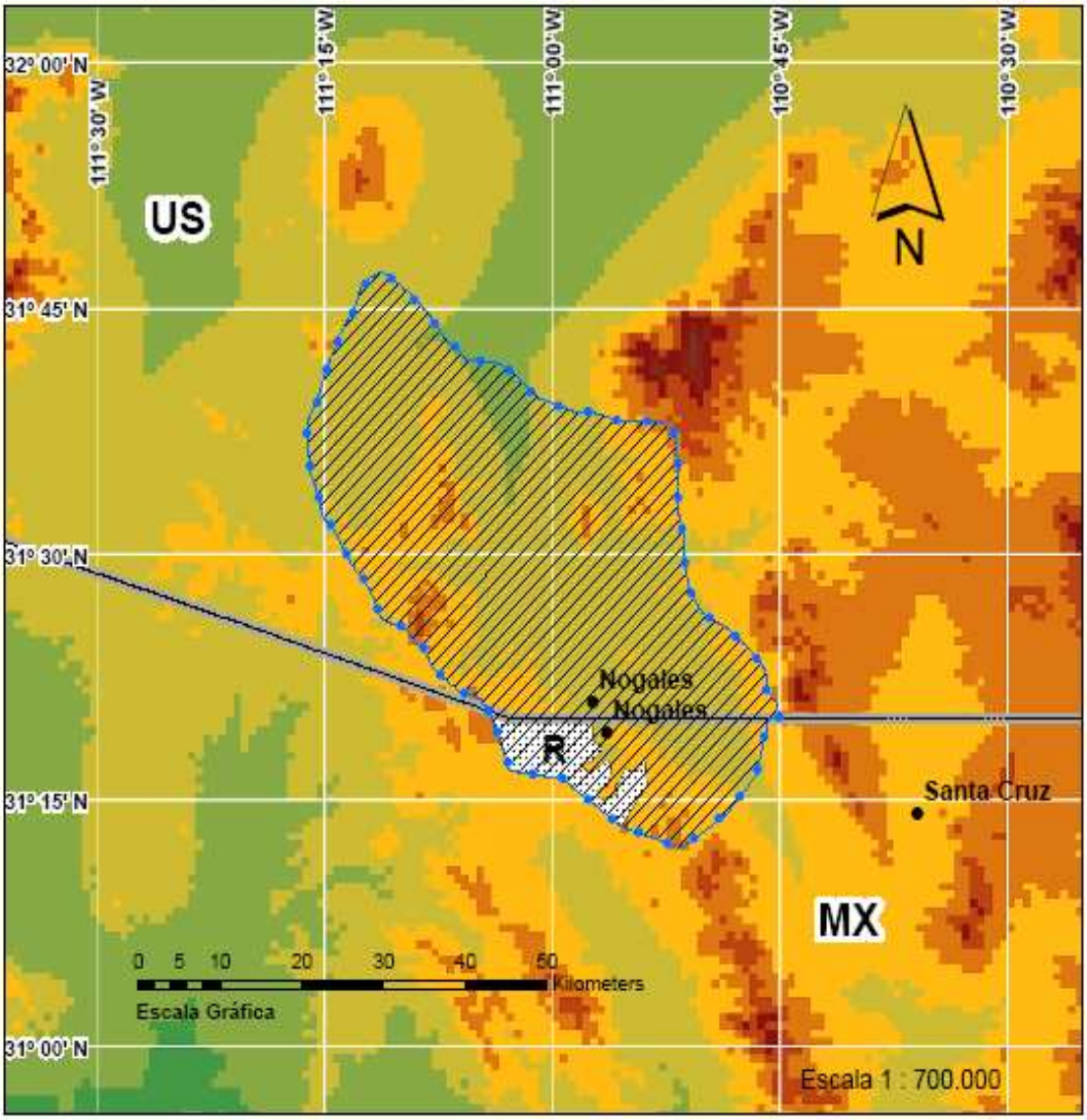
A pesar de que no se han identificado efectos transfronterizos, dado el creciente desarrollo de la región, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios binacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales, ya que un incremento de la extracción en EUA implicaría una disminución importante de la recarga por flujo subterráneo que recibe la porción mexicana.

AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten y James Leenhouts

Sistema Acuífero Transfronterizo Nogales
11N MX-US
Mapa 11N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



11N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO NOGALES MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Nogales está ubicado en la porción norte del Estado de Sonora en México y en la porción sur del Estado de Arizona en los EUA. La población está concentrada en las ciudades gemelas de Nogales; las actividades principales son la agricultura y la industria.

En el lado mexicano, la población aproximada era de 157.000 habitantes según datos del año 2005.

El área total del acuífero es de aproximadamente 6.520 km^2, siendo el área correspondiente al lado mexicano de 120 km^2 y del lado de EUA 6.400 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero se encuentra constituido por materiales aluviales y rocas fisuradas, es de reducida extensión en México, poco espesor y permeabilidad media. El espesor promedio es de 30 m para el acuífero aluvial y de 150 m para el que se aloja en rocas fracturadas.

El agua subterránea circula de México a EUA a través de la faja estrecha del arroyo Nogales, estimándose el caudal de flujo en 2 hm^3/año.

La zonas de recarga al acuífero están constituidas por las rocas fracturadas que conforman las sierras que delimitan al valle aluvial. El valor de la recarga se estima en 5,2 hm^3 anuales, la recarga es pobre debido a la aridez de la región, que en su mayor parte es generada en territorio mexicano.

El volumen de extracción es de 0,8 hm^3 /año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO.

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población en la página siguiente.

2.2 Usos

En México el agua es utilizada en un 87,5%, con fines de uso industrial y municipal.

En EUA mientras tanto, los usos principales son para actividades vinculadas a las agroindustrias y para usos domésticos, aunque se desconoce el porcentaje correspondiente a cada uno de ellos.

Cuadro 11N/1: Datos de población

	México	*Estados Unidos*
• **Total:**	156.964 habitantes	21.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	156.854 hab. (99,9 %) concentrada en la ciudad de Nogales, Sonora	21.000 hab. (100%) en la ciudad de Nogales, Arizona
• **Proyección (U) al 2030:**	301.235 hab.	23.000 hab.
• **Rural:**	110 hab. (0,1%)	
• **Proyección (R) al 2030:**	211 hab.	
• **Población indígena estimada:**	1.660 hab. (1,06%)	
• **Población en zonas de recarga:**	36 hab. (0,02%)	
• **Población en zonas de descarga:**	156.928 hab. (99,98%)	50 hab. (0,6%)

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad natural del agua es buena en cuanto a su salinidad, aunque se ha identificado contaminación de origen industrial en territorio mexicano.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Se han presentado problemas de contaminación del acuífero generada en territorio mexicano que se propaga hacia los EUA. Se identificó la presencia de cinco contaminantes: percloroetileno, nitratos, coliformes fecales y totales, hierro y manganeso, en Nogales, Sonora; y percloroetileno, nitratos y arsénico en Nogales, Arizona.

En Estados Unidos, se detectó una baja del nivel de agua (4 a 15 pies), observado en diferentes pozos en los últimos 10 años.

Se indica que existe la posibilidad de contaminación por Compuestos Organoclorados Volátiles (VOC) y por Percloroetileno (PCE) provenientes de la descarga de aguas residuales.

3.3 Otras fuentes de agua

En México se contempla el incremento de la importación de agua del acuífero del arroyo Santa Cruz, con lo cual se espera un incremento de la descarga de aguas residuales al acuífero con el consiguiente riesgo de contaminación.

Como fuentes de agua alternativas, EUA cita las aguas residuales de los efluentes infiltradas en México, y/u otro acuífero situado al noreste de Nogales, con la aclaración siguiente: las aguas residuales mencionadas son transfronterizas, mientras que el acuífero del noreste no lo es.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

En México, no hay mayores variaciones en la precipitación pluvial ni efecto alguno sobre el régimen de recarga del acuífero.

El valor de la precipitación media anual es de 300 mm. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración, sin embargo se produce un incremento del 34% al 65% del promedio de lluvia anual en los meses monzónicos (julio, agosto y septiembre).
EUA indica que se observa un decrecimiento en la precipitación, en promedio de 343 mm/año a 231 mm/año.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En México, se prevé un incremento de la temperatura y un decremento de la precipitación pluvial a consecuencia del cambio climático, con el consiguiente impacto negativo sobre la recarga del acuífero.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías tienen un impacto directo en las regiones áridas y semiáridas, ya que en ellas la fuente principal de abastecimiento es el agua subterránea. La consecuencia visible de este fenómeno es el abatimiento de los niveles del agua en los acuíferos.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En México, existe la posibilidad de extracción adicional a la autorizada para atender la situación de emergencia, sin que hasta el momento haya sido necesario perforar nuevos pozos, mientras que en Estados Unidos, los pozos son cerrados durante los eventos de sequía.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 11N/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
México	Zona urbana Terrenos Naturales Zona árida	Vegetación típica de zonas áridas
Estados Unidos	Tierras Naturales Agricultura Urbana Industrial Ríos	Mezcla de matorrales del Desierto de Sonora

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los principales usos del suelo se dan del lado mexicano con los pastizales, el bosque y la zona urbana, la que ha crecido ganándole terreno a las zonas áridas, mientras que en EUA la mencionada mezcla de matorrales del Desierto de Sonora, coexiste con la cobertura residencial.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Las actividades principales para México son el comercio y los servicios, mientras que la agricultura y la ganadería son incipientes.

En EUA el 99% es terreno urbano y el resto (1%) son matorrales del desierto, no existiendo por lo tanto sistemas de cultivos.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

No existen áreas protegidas

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Para ninguno de los dos países existen ecosistemas importantes que dependan del agua subterránea. No existen ríos o arroyos importantes, los que se originan son de régimen torrencial. El Arroyo Los Nogales es de régimen intermitente.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

No existe ningún plan de ordenamiento territorial para la porción mexicana del sistema acuífero transfronterizo, mientras que Estados Unidos indica que esta área tiene una

denominación como residencial, comercial, agrícola, pública, con centro en la ciudad de Nogales, Arizona.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

No existe en México ningún plan de manejo de los recursos hídricos, en EUA existe la llamada Santa Cruz Active Management Area (AMA), cuyo objetivo es asegurar el abastecimiento de agua, mantener una condición de caudal seguro y prevenir los descensos del nivel de agua en el acuífero. El programa incluye modelos de agua subterránea, conservación de agua, recarga de agua y aplicaciones de seguro de agua.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 11N/3: Aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** Debido a que las actividades agrícolas y ganaderas son para el autoconsumo, no existe un beneficio económico importante. El agua subterránea se destina básicamente para satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua potable. **EUA**: cuenta con un ingreso de US$ 214.000.000 en la ciudad de Nogales, Arizona**.**
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea. **EUA:** Agroindustrias, turismo, asuntos fronterizos.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** Se desconoce, no se tiene una estimación. **EUA:** 33,9% Pima census, US$ 10.200 por persona.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** No existen ecosistemas importantes que dependen del agua subterránea. **EUA:** Álamos y árboles en general.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Existe un Acuerdo Binacional entre México y los Estados Unidos mediante el cual fue posible realizar en 1996 el Estudio para Determinar la Presencia de Contaminantes Antropogénicos en el Acuífero Transfronterizo en el Área de Nogales (Sonora)–Nogales (Arizona).

Adicionalmente, se han llevado a cabo campañas de muestreo de aguas subterráneas en los años 1997 y 1998.

También existen otro tipo de colaboraciones como el bombeo de agua desde Arizona hacia Sonora en tiempos de sequía.

Como forma de mejorar la interacción EUA propone:
Para anticipar la posible escalada de la competencia: Monitoreo del nivel de las aguas subterráneas y la calidad.

Para evitar el desarrollo de la competencia: Creación de una Autoridad de Gestión e Importación de Agua de Santa Cruz.

Para mejorar la cooperación existente: Mejorar la capacidad de la depuradora. Construir una planta eléctrica en Arizona usando aguas residuales de México para la refrigeración y la alimentación de ambos Nogales. Los pagos por el tratamiento de aguas residuales mexicanas serán cancelados, y se crearán empleos en Arizona.

Actualmente, este acuífero se ha incluido en un programa especial promovido por la Comisión Internacional de Agua entre México y los Estados Unidos para realizar estudios conjuntos de este acuífero con recursos aportados por ambas partes.

9.2 Interés de los países por el uso del sistema acuífero

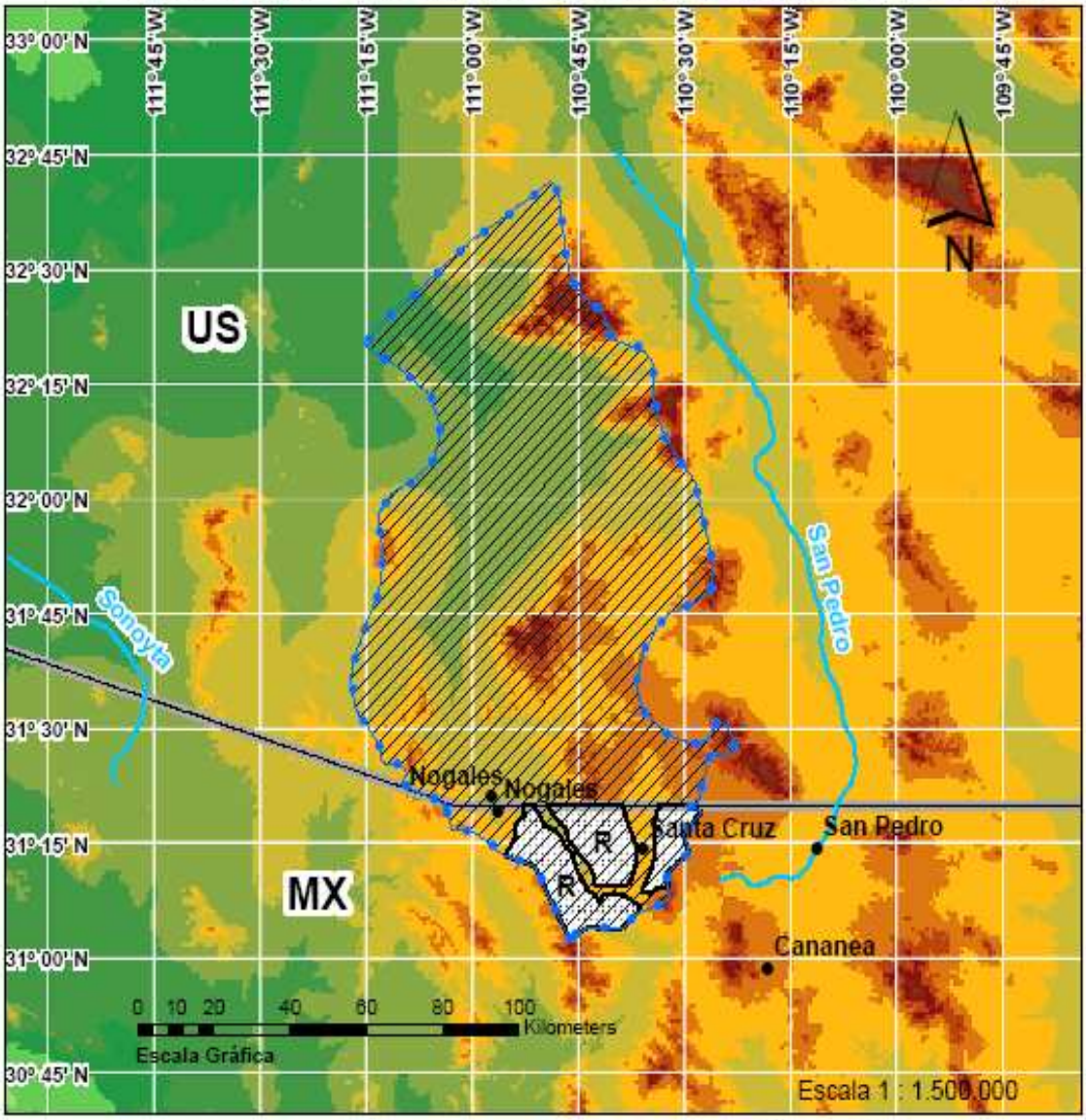
Si bien México indica que no existe competencia por el uso del sistema acuífero, EUA ve competencia con la ciudad de Nogales (Sonora-México), debido a la gran población y el crecimiento de la misma del lado mexicano.

Las aguas residuales mexicanas son tratadas en los EUA y descargadas al Río Santa Cruz. ¿A quién pertenece el agua? ¿Se debe pagar por el tratamiento del agua? La capacidad de la planta depuradora está excedida. Hay discusiones para tratar de remediar la situación.

AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos Leenhouts
EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten, John Hoffmann y James

Sistema Acuífero Transfronterizo Santa Cruz
12N MX-US
Mapa 12N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300

UBICACIÓN GENERAL
12N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

12N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SANTA CRUZ MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El sistema acuífero se localiza en la parte norte del Estado de Sonora en México y en la parte sur de Arizona en los EUA. La población está concentrada en la porción estadounidense y en su mayor parte está dedicada a la agricultura. En territorio mexicano la densidad de población es baja y el desarrollo incipiente.

La población total en México era de aproximadamente 2.500 habitantes según datos tomados en el año 2005, sobre un área de 950 km^2, mientras que en EUA se estimó en 980.000 habitantes.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero está constituido por materiales aluviales, conglomerados y rocas volcánicas fisuradas. Su extensión superficial y espesor son reducidos y su transmisividad es media. A México le corresponde la porción aguas arriba.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

La profundidad al nivel estático varía en el área entre 4 y 10 m en la porción mexicana del acuífero aluvial, actualmente en explotación. En territorio mexicano hay una creciente exportación de agua subterránea para el abastecimiento de la población de Nogales, en Sonora.

1.4 Zonas de recarga

En territorio mexicano, la recarga se estima en unos 33 hm^3/año y es generado por la infiltración de las lluvias sobre las sierras que rodean al valle. La dirección principal del flujo subterráneo es de S a N, de México a EUA; el caudal de flujo a través de la frontera es menor a 2 hm^3/año.

1.5 Explotación y caudales

La extracción del acuífero en territorio mexicano es de 28 hm^3/año. El incremento de la extracción de agua subterránea en la porción mexicana puede reducir y aun anular el caudal de flujo que pasa de México a EUA.

2 POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población en la página siguiente.

Cuadro 12N/1: Datos de población

	México	*Estados Unidos*
• **Total:**	2.120 habitantes	980.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**		529.200 hab. (54%)
• **Proyección (U) al 2030:**		1.097.600 hab.
• **Rural:**	2.120 hab. (100%)	450.800 hab. (46%)
• **Proyección (R) al 2030:**	3.271 hab.	
• **Población indígena estimada:**	17 hab. (0,8%)	3.500 hab. (3,6%) (Pima Census)
• **Población en zonas de recarga:**		
• **Población en zonas de descarga:**	2.120 hab. (100%)	

2.2 Usos

En México, la distribución por usos del agua es la siguiente: 14,7 hm^3 (51,8%) para abastecimiento público-urbano, 13,5 hm^3 (47,5%) para riego y 0,2 hm^3 (0,2%) para uso doméstico.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad natural del agua subterránea es buena y no se han identificado focos importantes de contaminación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La calidad natural del agua es apta para el consumo humano; no se han identificado problemas de contaminación antropogénica.

3.3 Otras fuentes de agua

No existen fuentes alternas de abastecimiento.
EUA considera como fuente complementaria el tratamiento de las aguas residuales efluentes infiltradas desde México y otros acuíferos al noreste de Nogales.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

En la porción mexicana no se registran fluctuaciones importantes de la precipitación pluvial.

De acuerdo a EUA, existe además un incremento de entre 34% a 65% de la lluvia anual en los meses de monzón (julio, agosto, septiembre), decrece un promedio anual de 343 a 231 mm, aunque se desconoce la parte de recarga.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

A largo plazo se espera una reducción de la recarga, debido a que el cambio climático provocará disminución de la lluvia y aumento de la temperatura en esta región. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración. El valor de la precipitación media anual es de 300 mm.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías no tienen un impacto importante porque el desarrollo del acuífero es incipiente en territorio mexicano; sin embargo, en el mediano plazo, la reducción de la recarga durante los períodos secos podría afectar la exportación de agua para el abasto de Nogales, Sonora.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

No hay impacto de fenómenos extremos en la actualidad en la porción mexicana del acuífero.

En EUA, después de los períodos de sequía, los pozos dejan de funcionar.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Ver cuadro sobre unidades de paisaje y cobertura natural original en la página siguiente.

Cuadro 12N /2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	*Cobertura natural original*
Estados Unidos	Tierras Naturales Agricultura Urbana Industrial (minería)	Mezcla de matorrales del Desierto de Sonora
México	Áreas agrícolas Áreas naturales Bosques Zonas urbanas	Áreas naturales

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los principales usos del suelo en la porción mexicana son las áreas naturales, bosques, zonas agrícolas y zonas urbanas, mientras que en EUA se indica que la cobertura y uso actual está vinculada a: mezcla de matorrales del Desierto de Sonora, urbano (Tucson), montes ribereños.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Cuadro 12N/3: Principales cultivos o sistemas de cultivos

	Estados Unidos	México
Cultivos	Matorrales del desierto Feedlots/Pasturas Vegetación riparia	Maíz Frijol Sorgo Papa Avena

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En territorio mexicano no se han declarado áreas naturales protegidas; mientras que del lado de EUA están Lake Patagonia y Sonoita Creek

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

No existen ecosistemas importantes dependientes de aguas subterráneas, se destaca que los arroyos se originan bajo régimen torrencial.

En EUA se mencionan los álamos como dependientes de la alimentación por aguas subterráneas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

El área mexicana cuenta con un plan estatal de desarrollo del Estado de Sonora, pero es poco específico sobre los aspectos relacionados con el agua, mientras que en EUA la designación de las tierras son: residencial, comercial, agricultura, pública y parques protegidos.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

No existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos para el Sistema Acuífero Santa Cruz por parte de México. Por su parte, Estados Unidos cuenta con la “Santa Cruz

Active Management Area (AMA)" y la "Tucson AMA" cuyos objetivos son asegurar el abastecimiento de agua, mantener una condición de caudal seguro y prevenir los descensos de nivel del sistema acuífero. Los programas incluyen modelos de agua subterránea, conservación de agua, aplicaciones de "agua segura", recarga de agua, etc.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 12N/4: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola, sin que se conozca la cifra de su valor. **EUA:** US$ 27,5 billones para los condados de Pima y Santa Cruz
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea. **EUA:** Ganadería, turismo, minería.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** Se desconoce y además la población es muy pequeña. **EUA:** 15,6% (Pima Census).
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** No existen ecosistemas dependientes de aguas subterráneas. **EUA:** Aves, mamíferos, especies en peligro de extinción (Gila topminnow, Lesser-long nosed bat, pronghorn), los árboles (álamos).

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Se llevan a cabo reuniones entre representantes de instituciones de Sonora y Arizona. La CILA entre México y los Estados Unidos ha incluido a este acuífero dentro de sus programas de intercambio de información, pero hasta el momento no se han realizado estudios conjuntos ni un programa formal de acciones. Recientemente se emprendió un programa que considera la ejecución de estudios conjuntos de este acuífero y el de San Pedro con recursos aportados por ambas partes; asimismo, se ha elaborado un Proyecto de Ley sobre Acuíferos Transfronterizos.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Hay interés creciente en este acuífero porque es la fuente más importante para el suministro de agua a Nogales, Sonora, y porque su descarga subterránea es captada en un campo de pozos que abastece a Nogales, Arizona. Además, por parte de los EUA hay interés en proteger su vegetación ribereña.

Es necesario cuantificar con precisión el aporte del acuífero hacia el territorio de los EUA. Un incremento importante de la extracción de agua subterránea en la porción mexicana podría reducir y anular el caudal de flujo que se dirige hacia el campo de pozos que suministra agua a la ciudad de Nogales, Arizona.

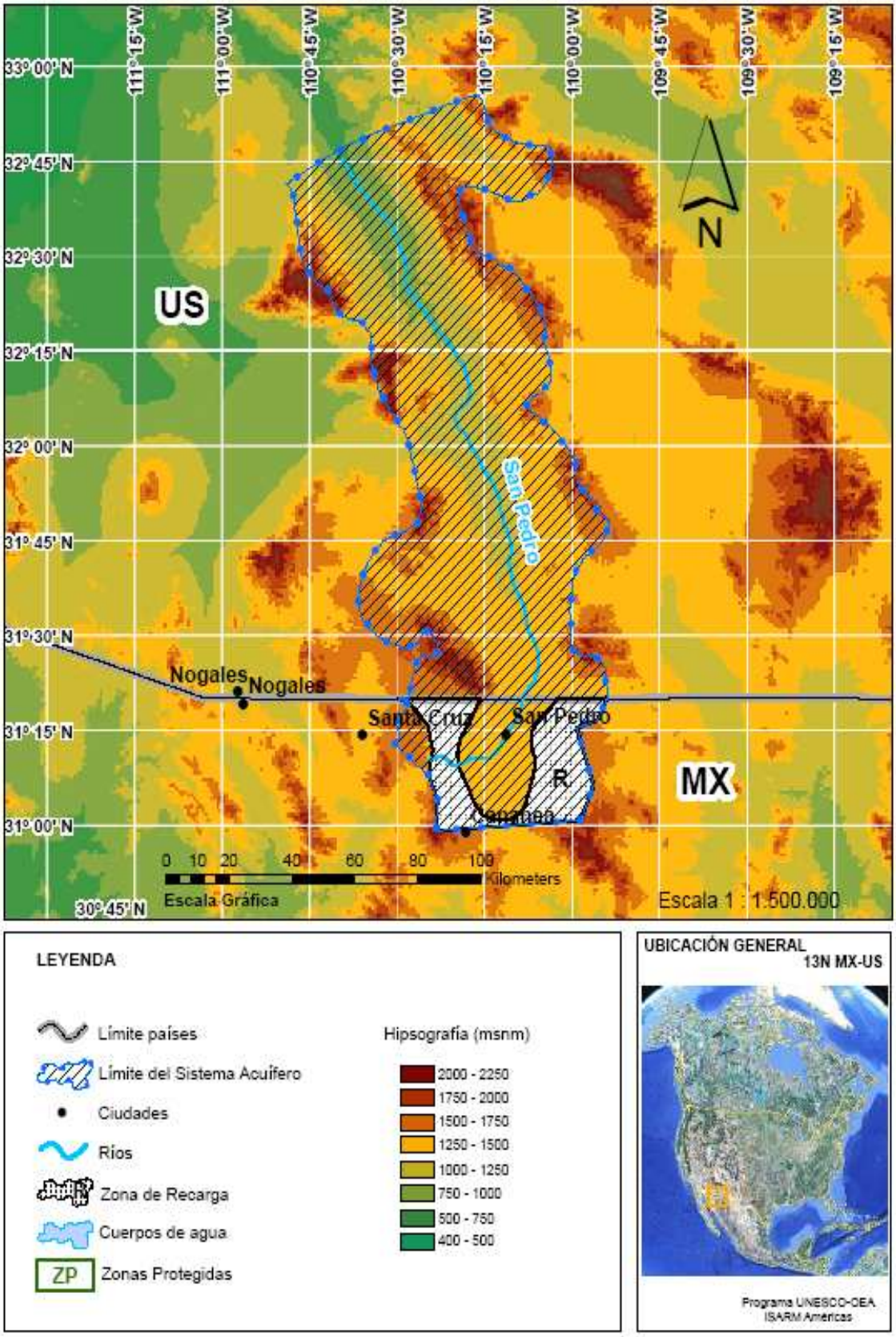
En cuanto a las acciones para mejorar la colaboración, se cree necesario compartir información y definir que no es conveniente incrementar la extracción en territorio mexicano ya que esto podría mermar el flujo subterráneo que pasa a través de la frontera internacional, junto a la realización de monitoreos de nivel y calidad de las aguas subterráneas.

AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten, John Hoffmann y James Leenhouts

Sistema Acuífero Transfronterizo San Pedro
13N MX-US
Mapa 13N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



13N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO RÍO SAN PEDRO MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo San Pedro se localiza en la porción norte del Estado de Sonora en México y en la porción sur del Estado de Arizona en los EUA. La densidad de población en ambas porciones es baja.

La población aproximada del sector mexicano es de 6.195 habitantes (según datos de 2005) distribuida en un área de 1.750 km^2; mientras que en EUA se reportan 128.000 habitantes aproximadamente.

1.2 Características del acuífero

El acuífero está constituido por materiales aluviales en los valles y por conglomerados en las lomadas adyacentes. Su extensión superficial y espesor son reducidos, su transmisividad es media a baja. La recarga es poco cuantiosa debido a la aridez de la región.

La profundidad al nivel estático varía de 10 a 90 m. Los valores más bajos se localizan hacia el cauce del Río San Pedro.

Las zonas de recarga se localizan en los afloramientos de conglomerados que circundan al cauce del Río San Pedro. El valor de la recarga asciende a 41 hm^3/año, mientras que la extracción de agua subterránea es de 22,3 hm^3/año en México.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 13N/1: Datos de población

	México	EUA
• **Total:**	6.195 habitantes (2005)	130.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	0	39.680 hab. (31%)
• **Proyección (U) al 2030:**		45.400 hab.
• **Rural:**	6.195 hab. (100%)	88.320 hab. (69%)
• **Proyección (R) al 2030:**	9.810 hab.	95.800 hab.
• **Población indígena estimada:**	143 hab. (2,3%)	1.700 hab. (1,3%)
• **Población en zonas de recarga:**	5.647 hab. (91,15%)	
• **Población en zonas de descarga:**	548 hab. (8,85%)	

2.2 Usos

En México, la extracción de 22,3 hm^3 se distribuye de acuerdo a los siguientes usos:

- Industrial = 10,5 hm^3 (47,0 %)
- Público-urbano = 5,3 hm^3 (23,8%)
- Riego = 5,1 hm^3 (22,9%)
- Doméstico = 1,4 hm^3 (6,3 %)

En EUA se indica que los principales usos son similares a los de México.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad natural del agua subterránea es aceptable, aunque se ha registrado un riesgo de contaminación derivado de la descarga de aguas residuales de una empresa minera asentada en la cabecera del sistema (según México).

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La variación en la disponibilidad de agua subterránea se puede vincular a las variaciones en los registros de lluvia y los patrones de recarga.

EUA indica que se verifica un aumento del 55% al 75% de la lluvia anual en los meses monzónicos (julio, agosto y septiembre), mientras que se registra una disminución de la precipitación media anual de 15,6 a 10,3 pulgadas/año, aunque se desconocen los patrones de recarga.

El riesgo de potencial cambio en la calidad del agua del sistema acuífero se puede vincular, como fue mencionado en el párrafo anterior, a la existencia de la actividad minera en la zona.

3.3 Otras fuentes de agua

No existen fuentes alternativas de abastecimiento, sería necesario perforar nuevos pozos.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

No se han registrado variaciones. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración. El valor de la precipitación media anual es de 300 mm.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

No se prevén cambios en el régimen de lluvia, y la región se caracteriza por presentar condiciones de aridez.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías tienen un impacto directo en las regiones áridas y semiáridas de México, ya que en ellas la fuente principal de abastecimiento es el agua subterránea. Estados Unidos, por el contrario sostiene una descarga del nivel de agua, y también un decaimiento en la descarga del acuífero.

El principal impacto de las sequías es que producen un descenso de la napa freática y por consiguiente un decrecimiento de la descarga del Río San Pedro.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea. La agricultura se desarrolla en las franjas fronterizas de ambos países.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Cuadro 13N/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	*Cobertura natural original*
Estados Unidos	Tierras Naturales Agricultura Urbana Industrial (minería)	Mezcla de matorrales del Desierto de Sonora y vegetación riparia.
México	Áreas agrícolas Áreas naturales Bosques Zonas urbanas	Áreas naturales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En la porción mexicana del sistema acuífero, los principales usos del suelo son las áreas naturales, bosques, zonas agrícolas y zonas urbanas. En Estados Unidos los usos dados a la tierra están vinculados a actividades urbanas, residenciales, industriales, del ejército, agricultura, mientras que persiste cobertura de matorrales del Desierto de Sonora y vegetación riparia.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Para México, los principales cultivos en orden de importancia son: alfalfa, maíz, frijol, sorgo, papa, avena, cebada y ajo.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

El sistema acuífero no incluye áreas protegidas del lado mexicano, mientras que en EUA el Departamento de Recursos Hídricos de Arizona (ADWR) tiene un plan para asegurar el abastecimiento de agua y prevenir la "retirada" del acuífero.

La Asociación Alto San Pedro (USPP), un consorcio de grupos de interesados (stakeholders) claves, está trabajando para garantizar a largo plazo el suministro de aguas subterráneas.

Las acciones incluyen la construcción de un proyecto de recarga de aguas residuales cerca del río (y en el fuerte); desarrollo de cuencas de retención para captar y recargar el escurrimiento de agua de lluvia; programas de reducción de consumo de agua en el toilet y el uso de aguas residuales para regar los campos de golf y la plaza de armas del fuerte.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En México, no existen ecosistemas importantes dependientes de aguas subterráneas, y tampoco existen cuerpos de agua superficial que reciban aporte de aguas subterráneas. Los arroyos que se originan son de régimen torrencial.

En Estados Unidos, los ecosistemas dependientes de aguas subterráneas son los arroyos, ríos, vida salvaje y rutas de migración de aves. El Río San Pedro es quien recibe la principal descarga.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Para el sector mexicano del sistema acuífero no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

EUA señala que el territorio está signado para usos residencial, comercial, de agricultura, público, ejército (Fort Huachuca Army Garrison) y áreas protegidas.

El exceso de desarrollo tendrá un impacto en la sustentabilidad del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

No existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 13N/3: Aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola, sin que se conozca la cifra de su valor. La actividad minera también utiliza aguas subterráneas en sus procesos de producción y beneficio de minerales. **EUA:** El condado de Cochise tiene un ingreso total de 3,4 billones de dólares.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea. **EUA:** Ganadería, ejército, turismo, minería.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** Se desconoce y además la población es muy pequeña. **EUA:** 17,1% Cochise census.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** No existen ecosistemas dependientes de aguas subterráneas. **EUA:** Es uno de los corredores con mayor biodiversidad de Norteamérica con 250 especies de aves migratorias. El ingreso anual por el turismo de observación de aves es estimado en 6 millones de dólares. Además, 82 especies de mamíferos, 43 especies de reptiles y anfibios utilizan ese corredor.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En EUA, desde 2002, el USPP se reunió 4 veces con representantes de las organizaciones de base de Cananea, México. El grupo US-México ahora se llama Asociación Binacional de San Pedro (San Pedro Binational Partnership) y están previstas futuras reuniones.

A su vez EUA señala que para mejorar la interacción entre ambos países, se podría incrementar el número de encuentros (colaboración) a nivel de las organizaciones de base y también implementar los planes.

9.2 Interés de los países por el uso del sistema acuífero

Si bien México indica que hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, EUA expresa que hay competencia con Cananea, Sonora (México).

La agricultura se desarrolla en las franjas fronterizas de ambos países.

Es necesario cuantificar con precisión el aporte del acuífero hacia el territorio de los EUA. Un incremento importante de la extracción de agua subterránea en la porción mexicana podría implicar una reducción de la recarga subterránea que recibe la porción estadounidense del sistema.

AUTORES Y FUENTES

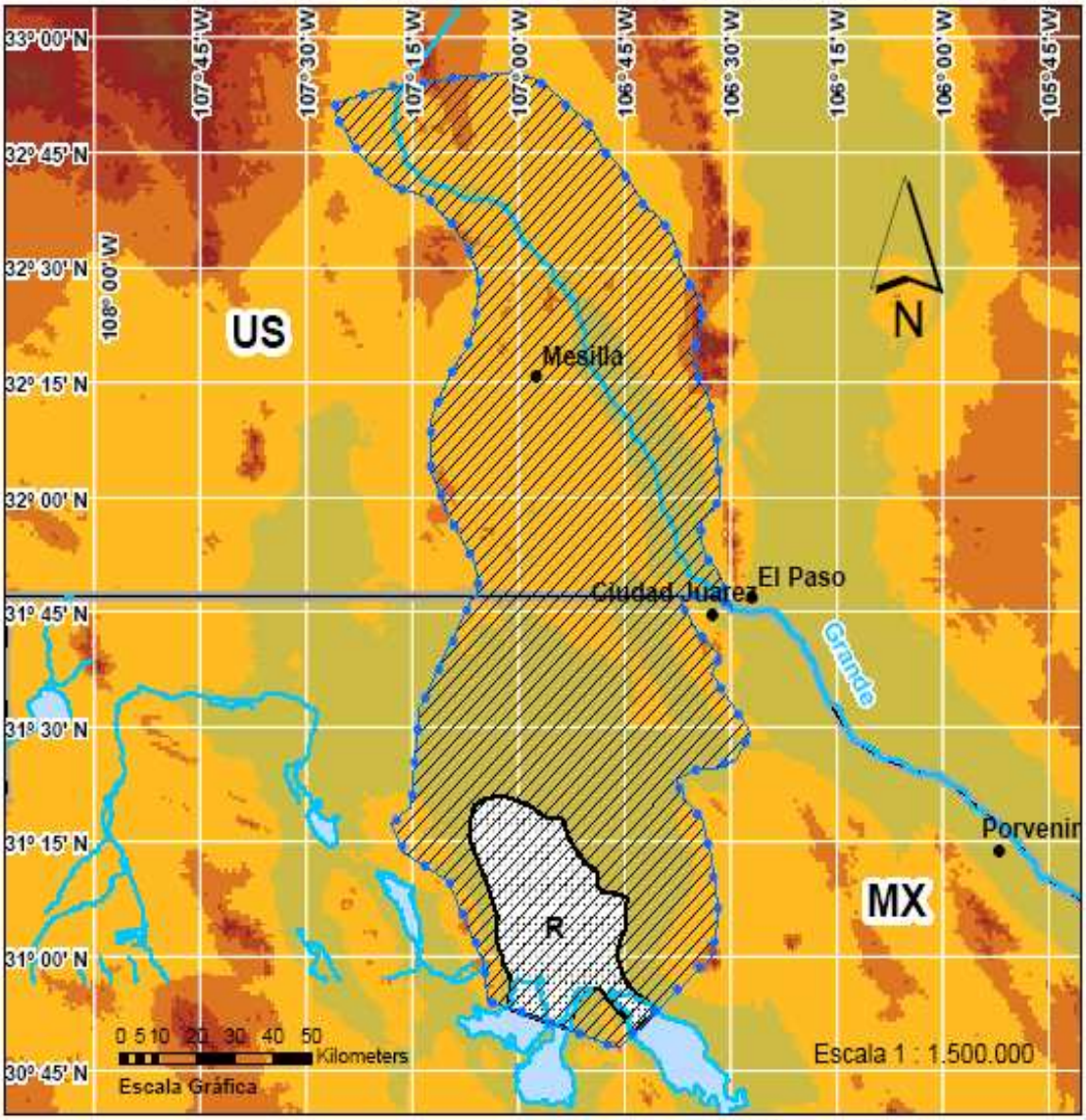
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten, John Hoffmann y James Leenhouts

Sistema Acuífero Transfronterizo Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla

14N MX-US

Mapa 14N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2250 - 2500
- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
14N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

14N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CONEJOS MÉDANOS-BOLSÓN DE LA MESILLA
MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Conejos Médanos-Bolsón de la Mesilla se extiende en el Estado de Chihuahua (México) y en el Estado de Texas (EUA), en una región muy árida. El acuífero forma parte de las cuencas cerradas de la porción occidental de Texas y de la porción norte de México.

La población total en México es de aproximadamente 712 habitantes según datos tomados en el año 2005.

En México, el área del sistema acuífero es de 6.200 km^2, mientras que el área total se estima en unos 10.000 km^2.

1.2 Características del acuífero

Está constituido por materiales aluviales y depósitos de bolsón, cuyo espesor es de varios cientos de metros y aún mayor que 1.000 m en ambos países. Es de tipo "libre", de permeabilidad media a baja y gran capacidad de almacenamiento.

La profundidad al nivel estático varía en el área de 8 a 130 metros, con tendencia creciente de EUA a México controlada por la topografía.

Las zonas de recarga se localizan en las sierras que delimitan el valle. Aunque la lluvia es escasa, existen flujos regionales que recargan al acuífero. Actualmente se realiza un estudio hidrogeológico de evaluación para estimar la recarga media anual.

En territorio mexicano la extracción de agua es apenas de unos 1,6 hm^3/año para usos doméstico, industrial y agrícola. Se tiene programado iniciar a corto plazo la operación de una batería de pozos que suministrará agua a Ciudad Juárez.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción mexicana está estimada en unos 700 habitantes, los cuales el 100% integran la población rural y también constituyen la población asentada en zona de recarga. La población proyectada al año 2030 se estima en 1.250 habitantes.
La población indígena estimada es de 181 habitantes (25,42%).

2.2 Usos

Los usos del agua extraída del acuífero, en México, son:

- Riego = 1,1 hm^3 (68,8%)
- Doméstico = 0,2 hm^3 (12,5 %)
- Industrial = 0,0 hm^3 (0,0 %)
- Público-urbano = 0,3 hm^3 (18,7 %)

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En México, la salinidad del agua es de media a alta y en gran parte no es apta para el consumo humano por exceder la norma de calidad correspondiente.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

No se han registrado cambios significativos en la cantidad ni en la calidad del agua subterránea. A mediano plazo, cuando se inicie la operación de la batería de pozos de La Mesilla, se espera un incremento de la salinidad por migración del agua de mala calidad natural existente en las áreas circundantes.

3.3 Otras fuentes de agua

No hay otras fuentes complementarias de agua dulce, por lo que a mediano plazo se contempla la recarga artificial de las aguas residuales tratadas de Ciudad Juárez y la desalación de agua subterránea salobre o salada.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

No se han registrado variaciones. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración. El valor de la precipitación media anual es de 100 mm.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

A largo plazo se espera un decremento de la recarga del acuífero derivado del cambio climatico que en esta región provocará un decremento de la precipitación pluvial y un aumento de la temperatura.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías tienen un impacto directo en las regiones áridas y semiáridas de México, ya que en ellas la fuente principal de abastecimiento es el agua subterránea.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

No hay impacto directo derivado de las sequías porque el desarrollo local es muy escaso.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje principales son el desierto, suelos salinos y matorrales. No existen centros de población y agrícolas importantes; la mayor parte del acuífero está cubierta por zonas desérticas.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los usos de suelo principales son las zonas desérticas, los matorrales y los suelos salinos desnudos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

No existen centros de población y agrícolas importantes. La agricultura es incipiente y solo para autoconsumo.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

No existen áreas naturales protegidas.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

No existen ecosistemas importantes por la elevada salinidad del agua de los lagos y humedales alimentados por la descarga natural del acuífero en la porción mexicana.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

No existe ningún plan de ordenamiento territorial. Se tiene contemplado el establecimiento de una zona de reserva para el abastecimiento de agua potable a Ciudad Juárez, localizada en el acuífero vecino Bolsón del Hueco-Valle de Juárez.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

No existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 14N/2: Aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** Las actividades productivas son mínimas, únicamente se restringe a la agricultura de autoconsumo.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** Se desconoce y además la población es sumamente escasa.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** El único ecosistema que depende del agua subterránea y superficial es la Laguna El Barreal, que debido a la evaporación y descarga del sistema de flujo regional presenta agua subterránea con alta salinidad.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

No ha habido hasta ahora programa formal de interacción binacional, con excepción de un intercambio preliminar de información relativa al acuífero.

9.2 Interés de los países por el uso del sistema acuífero

Se espera que al iniciarse la operación de la batería de pozos de La Mesilla, se generará cierta reacción y competencia por el uso del agua de este acuífero.

AUTORES Y FUENTES

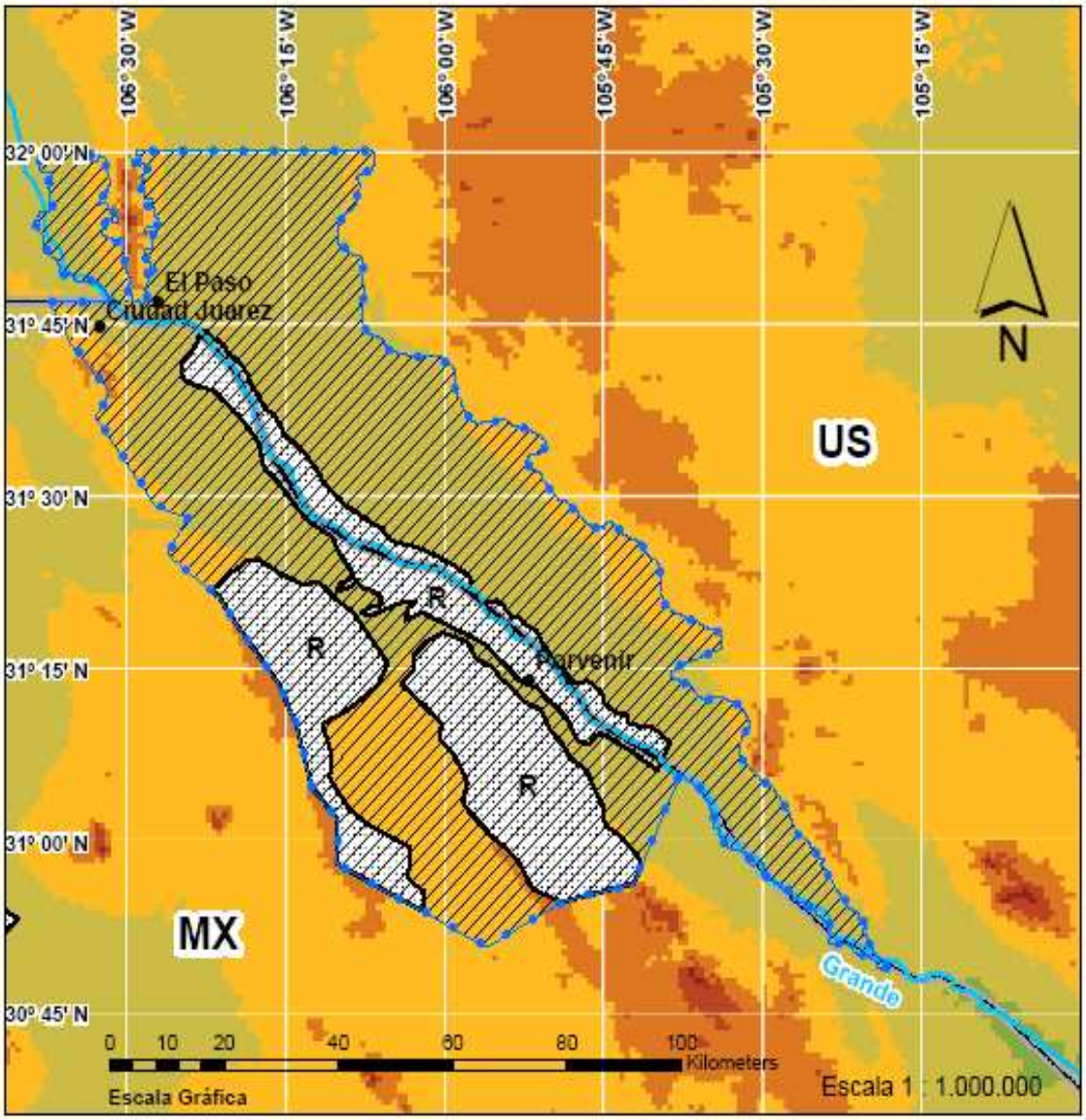
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos.

EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten.

Sistema Acuífero Transfronterizo Bolsón del Hueco-Valle de Juárez

15N MX-US

Mapa 15N/1 Ubicación



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
15N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

15N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO BOLSÓN DEL HUECO-VALLE DE JUÁREZ
MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Bolsón del Hueco-Valle de Juárez es uno de los más importantes de la frontera México-EUA. Se extiende en el Estado de Chihuahua (México) y en el Estado de Texas (EUA). Tiene gran importancia, dado que se trata de una región con precipitación pluvial menor que 200 mm/año y evaporación potencial mayor que 2.000 mm/año.

La extensión total aproximada es de 8.000 km^2, de los cuales 1.600 km^2 (20%) corresponde a México y los restantes 6.400 km^2 (80%) a EUA.

La población sobre el área del sistema acuífero es de 1.235.279 habitantes en México, según datos del año 2005 y aproximadamente 700.000 habitantes en EUA.

1.2 Características del acuífero

En México el acuífero está constituido, en su parte superior, por materiales clásticos aluviales, sedimentos eólicos y depósitos de bolsón y en su parte inferior por rocas sedimentarias kársticas e ígneas extrusivas; es de tipo “libre”, de permeabilidad media a baja y gran capacidad de almacenamiento. Su espesor alcanza los 800 m en el distrito de riego. En los Estados Unidos lo conforman depósitos de bolsón, cuyo espesor supera los 2.500 m en la zona paralela a las montañas Franklin, cubiertos en la faja fluvial del Río Grande por materiales aluviales.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

La profundidad a los niveles freáticos varía en el área entre algunos metros, en la franja ribereña del Río Bravo/Grande y los 130 a 150 m en México y EUA respectivamente, en función del relieve topográfico y de la distribución del bombeo de pozos.

1.4 Zonas de recarga

En la porción mexicana, la recarga natural tiene lugar en los flancos de las sierras que limitan al valle y a lo largo del cauce del río; la recarga incidental por fugas en las redes hidráulicas y por infiltración de excedentes de riego se da en la zona urbana de Ciudad Juárez y en las zonas agrícolas.

Recarga natural en las montañas Órgano, Franklin y Hueco que rodean al valle y de recarga inducida en la zona urbana de El Paso. La fuente principal de recarga al acuífero son los escurrimientos del Río Bravo/Grande, pero actualmente el desvío de agua para conducirla a través de canales ha reducido de manera considerable este aporte, especialmente en la porción comprendida entre El Paso y Ciudad Juárez.

1.5 Explotación y caudales

La extracción de agua subterránea es del orden de 310 hm^3/año en el lado mexicano, que lo utiliza para el abastecimiento de la zona urbana de ciudad Juárez y en la primera unidad del distrito de riego del valle de Juárez. En Estados Unidos la fuente principal que suministra agua a la ciudad de El Paso y a la zona de riego del Bolsón del Hueco es el Río Bravo/Grande, mientras que el acuífero es una fuente complementaria.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 15N/1: Datos de población

	México	EUA
• **Total:**	1.235.279 habitantes (2005)	700.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	1.187.275 hab. (96,1 %) concentrada en Ciudad Juárez	630.000 (90%) concentrada en El Paso
• **Proyección (U) al 2030:**	2.020.000 hab.	650.000 hab.
• **Rural:**	48.004 hab. (3,9%)	70.000 hab. (10%)
• **Proyección (R) al 2030:**	82.000 hab.	72.000 hab.
• **Población indígena estimada:**	6.951 hab. (0,6%)	3.500 hab. (0,5%)
• **Población en zonas de recarga:**	25.000 hab.	(10 a 20%)
• **Población en zonas de descarga:**	1.200.000 hab.	35.000 hab. (5%)

2.2 Usos

En México, el crecimiento demográfico urbano concentrado en Ciudad Juárez, ha motivado una transferencia gradual de agua del sector agrícola al público urbano. En EUA, el crecimiento de la demanda de agua de la ciudad de El Paso y la limitada oferta de las fuentes de suministro, ha dado lugar al desarrollo de un sistema de tratamiento-recarga-reuso: las aguas residuales municipales de la ciudad de El Paso son conducidas a una planta de tratamiento de nivel terciario, inyectadas mediante pozos al subsuelo donde reciben un tratamiento natural y recuperadas aguas abajo para servirlas nuevamente a la ciudad.

La distribución de la extracción anual de agua subterránea en el sector mexicano es como sigue:

- Riego = 168 hm^3 (54,2 %)
- Doméstico = 5 hm^3 (1,6 %)
- Industrial = 5 hm^3 (1,6 %)
- Público-urbano = 132 hm^3 (42,6 %)

Mientras que en EUA se indica que hay un consumo industrial de un 90% durante un año normal y 70% durante la sequía, el uso público-urbano requiere de un 5-10%, el agrícola es de 0% durante un año normal y pasa a 20% durante eventos de sequía y finalmente las agroindustrias consumen un 2%.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En México, el acuífero contiene agua dulce en su tramo superior, especialmente en la faja fluvial del Río Bravo/Grande, agua salobre en su tramo intermedio y agua salada en su tramo profundo.

En EUA la concentración de STD es en general ligeramente superior a los 1.000 ppm para la porción norte del acuífero, la cual disminuye hacia las montañas que constituyen áreas de recarga y hacia el cauce del Río Bravo/Grande. En la región de Alkali Flat las concentraciones superan las 10.000 ppm de STD, debido a que en ella se presenta una descarga de flujo regional.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En su estado natural, el acuífero estaba hidráulicamente conectado al Río Bravo/Grande, al que descargaba por ambas márgenes, por lo que no había circulación subterránea a través de la frontera. Al incrementarse la explotación del acuífero en ambos países, se abatieron los niveles del agua subterránea y el acuífero se desconectó del río, que ahora alimenta al acuífero por infiltración a lo largo de su cauce. Con ello se ha incrementado ligeramente el volumen renovable de agua subterránea.

Desde hace unas tres décadas, la porción mexicana del acuífero está sometida a sobreexplotación (recarga media menor que la extracción media a largo plazo); la diferencia está siendo captada del almacenamiento no renovable del acuífero, lo cual ha originado extensos conos de abatimiento en la zona urbana de Ciudad Juárez y El Paso y en la primera unidad del distrito de riego Valle de Juárez. A mediano plazo se espera cierto incremento de la recarga por infiltración de agua residual en la ciudad, al incrementarse el suministro desde el bolsón de La Mesilla.

La calidad del agua de la porción dulce del acuífero se está deteriorando gradualmente debido a que el bombeo ha inducido la migración del agua salobre o salada adyacente o subyacente, y a la carga contaminante aportada por la infiltración de los excedentes de riego y el agua residual procedente de los desarrollos urbanos, industriales y agrícolas. Aparte de un incremento de la salinidad total, se ha identificado contaminación microbiológica y presencia de elementos químicos disueltos en el agua en concentraciones mayores que las normas permisibles para el consumo humano.

3.3 Otras fuentes de agua

Una fuente complementaria de agua superficial para el abastecimiento de la población es el Río Bravo/Grande, aunque su escurrimiento está contaminado por la descarga de aguas residuales y depende en magnitud de las variaciones de la precipitación pluvial. Para satisfacer el incremento de la demanda de agua para uso público urbano, se

contemplan: la potabilización del agua superficial que corresponde a México para abasto de Ciudad Juárez, que en sustitución entregaría su agua residual tratada para riego; la importación de agua desde cuencas adyacentes, como el Bolsón de La Mesilla; la desalación de agua a mediano plazo, y la recarga artificial de agua de lluvia en la sierra de Juárez. De manera similar, EUA menciona como fuentes alternativas el agua superficial del río, la transferencia de agua subterránea de otras cuencas y la desalinización del agua salobre.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

En la última década ocurrió una sequía severa de varios años, en que la precipitación anual fue menor que la media (200 mm/año). Este régimen de lluvia implicó variaciones en el escurrimiento y en la recarga del acuífero. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración.
EUA menciona que el registro más bajo de lluvia fue en el año 2003 con 3,5 in., mientras que el registro de precipitaciones más alto fue en 2006 con 18 in.; durante las inundaciones, el sistema acuífero recibió aportes por infiltración desde el río y de los estanques de retención.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

A mediano o largo plazo, los pronósticos meteorológicos indican que en esa región de México aumentará la temperatura y disminuirá la precipitación pluvial a causa del cambio climático, con lo cual se reducirá la disponibilidad del agua superficial y subterránea y ésta sufrirá un mayor stress hídrico.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías han tenido un impacto negativo directo sobre la recarga del acuífero. Esporádicamente, se han presentado inundaciones en la zona urbana de Ciudad Juárez como consecuencia de lluvias torrenciales en la sierra adyacente. Durante estos eventos, el acuífero recibe recarga adicional por infiltraciones a lo largo del río y por el almacenamiento en zonas de inundación.

Durante la sequía, el riego agrícola aumenta y hay menos infiltración en el acuífero de la red de riego, el drenaje de agua de mala calidad provoca el deterioro de la calidad del agua del acuífero somero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Durante las sequías, la extracción de agua autorizada es comúnmente rebasada por los usuarios, disminuyendo la infiltración hacia el acuífero procedente de la red de canales para irrigación.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Cuadro 15N/2:Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Estados Unidos	Productivas (Agrícola) Tierras Naturales Urbana Acuática (limitada)	Tierras naturales en tierras altas (norte). Llanuras de inundación en tierras bajas (sur).
México	Las principales unidades de paisaje son el desierto arenoso, matorrales, pastizales, zonas agrícolas y zonas urbanas	La cobertura natural del terreno era de suelos desnudos, arenosos y salitrosos.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los usos actuales del suelo son urbano-industrial y agrícola en el valle; mientras que en el resto se mantiene la cobertura natural suelo natural (suelo desnudo y arenoso).

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En México, los principales cultivos del distrito de riego "Valle de Juárez" son: algodón, trigo, alfalfa, avena y cebada forrajeras, sorgo, maíz y hortalizas, en sistemas de cultivo de surcos y melgas. Los cultivos perennes son la alfalfa y los frutales**.**

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En México no se han establecido áreas naturales protegidas.

En EUA existe el Programa de Protección de Pozos aplicado por TCEQ (*Texas Commission on Environmental Quality)* y servicios de agua.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En territorio mexicano no existen ecosistemas importantes dependientes del agua subterránea. Originalmente, en las márgenes del río crecía vegetación ribereña que alojaba flora y fauna limitadas; ahora por el control del escurrimiento en presas y por el bombeo de pozos, ha mermado el caudal base del río y se ha deteriorado la calidad de agua dando lugar a la desaparición gradual de los ecosistemas. Se ha registrado una disminución del escurrimiento base del río, que ahora solo es sostenido por la descarga del sistema de drenaje del distrito de riego.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

México cuenta con un Plan Estatal de Desarrollo que incluye aspectos relacionados con el recurso hídrico, pero su contenido no es específico. En EUA continúa la urbanización, las tierras agrícolas decrecen y no existen planes binacionales.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas.

En México se está formulando un Plan de Manejo Integrado y un Reglamento de los Recursos Hídricos. En los Estados Unidos existe un proyecto para un plan análogo, formulado por parte de la ciudad de El Paso y el Estado de Texas (TWDB- *Texas Water Development Board*), que resalta la conservación del recurso y el uso de agua superficial. En el presente año, el gobierno de los EUA ha iniciado la exploración de los acuíferos transfronterizos que comparte con México.

El uso de las aguas subterráneas para contingencia de la sequía en la agricultura de riego y usos municipal e industrial, está contemplado.

En México, el Plan de Manejo Integrado que incluye acciones como: manejo de la demanda en todos los sectores, reuso, potabilización de agua superficial para consumo humano, intercambio de agua utilizada en la agricultura por agua residual tratada, conversión de cultivos, importación de agua y desalación, entre otras, proyectos que serán concertados con los usuarios del agua y con los demás actores involucrados en su manejo.

Según EUA se podría mejorar la recarga a través de estanques de detención o la recarga artificial.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 15N/3: Aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico está representado por el de las actividades productivas, principalmente la agricultura y la industria manufacturera, a las que se destina la mayor parte del volumen de agua. **EUA:** El valor de los beneficios económicos del uso del agua del sistema acuífero no ha sido analizado.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** Aunque también se utiliza en la agricultura la dotación de agua del Río Bravo que corresponde a México, la economía local depende en su mayor parte del agua subterránea. **EUA:** Los usos Municipal e industrial son altamente dependientes.

• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación por parte de México. **EUA:** Personas bajo el nivel de pobreza en el Condado de El Paso (TX): la estimación realizada en el 2004 es del 24,6 %. El ingreso medio de hogares es de US$ 32.000.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** El suministro de agua para consumo humano en las poblaciones sería más deficiente y la agricultura seguiría perdiendo su rentabilidad, al menos en los cultivos básicos. De hecho, esta es una situación que se ha venido dando a consecuencia del incremento de la salinidad del agua. **EUA:** Impacto adverso sustancial para todos los sectores de la economía.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Desde la década de los 80, se está llevando a cabo un programa binacional de intercambio de información sobre los acuíferos transfronterizos, con especial atención al denominado "Juárez-El Paso", un estudio binacional del mismo y numerosas reuniones entre delegaciones de ambos países para tratar diversos asuntos relacionados con los recursos hídricos. De todas formas, los modelos desarrollados son independientes y no existen intercambios mutuos en el manejo del sistema acuífero.

Actualmente, se contempla la forma de interactuar en la aplicación de los planes de manejo para que sean compatibles entre sí, con el objetivo común del manejo sustentable de la fuente compartida y la prevención de mayores efectos transfronterizos, y se ha incrementado la comunicación entre ambos países a través de la Comisión Internacional de Límites y Aguas. Se promueven programas de intercambio de información y de proyectos binacionales de interés común. Recientemente, se emitió una versión preliminar de un Proyecto de Ley sobre Acuíferos Transfronterizos y se acordó un programa binacional para ejecutar estudios de los acuíferos Bolsón del Hueco, San Pedro y Santa Cruz con recursos aportados por ambas partes.

9.2 Interés de los países por el uso del sistema acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

El interés sobre el sistema acuífero es de gran relevancia y ha cobrado mayor importancia conforme incrementa el stress hídrico en ambos países, a causa de su crecimiento demográfico y del esperado cambio climático, cuyos efectos parecen estarse ya presentando.

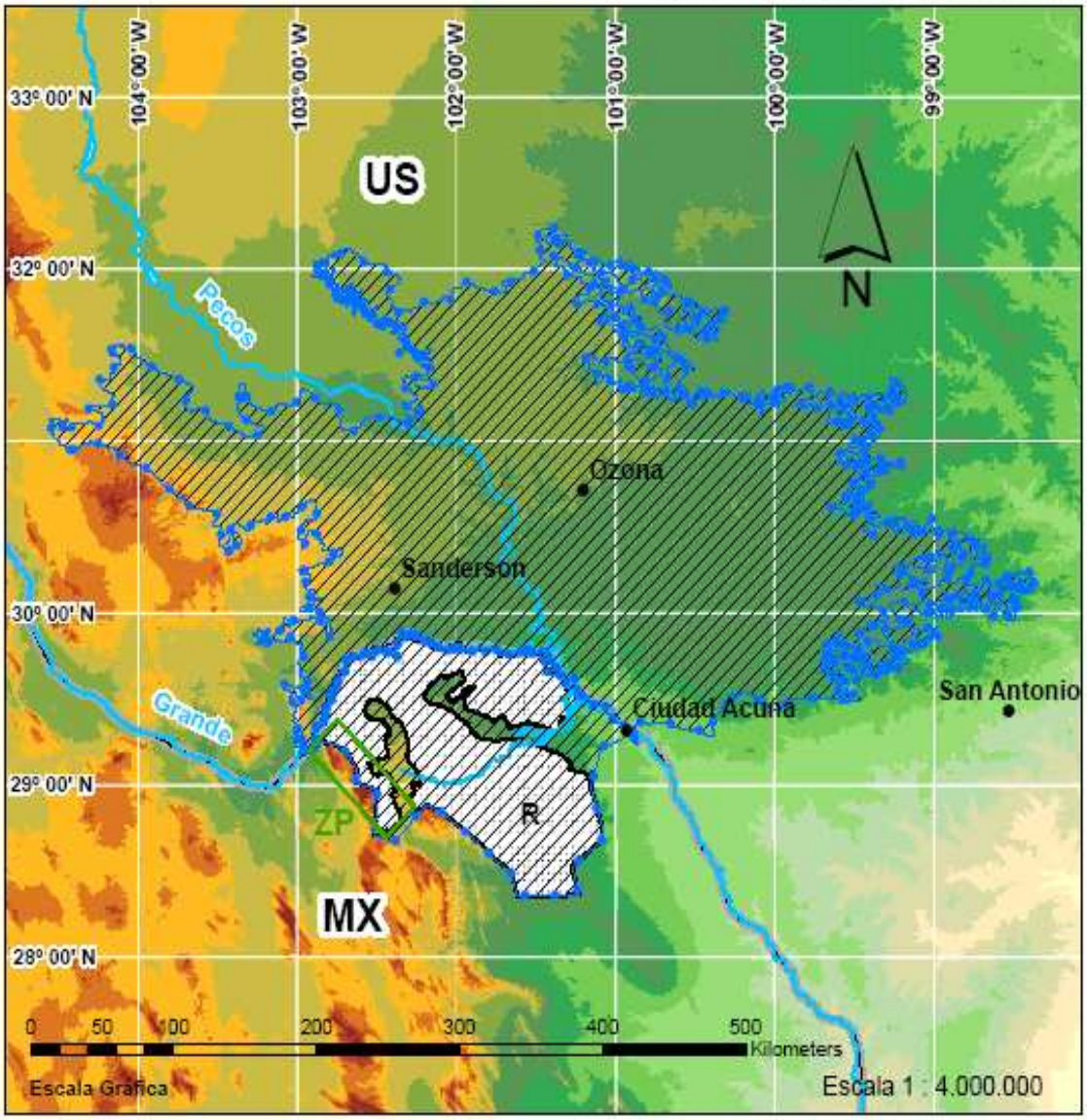
AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

EUA: Preparado con la colaboración de Ingrid Verstraeten, James Stefanov y Ann Ardis

Sistema Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro 16N MX-US

Mapa 16N/1 Ubicación



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	2000 - 2250
300 - 400	1750 - 2000
200 - 300	1500 - 1750
150 - 200	1250 - 1500
100 - 150	1000 - 1250
50 - 100	750 - 1000
0 - 50	500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
16N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

16N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO EDWARDS-TRINITY-EL BURRO
MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Edwards-Trinity-El Burro se extiende en la porción norte del Estado de Coahuila (México) y en la porción sur del Estado de Texas (EUA).

En extensas áreas de EUA aflora originando caudalosos manantiales y alimentando a pozos de alta producción; en territorio mexicano subyace a una importante secuencia de rocas sedimentarias marinas y continentales poco permeables.

Su extensión superficial en territorio de México es de unos 22.000 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero está constituido por rocas calizas de alta permeabilidad secundaria, sedimentos aluviales, rocas cristalinas metamórficas y volcánicas.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

La profundidad al nivel estático es muy variable, dependiendo de la unidad que se explote. Es común la existencia de acuíferos confinados que se manifiestan por la presencia de pozos surgentes.

La altitud general de la superficie potenciométrica en las áreas de San Antonio y Austin oscila entre menos de 150 metros sobre el nivel del mar en el Río Colorado a más de 330 metros sobre el nivel del mar en los condados de Uvalde y Kinney.

1.4 Zonas de recarga

Las rocas calizas que afloran en las sierras que delimitan el acuífero, son las principales receptoras de recarga. Actualmente se realiza un estudio hidrogeológico de evaluación para estimar su magnitud.

La recarga del acuífero es generalmente por la precipitación directa sobre la superficie de la tierra. El agua es mayormente no confinada en las partes someras del sistema acuífero y es confinada en las zonas más profundas. La cantidad de recarga y descarga varía sustancialmente de condado a condado en la zona debido a factores tales como la topografía, características de flujo, tipo de suelo, geología, fallas, disolución de grietas, distribución de las precipitaciones y los patrones de uso de la tierra. Alrededor del 70% del total de la recarga del acuífero Edwards se produce en los condados de Kinney, Uvalde y Medina.

1.5 Explotación y caudales

La explotación actual del acuífero Edwards-Trinity en territorio mexicano es muy incipiente: 10 hm^3/año. En EUA es mucho mayor (72 hm^3 /año) y varios usos compiten

por el agua del acuífero, incluyendo abastecimiento público e industrial, agricultura, turismo, y los ecosistemas asociados a los manantiales y los sistemas manantial-río. Durante 1985 en los condados de Uvalde y Medina, las extracciones, que eran en su mayoría para el riego, alcanzaron un total de alrededor de 0,53 millones y 0,2 millones de m^3/día, respectivamente.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 16N/1: Datos de población

	México	*Estados Unidos*
• **Total:**	110.614 habitantes	49.000 habitantes (solo 4 condados fronterizos)
• **Urbana y principales ciudades:**	108.159 hab. (97,8%)	44.100 hab. (90%)
• **Proyección (U) al 2030:**	149.194 hab.	
• **Rural:**	2.455 hab. (2,2%)	4.900 hab. (10%)
• **Proyección (R) al 2030:**	3.386 hab.	
• **Población indígena estimada:**	604 hab. (0,55 %)	392 hab. (0,8%)
• **Población en zonas de recarga:**	644 hab.	
• **Población en zonas de descarga:**	109.970 hab.	

2.2 Usos

En México los usos para riego y doméstico se reparten la totalidad del volumen anual extraído siendo:

- Riego = 8,7 hm^3 (87 %)
- Doméstico = 1,3 hm^3 (13 %)

Mientras tanto en EUA, la estimación indica que las agroindustrias consumen más de un 75%, y el restante 25% es utilizado en actividades tales como: municipal, minería, energía y cría de ganado.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad del agua que contiene varía en el área, entre agua dulce en las áreas donde aflora o se encuentra cerca de la superficie del terreno, y agua salobre o salada en las porciones profundas del acuífero, dependiendo de la composición de las rocas que constituyen los acuíferos y del tiempo de residencia del agua en el subsuelo.

Aunque la calidad del agua es típicamente de dureza elevada, es también generalmente dulce, con excepción de áreas en la región Trans-Pecos, donde las aguas subterráneas de sedimentos evaporíticos pérmicos y/o salmueras de campos de petróleo son capaces de mezclarse con las aguas subterráneas del Sistema Acuífero Edwards-Trinity. La calidad del agua también se ve afectada por la recarga inducida por pérdidas del Río Pecos. Al este del Río Pecos, salmueras de campos de petróleo y escorrentía agrícola tienen un efecto significativo sobre la calidad de las aguas subterráneas de la parte norte del Acuífero Edwards-Trinity.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

No se han identificado problemas de calidad en el agua subterránea de los pozos y manantiales que se explotan en la región.

En territorio mexicano se esperan un decremento de la recarga del acuífero, derivado del cambio climático.

Bastante constante, excepto en el norte y el altiplano occidental donde se ha producido la tendencia general a la disminución de los niveles de agua. En general la calidad de agua del acuífero se mantiene para uso potable, pero con alto STD y salmueras de campos petroleros en la porción norte.

3.3 Otras fuentes de agua

En México no existen fuentes alternativas de abastecimiento. Por su parte EUA menciona que se podrían utilizar acuíferos aluviales poco profundos y/o agua superficial, como por ejemplo el Reservorio Amistad ubicado en las cercanías del Río Texas.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

El valor de la precipitación media anual es de 400 mm, y no se han registrado variaciones. Las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración. Las tasas de evaporación son altas en toda la meseta en general y varían en un rango entre 1.090 mm en el este a 2.030 mm en el oeste. Las sequías son comunes en la Meseta Edwards, con alrededor de 10 sequías de moderadas a severas en los últimos 100 años.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Actualmente no se prevén cambios en el régimen de lluvias en México. La región se caracteriza por condiciones de escasez. La actual sequía que se inició durante la segunda mitad de los años 1990 podría reemplazar el record de 1950.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías tienen un impacto directo en las regiones áridas y semiáridas de México, ya que en ellas la fuente principal de abastecimiento es el agua subterránea. Por su parte

EUA menciona la existencia de 12 estrategias de gestión de aguas para la región que se pueden clasificar en tres categorías generales: la conservación, las aguas subterráneas y las superficiales.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Se aplica en México una extracción adicional a la autorizada para atender la situación de emergencia, sin que hasta el momento haya sido necesario perforar nuevos pozos.

La región está haciendo un esfuerzo concertado para la conservación del agua en sistemas de riego a través de sistemas manejo más eficiente de cultivos, programas de riego sensibles al horario y el uso de baja presión en sistemas de riego.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En México, las principales unidades de paisaje son el bosque, pastizales, matorrales, cuerpos de agua y zona urbana.

En EUA, 99% rural, compuesto por tierras naturales, y en menor medida la agricultura y la minería, la ganadería, la agricultura de riego, producción de petróleo y gas 1% de las zonas urbanas (Del Río, Texas).

Sabana achaparrada con encinas-enebros-pastos en el norte y el este, y desierto con arbustos y matorrales en el suroeste. Salt Cedar (Tamarix spp.) el cual absorbe grandes cantidades de agua y genera grandes depósitos de sal y otras freatofitas cubren las corrientes de los valles, lo que contribuye a significativas cantidades de evapotranspiración.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

La cobertura y uso actual de la tierra está vinculada a las unidades de paisaje mencionadas en el párrafo anterior.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Además de los cultivos de maíz, trigo y algodón en Estados Unidos, se implementan los contratos de caza en alrededor de 300.000 hectáreas de tierra.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En México, existe un área natural protegida conocida con el nombre de “Maderas del Carmen”.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

El acuífero descarga de manera difusa a las formaciones subyacentes y finalmente hacia el cauce del Río Bravo/Grande.

Una descarga natural del Sistema Acuífero Edwards-Trinity ocurre principalmente en los manantiales, donde el nivel de agua intersecta cañones o la superficie topográfica proveyendo el flujo de base de los arroyos. Además, las freatofitas que se alimentan principalmente del agua subterránea y que se ubican a lo largo de los principales cauces de los arroyos, descargan el acuífero de forma natural a través de la evapotranspiración, donde la napa freática es lo suficientemente somera para la red de raíces. Los flujos inter-formacionales a partir de acuíferos mayores y menores hidráulicamente continuos también proveen una descarga natural en el Sistema Acuífero Edwards-Trinity, principalmente en las zonas sur y este del acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

No existe ningún plan de ordenamiento territorial en México.

En EUA existe el Plan de Agua de Texas (Texas Water Development Board), desarrollado en el 2007.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

No existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos para el sistema acuífero.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 16N/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola, sin que se conozca la cifra de su valor.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea, incluyendo en esta al agua descargada por los manantiales.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** Considerando al Río Bravo/Grande como el único que recibe aporte de aguas subterráneas, el impacto sería menor porque recibe aportaciones de otros acuíferos alojados en la franja transfronteriza.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

No ha existido ninguna interacción.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos porque la zona está poco poblada, tanto en los EUA como en México.

Existe en Estados Unidos el Programa de Evaluación de Acuíferos Transfronterizos, autorizado por el Congreso de Estados Unidos.

AUTORES Y FUENTES

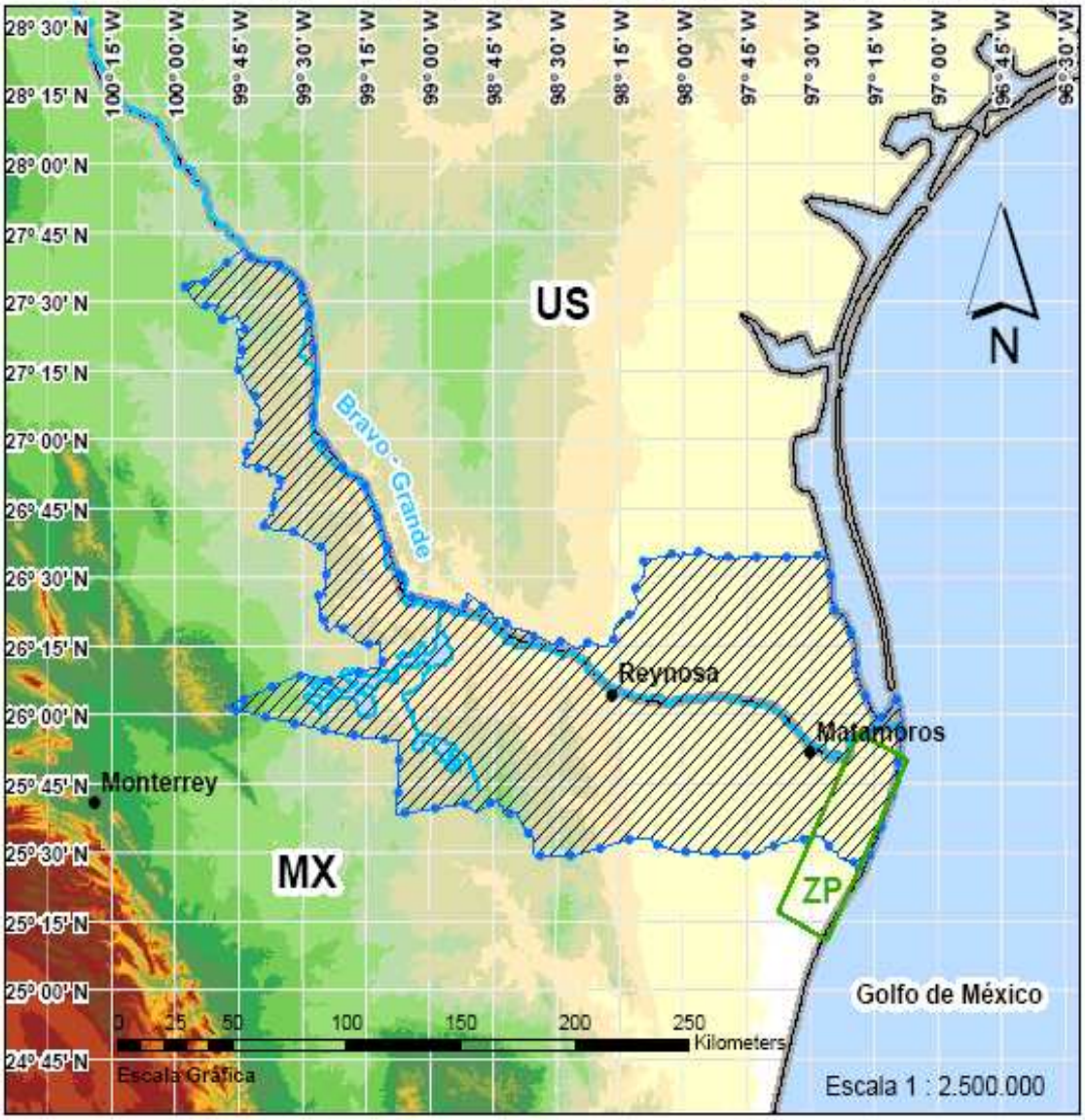
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

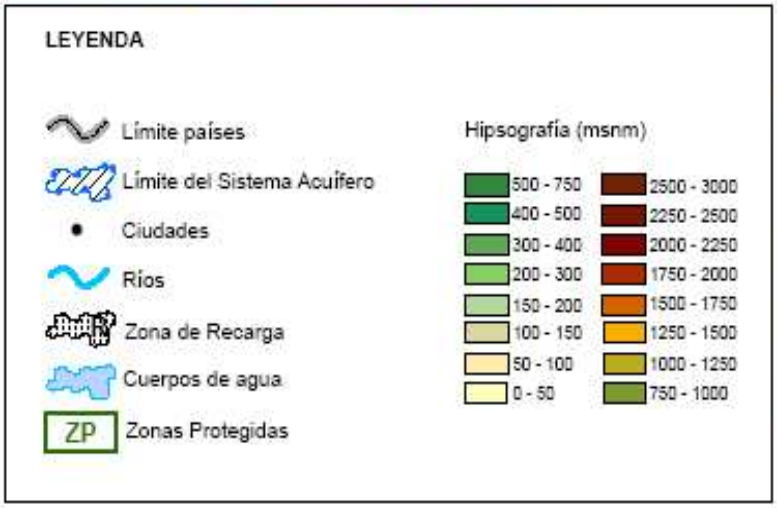
EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten y Ann Ardis - USGS

Sistema Acuífero Transfronterizo Cuenca Baja del Río Bravo-Grande

17N MX-US

Mapa 17N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





17N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CUENCA BAJA DEL RÍO BRAVO/GRANDE
MÉXICO- ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Cuenca Baja del Río Bravo/Grande se extiende en la porción norte de los estados de Coahuila y Tamaulipas (México) y en la porción sur del Estado de Texas (EUA), en la faja del Río Bravo/Grande comprendido entre la Presa Internacional Falcón y la desembocadura del río en el Golfo de México.

La extensión del sistema acuífero en México es de 17.500 km^2.

1.2 Características del acuífero

El sistema está conformado por numerosos acuíferos alojados en los depósitos fluviales del Río Bravo/Grande y sus afluentes principales. Estos acuíferos son de extensión superficial variada, espesor de unas cuantas decenas a varios cientos de metros y practicamente independientes entre sí. Los materiales que componen el sistema acuífero son variables e incluyen sedimentos consolidados y no consolidados, rocas ígneas y metamórficas. A profundidad se registran altas concentraciones de salinidad que superan las 5.000 ppm de sólidos totales disueltos (STD).

En México, la profundidad al nivel del agua subterránea varía desde algunos metros en la zona ribereña del Río Bravo, hasta los 50 metros, con tendencia creciente hacia los flancos montañosos. La recarga de la porción mexicana de los acuíferos depende en buena parte de la variación de los caudales conducidos por el río, de la recarga inducida en el distrito de riego y de la precipitación media anual. El valor de la recarga media anual se estima en 198 hm^3/año.

La explotación del acuífero en territorio mexicano es del orden de 26 hm^3 por año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción mexicana está estimada en unos 1.373.531 habitantes según datos de 2005, de los cuales el 89,6% (1.230.351 hab.) integran la fracción urbana, concentrada en las dos principales ciudades: Reynosa y Matamoros.

La población rural corresponde al 10,4% restante (143.180 hab.) y la población indígena estimada es del 0,6% (8.099 hab.). Del total de la población del lado mexicano, el 15,5% se encuentra en zona de recarga y el 84,5% restante en zonas de descarga.

En cuanto al sector correspondiente a EUA, la población estimada es de 1.200.000 habitantes con un 0,5% de población indígena.

2.2 Usos

En México, el agua extraída de los acuíferos (25,8 hm^3/año) se distribuye por usos como sigue:

- Riego = 18,6 hm^3 (72%)
- Doméstico = 0,4 hm^3 (1,7%)
- Industrial = 3,8 hm^3 (14,7%)
- Público-urbano = 3,0 hm^3 (11,6%)

Mientras tanto en EUA se indica que el consumo total de agua es de aproximadamente $2x10^9$ m^3/año, siendo que el riego agrícola consume aproximadamente $3x10^7$ m^3/año y el consumo para uso municipal es de aproximadamente $1x10^7$ m^3/año (no se aclara cuales son los usos restantes).

Además se hace notar que aproximadamente el 2% del total de abastecimiento de agua es en base a agua subterránea.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

El acuífero tiene calidad apta para consumo humano y riego solo en la faja fluvial del Río Grande/Bravo, en el resto de la planicie costera el agua subterránea es salobre o salada con concentraciones crecientes conforme aumenta la profundidad. La salinidad total, en general es mayor que 1.000 mg/l y en áreas extensas supera los 3.000 mg/l.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

No se han registrado variaciones importantes de la recarga de agua. En cambio, si se ha identificado un incremento gradual de la salinidad en las zonas agrícolas debido a la infiltración de los excedentes de riego, así como contaminación en las zonas urbanas provocada por infiltración de aguas residuales no tratadas. A pesar de que el agua es salobre, se tiende a incrementar la extracción de agua en territorio mexicano con fines de desalación para usos municipal e industrial.

EUA hace referencia a la ocurrencia de boro en toda la extensión del acuífero.

3.3 Otras fuentes de agua

Se contempla la explotación creciente del agua salobre y la construcción de un acueducto para importar agua superficial aguas arriba de esta zona.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

El valor de la precipitación media anual varía en el área entre 450 y 600 mm/año, con fluctuaciones poco significativas de un año a otro en los últimos 30 años.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La recarga natural se supone más o menos estable en el largo plazo; en cambio, la recarga incidental generada por los retornos de riego puede presentar variaciones anuales asociadas con la disponibilidad de agua superficial y con el manejo del agua en el distrito de riego.

Según las proyecciones meteorológicas, se espera una disminución de la precipitación a largo plazo derivada del cambio climático.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías son frecuentes en esta región y tienen implicaciones en el abastecimiento de agua potable, en la agricultura y en la ganadería. El acuífero aluvial, se enriquece durante períodos húmedos y de precipitación normal, y pierde durante los períodos de sequía.

No se conoce ningún tipo de plan de desarrollo.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En general, no se registran en la porción mexicana fenómenos hidrológicos extremos, con excepción de esporádicas lluvias extraordinarias asociadas con huracanes, mientras que EUA indica que no realiza un uso diferente a lo normal.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje son las zonas agrícolas, las tierras naturales, pastizales, cuerpos de agua, planicies de marea y las zonas urbanas, siendo la cobertura natural original compuesta por pastizales, bosques ribereños, matorrales espinosos de tierras altas y bosques espinosos.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En México, los principales usos y coberturas del suelo son las zonas agrícolas, los cuerpos de agua, pastizales, tierras naturales y la zona urbanas.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En México, los principales cultivos de los dos distritos de riego son sorgo, maíz, algodón, frijol, soya, girasol, trigo, avena, melón, sandía y hortalizas, todos ellos en sistemas de cultivo de surcos y melgas. Los cultivos perennes son naranja y nogal.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Cuadro 17N/1: Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Estados Unidos	1. Lower Río Grande Valley National Wildlife Refuge and Wildlife Corridor. 2. Laguna Atascosa National Wildlife Refuge 3. Santa Ana National Wildlife Refuge 4. Sabal Palm Audubon Center and Sanctuary 5.Bentsen-Río Grande Valley State Park
México	"Laguna Madre y Delta del Río Bravo" "El Sabinal"

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En México, los ecosistemas que dependen del agua subterránea son: Río Bravo, Laguna Madre y humedales en la desembocadura del Río Bravo. Entre las presas y la frontera internacional, el Río Bravo/Grande recibe escurrimiento generado por retornos de riego y descargas de agua subterránea natural que mantienen un flujo base y escasa vegetación ribereña; este caudal ha disminuido a causa de la extracción de agua del subsuelo en la faja fluvial.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En México se dispone de un Plan Estatal de Desarrollo que incluye algunos aspectos relacionados con el agua, aunque en forma poco precisa. No existe un plan de ordenamiento territorial propiamente dicho.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En México, no existe un plan de manejo de las aguas subterráneas, pero se tiene en proceso el establecimiento de un ordenamiento legal que regulará la extracción de agua subterránea. El reglamento contemplará la captación de agua salobre con fines de desalación, el uso conjunto de agua superficial y subterránea, y el control de la extracción de agua en la faja fluvial.

En EUA existe un Proyecto de Ley del Senado de Texas: Plan Regional de Agua - Región M, que incluye los recursos de aguas subterráneas. (http://www.riograndewaterplan.org/).

Algunos aspectos están siendo implementados (desalinización, conservación del agua, presa de Río Grande).

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 17N/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola de los distritos de riego 025 "Bajo Río Bravo" y 026 "Bajo Río San Juan" El valor de la producción para un año agrícola es de aproximadamente US$ 85.000.000.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de presas, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende en gran medida de la explotación del agua subterránea. **EUA:** Alta dependencia de agua superficial.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación. **EUA:** Muy poco uso doméstico del acuífero debido a la mala calidad del agua en la zona fronteriza.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada. **EUA:** La interacción entre el agua superficial y subterránea está aún muy poco conocida.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Dentro de los programas de la CILA se incluye el intercambio de información sobre el acuífero compartido. No hay un acuerdo específico sobre el manejo del acuífero, aunque existe un Acta de la CILA que dispone la consulta recíproca respecto a nuevos proyectos de desarrollo.

Existe fuerte competencia por el agua superficial entre los países, aunque está regulada por un Tratado Internacional. En México, grupos de usuarios promueven el incremento de la extracción de agua para todo uso, argumentando que en EUA el acuífero se explota en forma intensiva con fines de desalación.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Hasta ahora la presión hídrica ha estado concentrada en las aguas superficiales, sin embargo a mediano plazo se espera un incremento de la explotación de este acuífero.

Es necesario cuantificar el aporte del acuífero hacia el Río Bravo y acordar esquemas de uso conjunto aguas superficiales/aguas subterráneas. Un incremento importante de la extracción de agua subterránea podría provocar que los acuíferos se desconecten del río, incrementando con ello la infiltración en su cauce a costa de una mayor reducción de su caudal base.

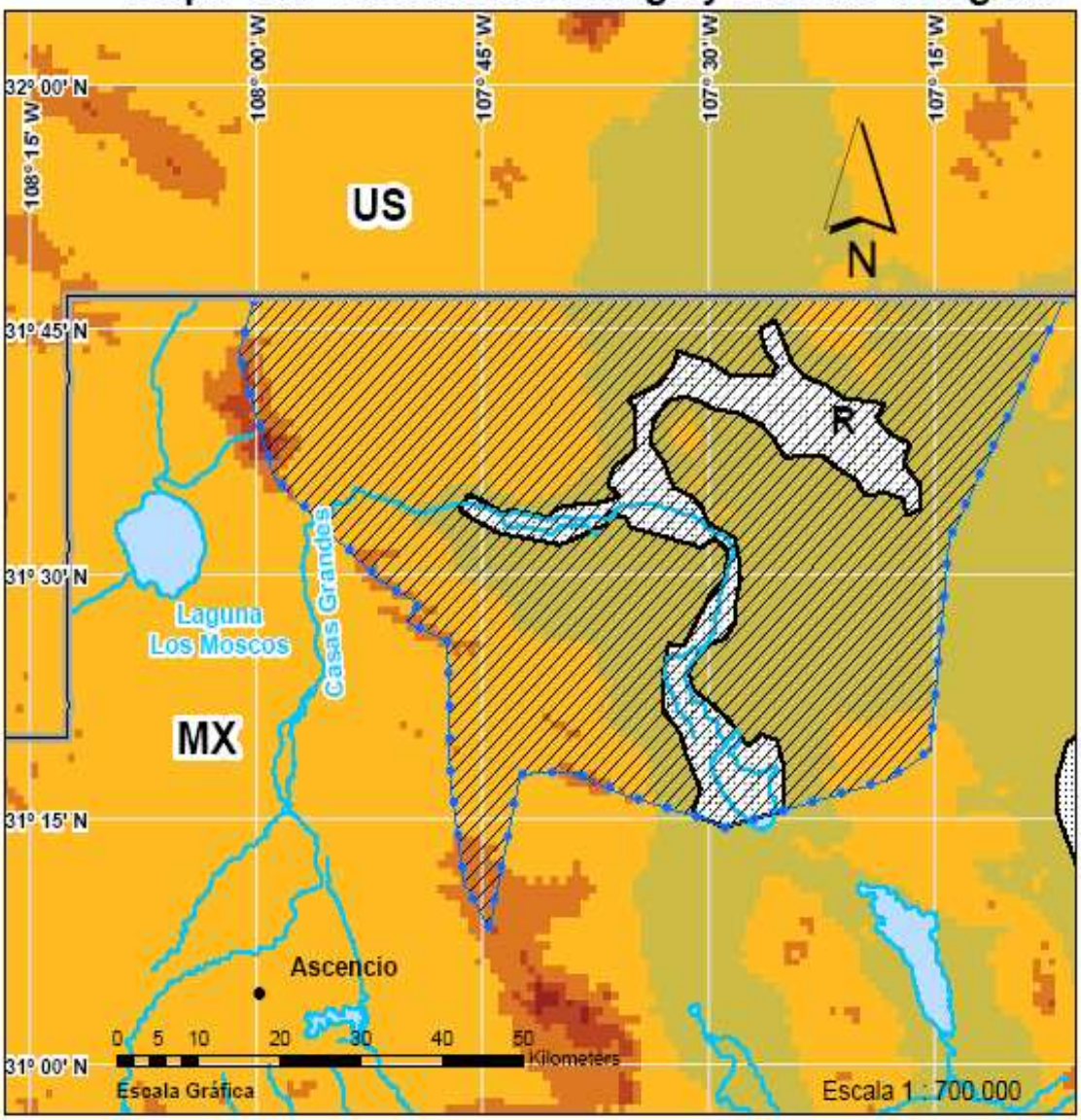
AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

EUA: Preparado con la colaboración de: Ingrid Verstraeten y Ann Ardis

Sistema Acuífero Transfronterizo Mimbres-Las Palmas 18N MX-US

Mapa 18N Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250

UBICACIÓN GENERAL
18N MX-US

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

18N-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CUENCA MIMBRES-LAS PALMAS
MÉXICO-ESTADOS UNIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo se extiende en el Estado de Chihuahua (México) y en el Estado de Nuevo México (EUA). Tiene una extensión total de 15.188 km^2, correspondiendo 11.422 km^2 a EUA y 3.766 km^2 a México. La población aproximada es de 10.000 habitantes en México y de 27.000 habitantes en EUA.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero tiene su ocurrencia en una cuenca de drenaje cerrada. La principal unidad de producción de agua en la Cuenca Mimbres, suroeste de Nuevo México, varía en un rango de espesor de 0 a unos 1.130 metros (Hanson et al, 1994, Heywood, 2002). La recarga al sistema acuífero se produce por infiltración de arroyos efímeros que cruzan el margen de la cuenca, por la infiltración de la precipitación, por el flujo de agua subterránea de cuencas adyacentes, y flujos de unidades de rocas adyacentes dentro de la cuenca.

El agua subterránea generalmente fluye hacia el sur, desde las zonas altas del norte de la cuenca. La descarga de agua subterránea se compone de bombeo de los pozos, transpiración de las plantas, la salida a playas y manantiales de la Cuenca de Los Muertos en México, descarga al Río Mimbres, y flujo a la Cuenca Mesilla cerca de Mason Draw.

Antes de 1910, la recarga y descarga del agua subterránea era aproximadamente igual; a partir de 1975, alrededor del 75 % de los $18x10^7$ m^3 extraídos al año fue de aguas subterránea, en su mayoría del almacenamiento del acuífero.

La transmisividad del sistema acuífero fue determinada mediante tests de acuífero y datos de capacidad específica y oscila entre los 1 a 4.645 m^2/día. La conductividad hidráulica, calculada a partir del espesor saturado y la transmisividad va desde 0,01 a 245 m/día, con valores medios de unos 18 m/día en el área de Deming y 2 m/día en otros lugares.

Los valores reportados del coeficiente de almacenamiento en las partes confinadas del acuífero varían de 0,00036 a 0,0036, y en las partes no confinadas van desde 0,02 a 0,24. El desarrollo del agua subterránea entre 1930 y 1985 fue simulado utilizando los valores del coeficiente de almacenamiento de 0,01 y 0,02 para el Conglomerado Gila, 0,04 a 0,17 para los depósitos de bolsón, y 0,001 para los depósitos de bolsón cubiertos por arcilla lacustre. La simulación del balance de agua en estado transitorio indicó que la mayor parte del agua bombeada en 1985 procedía del almacenamiento y en menor cantidad provenían de reducción de la evapotranspiración.

La única salida por abajo de la Cuenca Mimbres, excepto el flujo hacia México, puede ser en el área de Mason Draw donde los datos del nivel de agua son cuestionables.

En México, el acuífero está constituido por un medio granular integrado por gravas, limos y arenas de origen fluvial y lacustre distribuidos en los valles y llanuras que conforman el bolsón, y un medio fracturado constituido por rocas ígneas extrusivas, con estructuras secundarias que les confieren alta permeabilidad, conglomerados y calizas con alto grado de fracturamiento. El acuífero es de tipo "libre", de permeabilidad alta a baja y gran capacidad de almacenamiento. El espesor del acuífero varía de 0 a 1.100 m.

La recarga del acuífero ocurre principalmente por las entradas subterráneas provenientes de los frentes montañosos y de acuíferos adyacentes, mientras que la infiltración a partir de la precipitación en el valle y de las corrientes superficiales es practicamente nula, debido a la reducida precipitación y la elevada evaporación en la zona. La transmisividad del acuífero granular varía de 1×10^{-5} a 5×10^{-2} m^2/s. La conductividad hidráulica varía de 1×10^{-7} a $2{,}8 \times 10^{-3}$ m/s.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Según México, la profundidad a los niveles freáticos varía en el área entre 10 m, en las zonas topográficamente bajas, a más de 100 m en algunas áreas, ocasionadas por el bombeo de los pozos.
En EUA, la profundidad varía entre 0 y 1.128 m, en función del relieve topográfico y de la distribución del bombeo de pozos.

1.4 Zonas de recarga

En EUA, la recarga ocurre a partir de la infiltración de la precipitación y del escurrimiento de ríos, y a lo largo de los frentes montañosos y desde acuíferos aluviales adyacentes. La recarga es de aproximadamente 9×10^7 m^3/año, el 2 % del promedio anual de la precipitación en la cuenca.

En México, la recarga natural tiene lugar principalmente en los flancos de las sierras que limitan al valle, mientras que la infiltración a partir del agua de precipitación y de los escurrimientos es insignificante.

1.5 Explotación y caudales

La Cuenca de Los Mimbres ha sido desarrollada extensivamente entre 1930 y 1975. El desarrollo de las obras de captación de agua subterránea ha sido tal que el 77 % del volumen de extracción ha provenido del almacenamiento, por lo que los niveles piezométricos se han abatido, y se ha reducido la evapotranspiración y la descarga hacia manantiales en México.

El desarrollo del agua subterránea en la cuenca se produjo en diferentes momentos y a diferentes tasas. Antes de 1960, la mayoría del desarrollo se encontraba en la parte central de la cuenca, mientras que el desarrollo del bombeo de agua subterránea en el norte y el sur de la cuenca fue producido en gran medida después de 1960.

La extracción total es de aproximadamente 29,5 hm^3/año en territorio mexicano y en EUA es de alrededor de $18x10^7$ m^3 anuales, aunque se estima que esa cantidad debe haberse incrementado en los años recientes.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 18N/1: Datos de población

	México	*Estados Unidos*
• **Total:**	10.000 habitantes (1998)	27.000 habitantes (1998)
• **Urbana y principales ciudades:**	Josefa Ortiz de Domínguez, General Rodrigo M. Quevedo (Puerto Palomas), Guadalupe Victoria	Deming, Silver City, Bayard, Central, Columbus
• **Rural:**	7.600 hab. (76%) (1978-1998)	14.850 hab (55%) (1978-1998)
• **Población indígena estimada:**		0%
• **Población en zonas de recarga:**	100%	98%
• **Población en zonas de descarga:**	0%	2%

2.2 Usos

Los usos del sistema acuífero se resumen en el cuadro a continuación:

Cuadro 18N/2: Uso Actual del agua del acuífero

	México	*Estados Unidos*
Agrícola	28,3 hm^3 (96,0 %)	77%
Publico- urbano	0,4 hm^3 (1,3 %)	3%
Doméstico-abrevadero	0,6 hm^3 (2,0 %)	3%
Industrial	0,2 hm^3 (0,7 %)	17%

El promedio de temporada de cultivo es de 197 días en Deming (de alrededor del 15 de abril al 29 de octubre). La temporada de cultivo es solo ligeramente más corta en Silver City donde el promedio es de 180 días (de alrededor del 27 de abril al 24 de octubre).

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad natural del agua subterránea en la porción mexicana está representada por agua dulce con concentraciones de sólidos totales disueltos menores a 1.000 ppm en las porciones con agua de reciente infiltración y agua salobre con concentración de sólidos

totales disueltos que excede el límite de 1.000 ppm, establecido por la norma mexicana para agua destinada al uso potable, en zonas cercanas a las lagunas o zonas antiguas de descarga de agua subterránea.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

El acuífero se caracteriza por sus condiciones de escasez y aridez extremas, ya que las lluvias son escasas, torrenciales y de corta duración. Sin embargo no se cuenta con información disponible para observar variaciones en el nivel piezométrico, ni en la disponibilidad de agua subterránea.

La calidad del agua en el norte y el centro de la Cuenca Mimbres es adecuada para la mayoría de los usos. Debido a su gran salinidad y alcalinidad, algunas de las aguas subterráneas en el sur y el sureste del acuífero tipo bolsón puede no ser adecuada para el riego o uso doméstico. La calidad del agua de la porción dulce del acuífero puede deteriorarse si se induce la migración de agua salobre.

3.3 Otras fuentes de agua

El acuífero es la única fuente de agua en la zona.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales en la zona del acuífero y su influencia sobre las modalidades de recarga

El clima en la Cuenca Mimbres es árido a semiárido caracterizado por la baja humedad; existe una gran variación diurna de temperatura y una precipitación controlada por la orografía. El choque de las masas húmedas en la Sierra Madre Occidental provoca que las precipitaciones en sus flancos sean altas, reduciendo su capacidad para producir lluvia hacia las zonas de planicie donde la precipitación es menor.

La temperatura media mensual en la ciudad de Deming, según datos de 1941-1970, varía en un rango de 5°C en enero, a 27°C en julio. En Fort Bayard, alrededor de 3 km al norte de Central, las correspondientes temperaturas varían entre 3°C y 22°C.

El promedio anual de precipitaciones en la cuenca oscila entre menos de 230 mm en el sur y más de 610 mm en Black Range. Las precipitaciones en invierno proporcionan desde alrededor de un cuarto hasta poco más de un tercio del promedio anual de precipitación.

Las precipitaciones que van de mayo a octubre están gobernadas por las masas de aire húmedo provenientes del Océano Pacífico, lo que deriva en tormentas dispersas de corta duración que pueden producir lluvias localmente intensas. La mayoría de esas lluvias ocurren en el período julio-septiembre (US. Weather Service, 1955-70). Por otra parte, en los meses de diciembre, enero y febrero, se generan precipitaciones por lluvia y nieve debido a la presencia de masas de aire frío provenientes del norte que al chocar con las masas de aire caliente existente en la zona, dan lugar a lluvias de baja intensidad, larga duración y amplia extensión.

En la última década ocurrió una sequía severa de varios años, en que la precipitación anual fue menor que la media (273 mm). Este régimen de lluvia implicó variaciones en el escurrimiento y en la recarga del acuífero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

A mediano o largo plazo, los pronósticos meteorológicos indican que en esa región de México y de los Estados Unidos aumentará la temperatura y disminuirá la precipitación pluvial a causa del cambio climático, con lo cual se reducirá la disponibilidad de agua superficial y subterránea, y ésta sufrirá un mayor stress hídrico.

Los cambios dependen en forma parcial de si la Oscilación Decenal del Pacífico negativa (ODP) continúa y permite al Sistema Monzón de América del Norte (NAMS) seguir el "camino" sobre el suroeste de Nuevo México o ser empujado más al este o al oeste. El NAMS ha ido cambiando en los últimos años.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

El suroeste de los Estados Unidos es susceptible a la variabilidad climática a partir de ODP, ENSO, así como NAMS. Cuando estos ciclos climáticos se sincronizan en una fase negativa, la probabilidad de sequía aumenta. Por el contrario, si son sincronizados en una fase positiva, la probabilidad de inundaciones se incrementa, como 1907, 1978, 1983, etc.

Las sequías tienen un impacto negativo directo sobre la recarga de los acuíferos en las regiones áridas y semiáridas de México, donde el agua subterránea es la fuente principal de abastecimiento.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En México, durante las sequías, la extracción de agua autorizada es comúnmente rebasada por los usuarios, para atender la situación de emergencia, sin que hasta el momento haya sido necesario perforar nuevos pozos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje son el desierto arenoso, matorrales, pastizales, zonas agrícolas, minería y zonas urbanas.

La cobertura natural del terreno era de suelos arenosos desnudos o con matorrales, vegetación desértica y halófila, así como zonas de descarga en llanuras de inundación con la presencia de humedales potenciales según México, mientras que EUA indica como cobertura natural al bosque, pastizales de desierto y mesquite (Prosopis sp.).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los usos actuales del suelo en México son: agrícola y urbano en algunas pequeñas comunidades; en el resto de la zona la cobertura sigue siendo suelo desnudo y arenoso, cubierto por matorral y vegetación desértica, mientras que en EUA se menciona como cobertura actual de la tierra a los bosques, desiertos, praderas y el mesquite.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En EUA los principales cultivos son la alfalfa, pastos, viñedos, huertos.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la porción mexicana no existen áreas naturales protegidas, mientras que en EUA la parte norte de la Cuenca Mimbres, en Black Range, es parte del Bosque Nacional de Gila y el área silvestre Aldo Leopold.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Las aves que tienen su ruta de vuelo a lo largo de Río Grande, también usan el curso superior del Río Mimbres. También hay tres especies de peces que se sabe que son nativos del Río Mimbres: Chihuahua Chub (Gila nigrescens), Río Grande Sucker (Catostomus (Pantosteus) plebeius), y la Extirpated Beautiful Shiner (Cyprinellaformosa). Las tres especies son también nativas de otros arroyos que drenan la vecina Cuenca de Guzmán, que es una indicación de que estas cuencas pueden haber estado hidrológicamente conectadas en el pasado.

Numerosos manantiales de agua caliente al norte de Deming, (NM) Ground-water underflow, una parte importante de la recarga del SAT a lo largo de la parte norte de la Fosa Mangas (Hanson et al 1994).

En México, los ecosistemas que pudieran recibir la descarga de flujos de agua subterránea son las Lagunas Palomas, Palmas, Los Juguetes, El Tascate y Polvaderones, en donde las aguas subterráneas y los esporádicos escurrimientos superficiales se concentran y sufren evaporación, generando suelos salinos e incremento de la salinidad del agua subterránea. Existen humedales potenciales en las zonas topográficamente bajas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

La iniciativa Active Water Resource Management (AWRM) fue lanzada en enero de 2004 en respuesta a las condiciones continuadas de sequía en el Estado de Nuevo México. La AWRM se refiere a las herramientas esenciales y los elementos necesarios

para que la New Mexico State Engineers Office gestione de forma activa los recursos hídricos limitados del estado.

Entre los sistemas de flujo identificados como de alta prioridad por la New Mexico State Engineers Office para el AWRM se incluye la Cuenca Alta del Río Mimbres.

La Cuenca Mimbres es una cuenca hidrogeológica cerrada desde 1976 en Nuevo México por declaración de la New Mexico State Engineers Office.

México: No existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de agua

En México no existe plan de manejo de recursos hídricos, mientras que en EUA se encuentran los mencionados en el párrafo anterior.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 18N/3: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico está representado por las actividades productivas, principalmente la agricultura, a la que se destina el 96 % del volumen de agua subterránea extraída. **EUA:** Beneficios por el uso del agua: minería/procesamiento de minerales, uso urbano y turismo (> US$ 2.700.000), agricultura, ganadería. Propuesta de arrendamiento de los derechos de agua de la cuenca superior del Río Mimbres a los usuarios de la cuenca baja (valor actual desconocido).
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** La economía local depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea. **EUA:** 100%. El acuífero es la única fuente, y fue declarado como una cuenca cerrada a nuevos aprovechamientos de aguas subterráneas y de superficie por el New Mexico State Engineer en 1976 (es decir, consignó plenamente los recursos hídricos, y no se permiten nuevos derechos de agua).
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación por parte de México, además la población es escasa.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** La producción agrícola se reduciría, se afectaría el abastecimiento para uso doméstico-abrevadero y el suministro de agua para el consumo humano en las poblaciones y para la industria sería afectado.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

No hay interacciones entre ambos países.

Los actuales o potenciales altos niveles de contaminación y alcalinización son preocupaciones y la reciente sequía ha puesto de relieve que la necesidad de la conservación del agua y la gestión conjunta de la misma son fundamentales.

México propone como forma de mejorar las interacciones fronterizas, la existencia de una mayor comunicación entre ambos países a través de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, así como la promoción de programas de intercambio de información y de proyectos binacionales de interés común.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

El incremento de la agricultura soportada por el bombeo de agua subterránea, el crecimiento del uso urbano y para el turismo, el crecimiento de la minería si el precio del cobre sigue en aumento, y el potencial geotermal, son intereses existentes por el uso del sistema acuífero.

AUTORES Y FUENTES

EUA: Preparado con la colaboración de: Hanson, R.T., McLean, J.S., and Miller, R.S., 1994, Hydrogeologic framework and preliminary simulation of ground-water flow in the Mimbres Basin, southwestern New Mexico

Fuentes: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigation Report 94-4011, 118p. (http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/wri/wri944011 Castañón Arcos

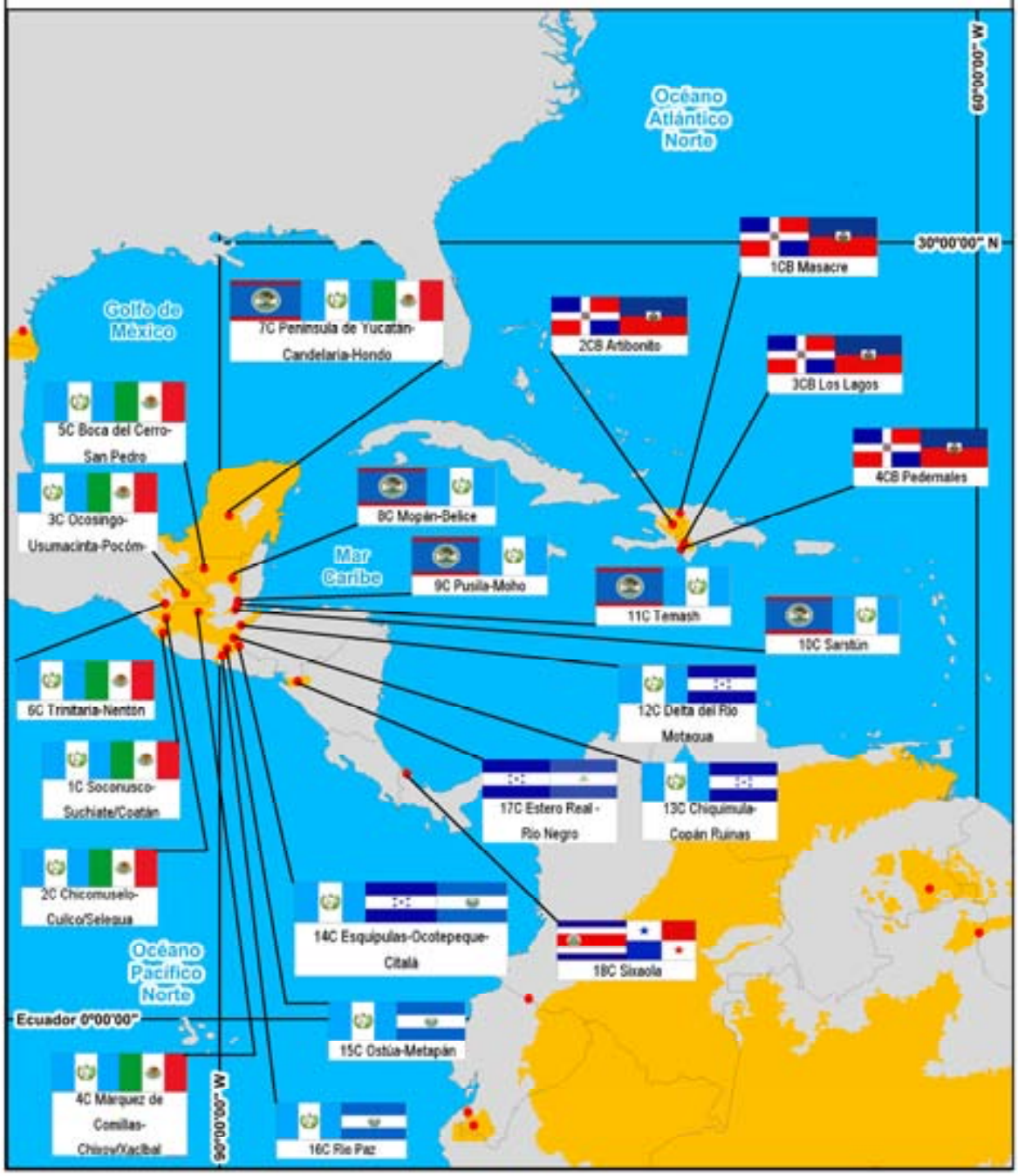
México: Preparado con la colaboración de: Rubén Chávez Guillén y Víctor M.

2. Sistemas acuíferos transfronterizos del Caribe

1CB – Masacre (Haití-Rep. Dominicana)
2CB – Artibonito (Haití-Rep. Dominicana)
3CB - Los Lagos (Haití-Rep. Dominicana)
4CB – Pedernales (Haití-Rep. Dominicana)

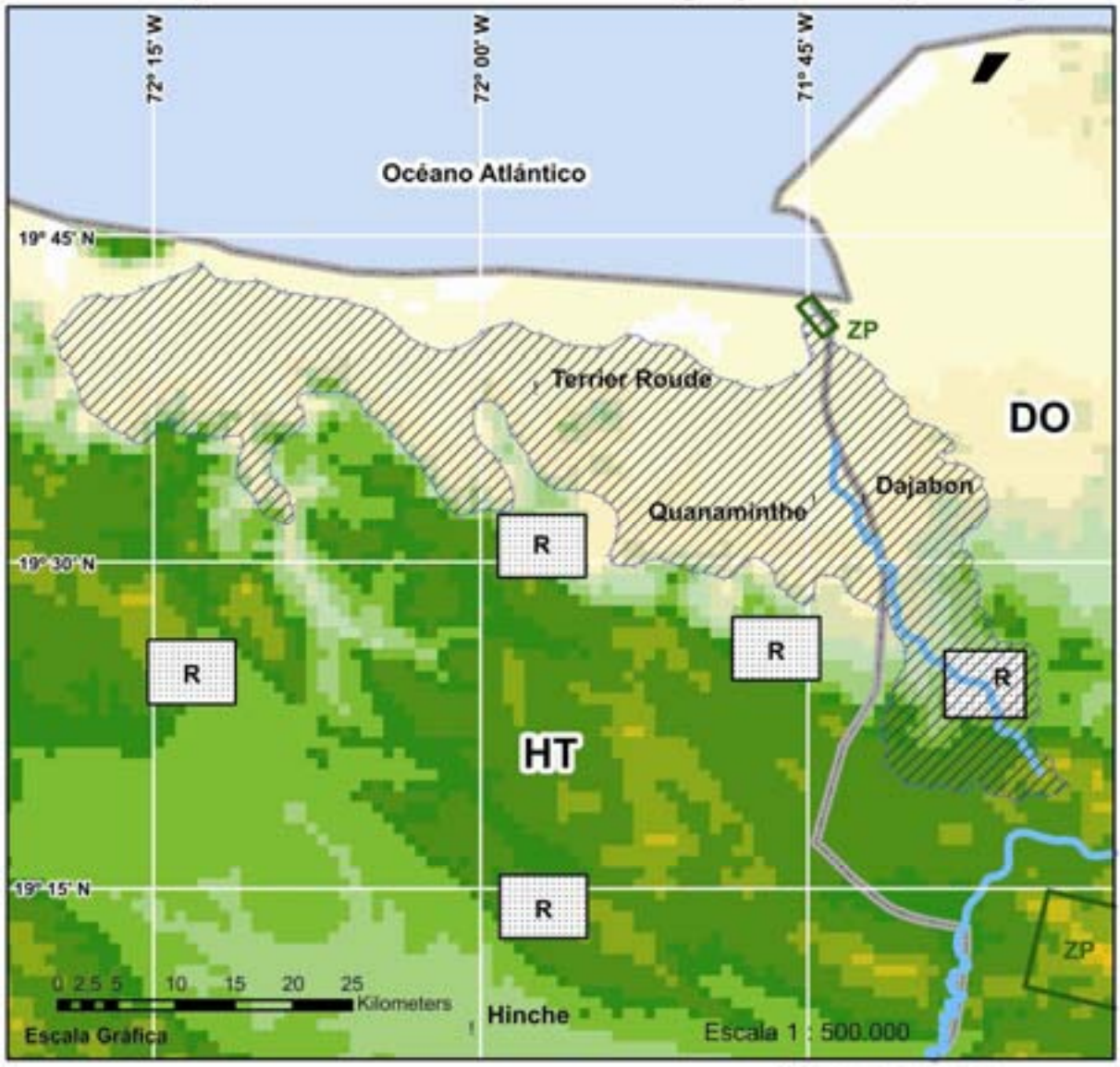
Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA CENTRAL Y CARIBE

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas



Sistema Acuífero Transfronterizo Masacre
1CB HT-DO

Mapa 1CB Ubicación-Recarga y Zonas protegidas



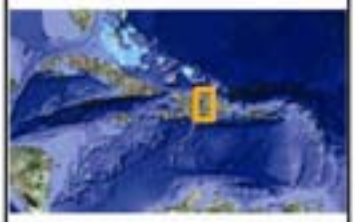
LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- R Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50

UBICACIÓN GENERAL
1CB HT-DO



Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

1CB SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO MASACRE REPÚBLICA DOMINICANA - HAITÍ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Masacre está ubicado en la Provincia Dajabón del lado dominicano y en el Departamento Nordeste del lado Haitíano, sobre un total de 1.447 km^2.

La extensión en la República Dominicana es de 360 km^2 y en Haití es de 1.087 km^2.

1.2 Características del acuífero

Los tipos litológicos presentes están conformados por rocas sedimentarias y magmáticas, tales como: aluviones, materiales detríticos, andesitas y riodacitas, calizas, dioritas, tonalitas y rocas ultrabásicas. Según se expresa por Haití, las rocas presentes datan del Cretácico y el Cuaternario.

El sistema acuífero es de tipo libre o confinado, siendo que por las litologías presentes tenemos dentro del sistema, acuíferos aluviales semipermeables y cautivos, acuíferos aluviales libres, acuíferos porosos y carbonatos fracturados muy permeables y acuíferos kársticos.

El rango de espesor del acuífero va desde los 30 hasta los 1.000 m.

1.3 Zona de recarga

La zona de recarga se ubica en la subunidad hidrogeológica Jarabacoa-Las Placetas, en la porción correspondiente a la República Dominicana.

Según el Estudio Hidrogeológico Nacional, Rep. Dom. Fase II, 2004, el volumen total de recarga anual por infiltración de lluvia es de 26,1 hm^3/año en promedio y 40,0 hm^3/año en años húmedos; mientras que con referencia al volumen total de recarga anual por retorno de riego es de entre 2,6-3,4 hm^3/año.

1.4 Explotación

La explotación del sistema acuífero es media a alta, donde, según datos de la República Dominicana, (Estudio Hidrogeológico Nacional, República Dominicana Fase II, 2004) para este país la extracción urbana es de 7,68 hm^3/año, y la agrícola 11,36 hm^3/año.

2. USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

En la República Dominicana, los principales usos son el riego y la ganadería, mientras que para Haití los usos son riego, doméstico, industrial, y público-urbano.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Según República Dominicana, la calidad es en general buena, aunque en la evaluación de la misma solo se determinó la temperatura del agua, la conductividad eléctrica y el pH.

En Haití los únicos datos que se tienen es que la calidad es media, y con algún grado de contaminación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Los cambios percibidos en el acuífero del lado de República Dominicana muestran ligeras variaciones en los niveles freáticos (en el punto de referencia que presenta mayor variación, indica que se pasó de 2,36 metros en el año 2003 a 4,2 metros en el año 2008) y la calidad del agua (medidas de CE en µs/cm), a su vez reporta alguna contaminación bacteriológica (sin cuantificar) y salinidad de 0,6 g/l a 10 g/l.

En Haití, la disponibilidad de agua en cantidad y especialmente en calidad es muy variable en el espacio comprendido por el acuífero. Por ejemplo, en algunas zonas donde el agua subterránea es muy abundante, es practicamente inservible y consecuentemente, su consumo tiene serias complicaciones sanitarias. Uno de los problemas más graves observados, fue la alta tasa de salinidad en el agua y sus consecuencias en mujeres embarazadas y niños.

3.3 Otras fuentes de aguas

Haití presenta agua superficial, agua de lluvia, y otros acuíferos más profundos determinados recientemente y que aún no han sido descriptos (transfronterizos y nacionales).

Por su parte, en República Dominicana, como fuente alternativa se tiene el Río Masacre y la Laguna Saladilla.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En la República Dominicana (costa atlántica), las precipitaciones para la Cuenca del Masacre se mantienen en régimen muy poco variable con promedios entre los 1.300 y 1.500 mm/año, de este modo las estimaciones de recarga se mantienen con muy poca variación.

Haití presenta una cierta irregularidad en su régimen hídrico, y se reporta una disminución de la recarga del acuífero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La recarga en la parte de República Dominicana podría verse afectada por la disminución de la cobertura vegetal de la cuenca, y en gran manera por la deforestación y erosión de los suelos, ya que impediría un buen nivel de infiltración.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Según República Dominicana, el fenómeno de la sequía podría causar daños en la capacidad de recarga del acuífero ya que su principal aporte es el agua procedente de las precipitaciones y en menor grado las inundaciones.

Haití presenta riesgo de contaminación especialmente en el área kárstica, de igual forma no existe un plan para tratar este problema.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos.

República Dominicana considera que el acuífero podría ser utilizado en caso de un evento extremo (sequía), por medio de los pozos distribuidos en el área de la Cuenca del Río Masacre.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 1CB/1: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
República Dominicana	-Sistema Montañoso -Bosques	-Bosques -Mangles -Matorrales Secos
Haití	-Agricultura (35%) -Agricultura compatible (36%) -Agricultura no compatible (27%) -Acuáticas (0,55%) -Urbano (0,46%)	-Bosques -Árboles -Mangles en zonas costeras

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En República Dominicana, el uso principal de la tierra es para agricultura mixta, desde arroz, bosques de coníferas denso, bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado nublado, bosques seco, café, cultivos intensivos, escasa vegetación, mangles, matorral latifoliado, matorrales seco, y pasto.

Mientras que para Haití el principal uso principal es para agricultura, así como para instalaciones urbanas.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En República Dominicana, los cultivos mixtos ocupan 164 km^2, lo que representa un 45,56% del territorio. Le continúa el café, con 51,35 km^2 (14,26%) y por último el arroz con 0,006 km^2 (0,002%). Con respecto a Haití no se tienen datos numéricos con relación al área ocupada por los cultivos.

Cuadro 1CB/2: Principales cultivos o sistemas de cultivos

	República Dominicana	Haití
Cultivos	- Arroz - Cultivos Mixtos - Café	- Caña de azúcar - Café - Cacao

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

República Dominicana cuenta con el Parque Nacional Monte Cristi, mientras que en Haití no se indican zonas protegidas.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En cuanto a ecosistemas dependientes, referido a Haití existen lagos, arroyos, humedales, lagunas, plantas silvestres, además de algunas rutas de sobrevuelo de las aves. Para República Dominicana, por el contrario, solo existen ríos y lagunas. Conjuntamente para los dos países se encuentra el Río Masacre, como fuente de agua que recibe una importante descarga de agua subterránea.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas.

El Diagnóstico del Plan Hidrológico Nacional, 2007, de la República Dominicana, es un proyecto cuyo objetivo busca la optimización del uso y gestión de los recursos hídricos nacionales, inspirado de experiencias ejercidas por otras naciones. Está propuesto como el plan maestro a partir de donde se definirán los criterios, las prioridades, las metodologías y la planificación con los cuales se pretende realizar un aprovechamiento máximo y sostenible de los recursos hídricos del país.

Contempla controlar y ordenar los asentamientos humanos, la extracción de agua subterránea y cualquier actividad que cause daños a los recursos hídricos.

Referente a Haití no existe ningún plan de manejo para la zona, y por ende medidas.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 1CB/3: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**República Dominicana:** Producción agropecuaria y agua de mayor calidad.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**República Dominicana:** Agricultura, recursos naturales.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**República Dominicana:** El índice de pobreza para las poblaciones que habitan en la Cuenca del Masacre del lado de Republica Dominicana es de 76,8 %. Y el nivel de desempleo es de 24 %. **Haití:** Más del 50% (ingreso promedio menor a US$ 2)
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**República Dominicana:** La agricultura de la zona, ganadería y servicios de agua potable.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Existen algunos tratados y acuerdos entre ambos países:

1- Tratado de Límites Fronterizos, 21-01-1929
2- Tratado de Paz y Amistad, 15-02-1936
3- Protocolo Revisión Línea Fronteriza, 9-03-1936
4- Acuerdo Básico de Cooperación, 3-05-1979

Dentro del Acuerdo Básico de Cooperación, existe la Comisión Mixta Dominico-Haitíana.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Se ha implementado la realización de talleres y visitas a los dos países, tanto para República Dominicana como para Haití, desde el año 2004, para coordinación de Proyecto ISARM/GEF.

Existe además una colaboración binacional en la creación de un comité oficial cuyo fin es gestionar el uso de recursos hídricos de los acuíferos transfronterizos de la zona.

Como forma de fortalecer la interacción entre ambos países se propone por parte de Haití la creación de un comité oficial transfronterizo y la creación de un consejo

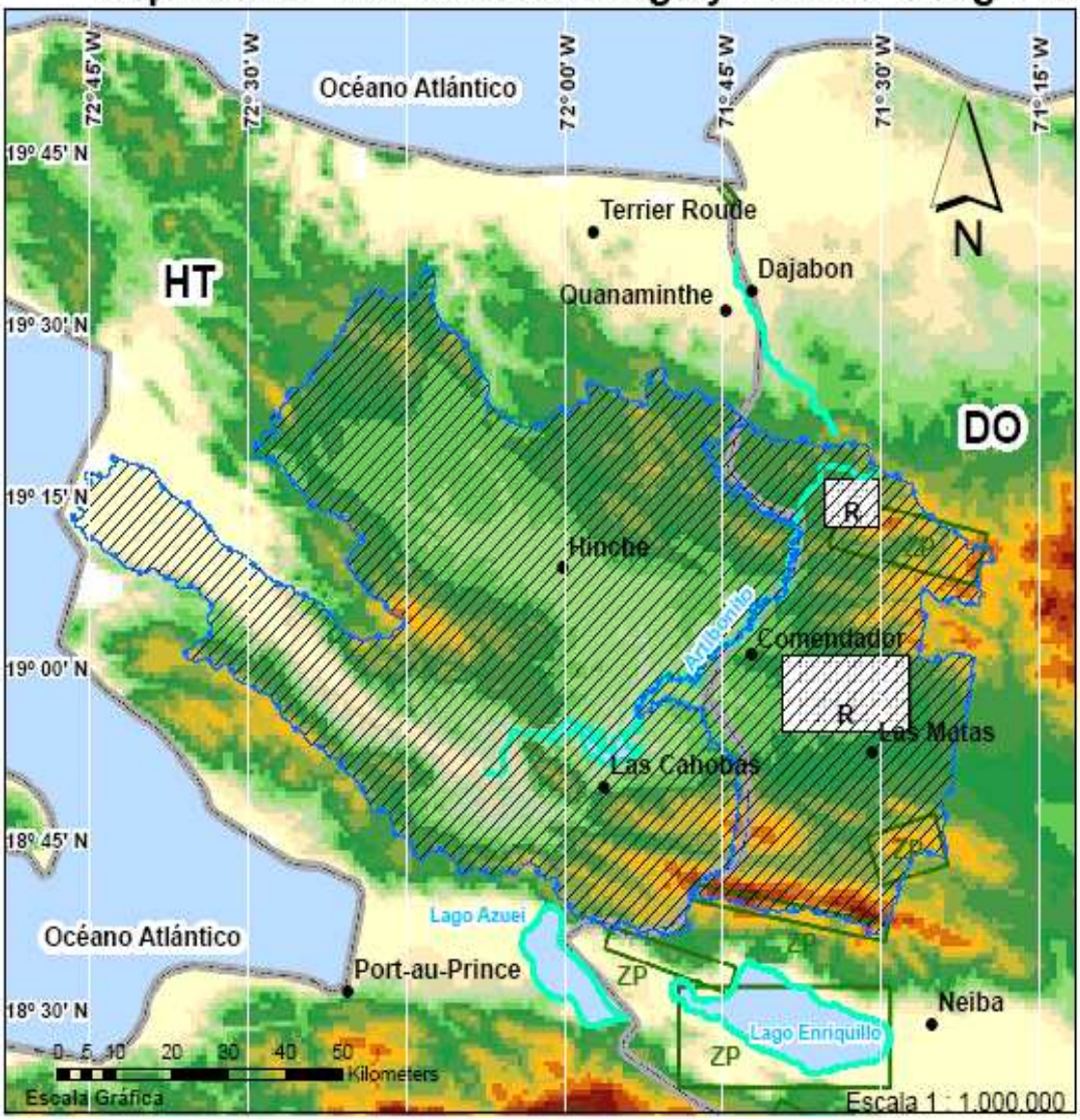
científico oficial transfronterizo, lo que va acompañado de la idea de colaboración binacional entre la República Dominicana y Haití para gestionar el uso de los recursos hídricos de los acuíferos transfronterizos, presentada por la primera.

AUTORES Y FUENTES

República Dominicana: Xiomara Lluberes Guerrero, Francisco T. Rodríguez y otros
Fuentes utilizadas: Estudio Hidrogeológico Nacional, Rep. Dom. Fase II, 2004.

Haití: Emmanuel Molière y otros
Fuentes utilizadas: Mapa Hidrogeológico de 1987

Sistema Acuífero Transfronterizo Artibonito
2CB HT-DO
Mapa 2CB/1 Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	2000 - 2250
300 - 400	1750 - 2000
200 - 300	1500 - 1750
150 - 200	1250 - 1500
100 - 150	1000 - 1250
50 - 100	750 - 1000
0 - 50	500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
2CB HT-DO

2CB SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ARTIBONITO REPÚBLICA DOMINICANA - HAITÍ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Artibonito está ubicado en la zona centro occidental de la República Dominicana y en el Valle de Artibonito en Haití, sobre un total de 11.115 km^2.

En República Dominicana la extensión es de 2.665 km^2 y en Haití la extensión es de 8.450 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero es de tipo libre y/o confinado, formado por sedimentos clásticos consolidados. Se destacan dos tipos principales de rocas:

1- Rocas porosas con importancia hidrogeológica alta a baja. Se presentan en acuíferos continuos de extensión regional a regional limitada, que son formados por sedimentos clásticos consolidados. Presentando una permeabilidad generalmente alta a mediana. Dentro de estas es posible encontrar materiales detríticos, variedad de calizas, con alta concentración de carbonatos, pudiendo considerarse parte del acuífero kárstico, los cuales presentan fisuras y porosidad alta, en donde se puede presentar el agua.

2- Rocas porosas, fracturadas, con poca importancia hidrogeológica. Se presentan en los acuíferos locales encontrados en capas finas o lentes arenosos, a veces calcáreos, libres. Constituidos por sedimentos clásticos no consolidados o consolidados. Presentan una permeabilidad muy baja. Así, de esta forma, es posible encontrar rocas del tipo riodacitas, basaltos, dioritas, tonalitas, como también volcano-sedimentarias.

El rango de espesor en estratigrafía viene definido así:

Era	Formación	Espesor
Cuaternario	Terrazas Fluviales	30m
Terciario Superior	Conglomerados Las matas	921m
	Arroyo Seco-Arroyo Blanco	372m
Terciario Inferior	Trinchera	1.598m
	Sombrerito	265m
	Neiba-Plaisance	455m

1.3 Zonas de recarga

Para República Dominicana, la tasa media de recarga es estimada en 150 mm/año (PLANIACAS, 1983). Se conocen datos de la subunidad hidrogeológica (Longaniza-Piedra Colorada) que abarca la zona de estudio del Río Artibonito, donde el volumen total de recarga anual por infiltración de la lluvia, en hm^3/año, es 280 para año húmedo y 110 para año medio. El volumen de recarga anual por retornos de riego, en hm^3/año, es 6,3-8,5.

Se tiene información de que uno de los sectores donde se producirán recargas por infiltración desde cauces superficiales son los ríos Joca y Artibonito, en el sector de Banica y Pedro Santana. Según Estudio Hidrogeológico Nacional Rep. Dom. Fase II, 2004.

1.4 Explotación y caudales

República Dominicana sostiene que el nivel de explotación es bajo, 20,51 hm^3/año, siendo la extracción para uso agrícola la más intensa, 10,75 hm^3/año, y la urbana 9,76 hm^3/año, considerando como área de estudio el Río Artibonito y la subunidad Longaniza-Piedra Colorada.

Referente a Haití el único dato disponible es que la explotación es media a alta.

2. USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

En la República Dominicana el uso actual del sistema acuífero es doméstico y de riego principalmente. Haití, por el contrario, presenta uso de riego, doméstico, industrial y público urbano en general.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

República Dominicana, al igual que Haití, consideran que la calidad del agua es media.

Atendiendo el anión predominante es posible observar que las aguas analizadas son de carácter bicarbonatado, en la mayor parte de los casos. De todos modos, en general, las aguas subterráneas tienen una composición muy heterogénea, desde términos cálcicos, sódicos o magnésicos, hasta otros de carácter mixto.

Las aguas analizadas, presentan una mineralización que varía desde baja a elevada con conductividades que oscilan entre 125 y 1.560 µS/cm en la primera campaña y 123 y 1.196 µS/cm en la segunda, y valores de nitratos que oscilan entre 4 y 163 mg/l de NO_3^- en la primera campaña, y entre 2 y 20 mg/l en la segunda. El pH oscila entre 5,8 y 8,2.

Para el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 19 y 26 ºC.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

República Dominicana indica que no existe una gran variabilidad en la disponibilidad y calidad del agua en el acuífero, ya que según registros anuales, en banco de datos, los niveles y calidad mantienen valores muy aproximados a los de línea base.

Haití, por su parte, sostiene que la variabilidad de agua disponible en cuanto a cantidad y en especial a calidad es extremadamente variable dependiendo de la zona del acuífero. Por ejemplo, en los lugares donde el agua subterránea es abundante, es practicamente inutilizable, y por ende, su consumo ha traído problemas sanitarios graves. Uno de los mayores problemas observados es la salinidad del agua y sus consecuentes inconvenientes en mujeres embarazadas y niños.

3.3 Otras fuentes de agua

Como fuente de agua, República Dominicana tiene el Río Artibonito y sus consecuentes afluentes, el Río Macasía, el Río Joca, el Río Tocino, el Río Libón, y el Río Neyta.

Haití, como fuente de agua alternativa presenta el agua de lluvia, las aguas superficies, y otros acuíferos más profundos que no han sido descubiertos.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

República Dominicana sostiene que no existe una gran variabilidad en la disponibilidad y calidad del agua en el acuífero, ya que en los registros existentes en las diferentes estaciones pluviométricas ubicadas en la Cuenca del Artibonito (Sabana Mula, Matayaya, Catanamatia, Cajulito), se puede observar que la precipitación media multianual oscila entre 812, 9 , 1.156 y 1.268 milímetros respectivamente.

Haití presenta un régimen de aguas irregular, así por ejemplo la intensidad del agua de lluvia crece, pero la recarga decrece. Además, los problemas de erosión son grandes.

4.2. Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Para República Dominicana, se sabe que si las precipitaciones sufren cambios disminuyendo su promedio anual, la recarga del acuífero podría verse afectada, ya que depende principalmente de la lluvia. También se vería afectada por disminución de la cobertura vegetal de la cuenca, la desforestación y erosión de los suelos, que impediría la infiltración de agua, provocando mayores escorrentías superficiales.

De parte de Haití, se seguirán previendo los cambios mencionados anteriormente si no existe un cambio de comportamiento.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

La Cuenca del Artibonito abastece agua para usos humanos, energía y agricultura. La misma está siendo afectada por erosión acelerada, elevada escorrentía, sedimentación y exceso de explotación. Un mayor uso de sus acuíferos someros y profundos podría aliviar la presión sobre el medio ambiente superficial.

Este acuífero está localizado en la región central inter-montañosa y en la costa norte de la isla en la frontera entre los dos países. Una gran desforestación en las partes más altas de la Cuenca del Artibonito ha transformado el paisaje natural, impactando fuertemente en la salud del ecosistema e introduciendo elementos de alta vulnerabilidad a las variaciones climáticas. A lo largo de la costa norte, el agua de mar avanza hacia los acuíferos más superficiales contaminando las aguas subterráneas con su alto contenido de sal. Existe un gran riesgo de contaminación o polución especialmente en el área kárstica.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En República Dominicana, los pozos ubicados en dicho acuífero pueden seguir siendo utilizados, y así se toma en cuenta la medida de analizar las aguas regularmente para comprobar su calidad.

Por parte de Haití, no se toma ningún plan especial luego de fenómenos extremos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Ver cuadro de unidades de paisaje y cobertura natural original en la página siguiente.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En República Dominicana, el uso de la tierra es para agricultura, presentándose como cultivos el arroz y el café, los diferentes tipos de bosques, los matorrales y las zonas pobladas.

En cuanto a Haití, presenta como principal cobertura la agricultura y la infraestructura urbana.

En la página siguiente se muestra el cuadro de unidades de paisaje y cobertura natural original.

Cuadro 2CB/1: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
República Dominicana	Nalga de Maco Armando Bermúdez Sierra de Neiba Juan U. García B. Cerro de San Francisco Cerro de Mongreñé Cerro Trinitaria Cerro de la Yerba Paez Cerro de Pan Azúcar Cerro de Valle Simón Cerro de Jiménez Cerro de la Piedra de Amolar Cerro del Montazo Loma de Periquete Loma del Café Alto del Maniel Loma de La Sabana Loma La Sierresita Loma de Puerto Copey Loma del Guano Loma Florentino Loma de Peña Blanca Loma El Gajo Arriba Loma de Los Guandules.	Bosque conífera abierto Bosque conífera denso Bosque latifoliado húmedo Bosque latifoliado nublado Bosque latifoliado semi húmedo Bosque seco Matorral latifoliado Matorral seco
Haití	Agricultura (64%) Agricultura compatible (17%) Agricultura no compatible (18%) Acuático (0,47%) Urbano (0,22%)	Bosques Sabana Árboles Mangles en las áreas costeras

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Cuadro 2CB/2: Principales cultivos o sistemas de cultivos

	República Dominicana	Haití
Cultivos	-Arroz -Café -Cultivos Intensivos	-Arroz -Café -Cocoa -Tabaco -Caña de azúcar -Cultivos de comida

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

No hay zonas protegidas en el área del sistema acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

República Dominicana ha dispuesto varias leyes que se detallan a continuación, como la Ley Nº6 creada por el INDRHI, en la fecha 8-09-65. Luego, la Ley Nº64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Ley Nº487 sobre aguas subterráneas, creada el 15-10-69. Además, están en vigencia la propuesta de leyes tales como: la Ley General de Agua, en el Congreso, y Ley de Agua Potable y Saneamiento.

En agosto de 2004, se declaró como parte de conservación, la Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descarga al Subsuelo.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Por parte de República Dominicana existe un diagnóstico del Plan Hidrológico Nacional, 2007, el cual es un proyecto cuyo objetivo busca la optimización del uso y gerencia de los recursos hídricos nacionales, inspirado de experiencias ejercidas por otras naciones. Está propuesto como el plan maestro a partir de donde se definirán los criterios, las prioridades, las metodologías y la planificación con los cuales se pretende realizar un aprovechamiento máximo y sostenible de los recursos hídricos del país.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 2CB/3: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**República Dominicana:** Producción agropecuaria y agua de mayor calidad.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**República Dominicana:** Agricultura y recursos naturales.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**República Dominicana:** 92,3 %, Provincia Elías Piña. **Haití:** Más del 50% (ingreso por persona menor a US$ 2)
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**República Dominicana:** La agricultura de la zona, ganadería y servicios de agua potable.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Por parte de República Dominicana, existen los siguientes tratatados y acuerdos: el Tratado de Límites Fronterizos, firmado el 21-01-1929, el Tratado de Paz y Amistad, firmado el 15-02-1936, el Protocolo en revisión sobre una línea fronteriza, firmado el 09-03-1936 y el Acuerdo Básico de Cooperación, firmado el 03-05-1979, en cuyo marco se crea la Comisión Mixta Dominico-Haitíana.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Se está implementando la realización de talleres y visitas a los dos países (República Dominicana y Haití), desde el año 2004 para coordinación de proyecto de acuíferos transfronterizos, auspiciado por la UNESCO/OEA.

La gestión conjunta y sostenible de los recursos hídricos subterráneos compartidos de La Hispaniola ayudará a mitigar el índice de degradación de suelos y de los ecosistemas asociados a las aguas subterráneas y a aliviar el alto índice de pobreza.

En cuánto a acciones para mejorar la colaboración, en el 2004 en la isla caribeña, los gobiernos de Haití y República Dominicana, bajo los auspicios del Programa UNESCO/OAS ISARM Américas, acordaron trabajar en conjunto en la gestión de dos acuíferos transfronterizos Artibonito y Masacre, con el objetivo de integrar el manejo del recurso subterráneo compartido dentro del marco de la gestión de la Cuenca del Artibonito y Masacre. En el 2005, El FMAM aprueba el financiamiento de los trabajos de preparación para el proyecto Acuíferos Artibonito y Masacre.

AUTORES Y FUENTES

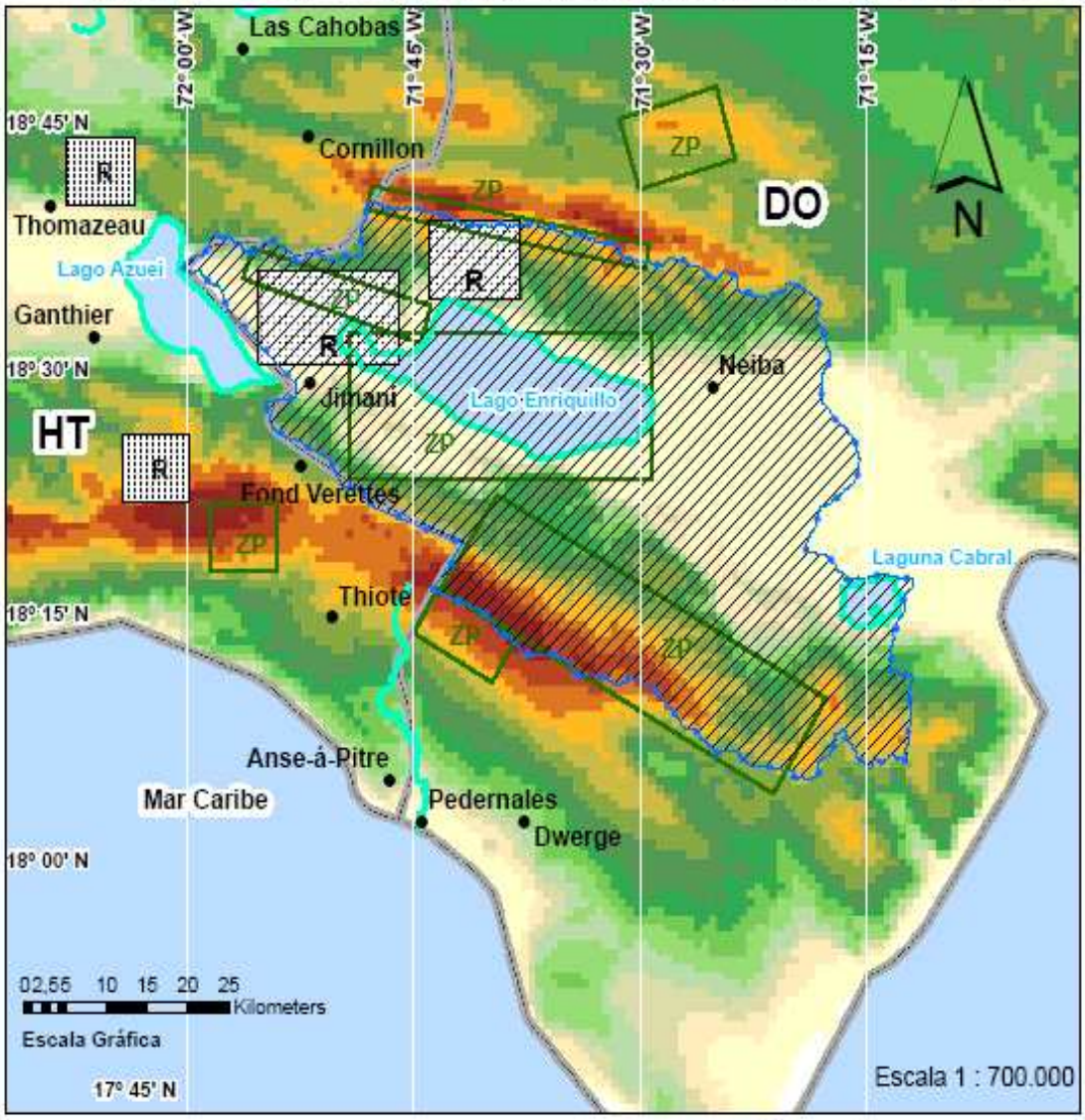
República Dominicana: Preparado con la colaboración operativa de Yenny Rodríguez Encarnación

Fuentes utilizadas: Mapa Hidrogeológico-1989, Estudio Hidrogeológico Nacional Rep. Dom. Fase II-2004. Planiacas, 1983**.**

Haití: Emmanuel Molière y otros
Fuentes utilizadas: Mapa hidrogeológico de 1987

Sistema Acuífero Transfronterizo Los Lagos
3CB HT-DO

Mapa 3CB/1 Ubicación-Regarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	2000 - 2250
300 - 400	1750 - 2000
200 - 300	1500 - 1750
150 - 200	1250 - 1500
100 - 150	1000 - 1250
50 - 100	750 - 1000
0 - 50	500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
3CB HT-DO

3CB SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO LOS LAGOS REPÚBLICA DOMINICANA - HAITÍ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Los Lagos está ubicado en la región noroeste, Valle de Neyba del lado dominicano y en la Planicie de Cul de Sac, Departamento del Oeste del lado Haitíano.

Su extensión es de aproximadamente 2.700 km^2 en República Dominicana y se desconoce la superficie que ocupa en el lado Haitíano.

Según datos del año 2002, la cantidad de habitantes sobre el área del sistema acuífero en su porción dominicana es de 142.313.

1.2 Características del acuífero

Rocas porosas con importancia hidrogeológica alta a baja.
Formación Qaa. Acuíferos continuos de extensión variable, libres, constituidos por sedimentos clásticos no consolidados. Permeabilidad variable, calidad química de las aguas generalmente buena. Posibilidades de explotación mediante pozos someros (profundidad menor de 50 metros). Gran importancia hidrogeológica.

Formación Tsas-ab. Acuíferos continuos de extensiones regionales a regional limitada, libres y/o confinadas. Formados por sedimentos clásticos consolidados. Permeabilidad generalmente alta a mediana. Calidad química de las aguas generalmente buena. Alta importancia hidrogeológica.

Formación Qcg. Acuíferos locales encontrados en finas capas o lentes arenosos. Acuíferos continuos de extensión restringida o de difícil explotación, tanto libres como confinados, consistentes de sedimentos clásticos no consolidados o consolidados. Permeabilidad generalmente baja. Calidad química de las aguas generalmente buena, con excepciones costeras y cercanas a lagunas salobres. Poca importancia hidrogeológica.

Rocas porosas fracturadas con poca importancia hidrogeológica.
Formación Tstr. Acuíferos locales encontrados en capas finas o lentes arenosos, a veces calcáreos, libres. Constituidos por sedimentos clásticos no consolidados o consolidados. Permeabilidad muy baja. Aguas desde buena a baja calidad química. Muy poca importancia hidrogeológica.

Rocas fracturadas con importancia hidrogeológica de alta a baja.
Formación Tis. Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, libres o confinadas. Formados fundamentalmente por rocas calcáreas margosas. Permeabilidad generalmente baja. Aguas generalmente duras. Importancia hidrogeológica mediana a baja. El rango de espesor del acuífero va desde los 43 hasta los 788 m.

1.3 Zona de recarga

En República Dominicana, el volumen de recarga anual por infiltración de la lluvia (hm^3/año) es 52 en año medio, y 239 en año húmedo, mientras que el volumen de recarga anual por retornos de riego (hm^3/año) es 11-15.

1.4 Explotación

En República Dominicana, el volumen de extracciones subterráneas para usos humanos (hm^3/año) es 1,98, y el volumen de extracciones subterráneas totales por bombeos (hm^3/año) es 6,72.

2. USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

Para la República Dominicana, los principales usos son el doméstico, el agrícola y el ganadero.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En general, la calidad natural del agua es buena, pero hay que hacer notar que en la evaluación de la misma solo se determinó la temperatura del agua, la conductividad eléctrica y el pH.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La evolución de los niveles se presenta en 6,42 metros para el año 2003 y 4,13 metros para el año 2008, en el punto de referencia que presenta mayor variabilidad, en general los cambios percibidos son pequeños en cuanto a la profundidad de la napa freática, mientras que también se observaron pequeños cambios en la conductividad eléctrica (CE µS/cm).

3.3 Otras fuentes de aguas

El Río Soliette cuando tiene cauce.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En la República Dominicana, los valores anuales calculados son muy variables, obteniéndose una media de precipitación en la zona de estudio de 921,9 mm.

Puede observarse que la distribución mensual de las precipitaciones presenta un régimen con un pico máximo en octubre y otro en mayo. Los meses más secos son diciembre, enero y febrero.

La pluviometría anual de Neiba es de 387,2 mm en año seco, 556,9 mm en año medio y 752,5 mm en año húmedo.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos.

La recarga podría verse afectada por la disminución de la cobertura vegetal de la cuenca, afectada en gran manera por la deforestación y erosión de los suelos, ya que impediría una buena absorción del agua y tener buen nivel de infiltración.

El fenómeno de la sequía podría causar daños en la capacidad de recarga del acuífero ya que su principal aporte es el agua procedente de las precipitaciones y en menor grado las inundaciones.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos.

El acuífero podría ser utilizado en caso de un evento extremo por medio de los pozos distribuidos en el área de la cuenca de la zona de Los Lagos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

La cobertura natural está representada por: bosque conífera abierto, bosque conífera denso, bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado nublado, bosque latifoliado semi-nublado, bosque seco, mangles, eneas, matorral latifoliado, matorrales secos.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En cuanto a la cobertura actual y el uso de la tierra, se presenta: escasa vegetación, matorrales secos, agricultura mixta, arroz, bosque conífera abierto, bosque conífera denso, bosque latifoliado húmedo, bosque latifoliado nublado, bosque latifoliado semi-nublado, bosque seco, café, caña, cultivos intensivos, eneal, matorral latifoliado, mina, pasto, sabana de humedales salobres.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos en República Dominicana

• agricultura mixta	304,17	11,36 %
• arroz	0,17	0,01 %
• bosque conífera abierto	114,89	4,29 %
• bosque conífera denso	80,86	3,02 %
• bosque latifoliado húmedo	14,51	0,54 %
• bosque latifoliado nublado	109,45	4,09 %
• bosque latifoliado semi húmedo	51,65	1,93 %
• bosque seco	469,86	17,55 %
• caña	25,27	0,94 %
• café	116,53	4,35 %
• cultivos intensivos	77,99	2,91 %
• eneal	0,95	0,04 %
• escasa vegetación	99,37	3,71 %
• mangles	10,37	0,39 %

• matorral latifoliado	8,18	0,31 %
• matorral seco	1114,63	41,62 %
• mina	0,001	0,00004 %
• pasto	28,37	1,06 %
• sabana de humedales salobres	50,64	1,89 %

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Refugio de Fauna Silvestre Annabelle S. de Dod, Corredor Ecológico Vía Cabral Polo, Reserva Biológica Padre Miguel de Fuertes, Parque Nacional Sierra de Neiba, Monumento Natural Las Caobas, Parque Nacional Lago Enrriquillo y Parque Nacional Sierra de Bahoruco.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

El Lago Enriquillo.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas.

El Diagnóstico del Plan Hidrológico Nacional, 2007, es un proyecto cuyo objetivo busca la optimización del uso y gerencia de los recursos hídricos nacionales, inspirado de experiencias ejercidas por otras naciones. Está propuesto como el plan maestro a partir de donde se definirán los criterios, las prioridades, las metodologías y la planificación con los cuales se pretende realizar un aprovechamiento máximo y sostenible de los recursos hídricos del país.

Contempla control y ordenamiento de asentamientos humanos, extracción de agua subterránea y cualquier actividad que cause daños a los recursos hídricos.

Ley 487 de Aguas Subterráneas, 15-10-69.
Ley 6 de Creación del INDRHI, 8-09-65.
Propuesta de Ley General de Agua, pendiente aprobación en el Congreso.
Propuesta de Ley de Agua Potable y Saneamiento.
Ley 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales.
Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descargas al Subsuelo, agosto 2004.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 3CB/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

(Resumen de la información de los países)

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**República Dominicana:** Producción agropecuaria y agua de mayor calidad.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**República Dominicana:** Agricultura, recursos naturales.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**República Dominicana:** El índice de pobreza para las poblaciones que habitan en la Cuenca de Zona de Los Lagos es de 75,60 % (2002).
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**República Dominicana:** La agricultura de la zona, ganadería y servicios de agua potable.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Existen algunos tratados y acuerdos entre ambos países:

5- Tratado de Límites Fronterizos, 21-01-1929
6- Tratado de Paz y Amistad, 15-02-1936
7- Protocolo revisión línea fronteriza, 9-03-1936
8- Acuerdo Básico de Cooperación, 3-05-1979

Dentro del Acuerdo Básico de Cooperación, existe la Comisión Mixta Dominico-Haitíana.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Se ha implementado la realización de talleres y visitas a los dos países, tanto para República Dominicana como para Haití, a partir del año 2004, para coordinación del Proyecto ISARM Américas.

Colaboración binacional de República Dominicana y Haití para gestionar el uso de los recursos hídricos de los acuíferos transfronterizos.

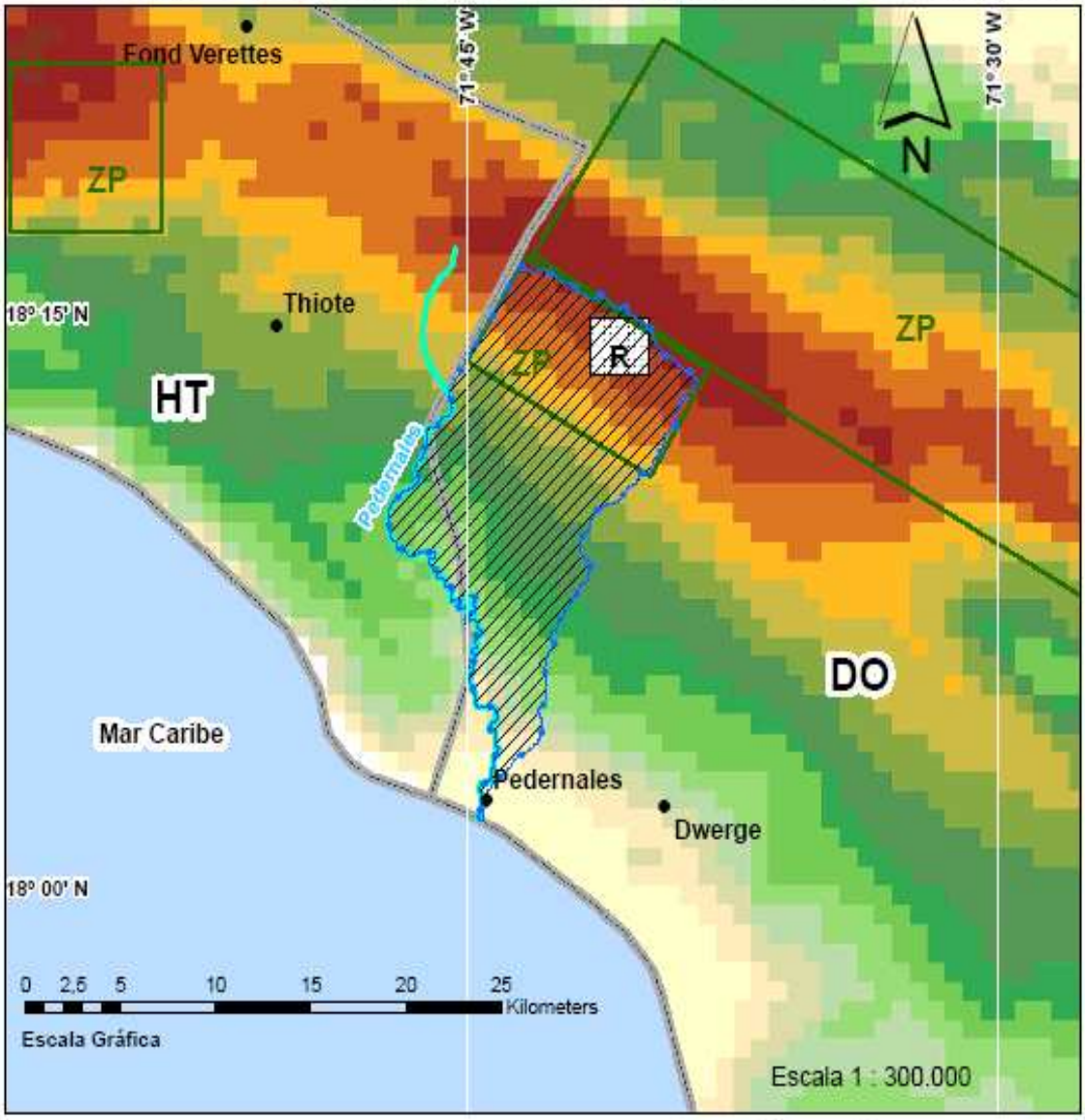
Como Acciones para mejorar la colaboración, se destaca la gestión organizada por UNESCO-OEA-ISARM Américas (Gestión de los Acuíferos Transfronterizos de las Américas).

AUTORES Y FUENTES

República Dominicana: Xiomara Lluberes Guerrero, Santo Domingo, 26-9-2008

Haití: Emmanuel Molière y otros

Sistema Acuífero Transfronterizo Pedernales
4CB HT-DO
Mapa 4CB/1 Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	2000 - 2250
300 - 400	1750 - 2000
200 - 300	1500 - 1750
150 - 200	1250 - 1500
100 - 150	1000 - 1250
50 - 100	750 - 1000
0 - 50	500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
4CB HT-DO

4CB SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PEDERNALES REPÚBLICA DOMINICANA - HAITÍ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Pedernales está ubicado en la provincia del mismo nombre del lado dominicano y en el Departamento del Sudeste del lado Haitíano.
Su extensión es de cerca de 2.000 km^2 en la Sierra de Bahoruco y de 300 km^2 en la Península Sur de Barahona.

Según datos del año 2002, la cantidad de habitantes sobre el área del sistema acuífero en su porción dominicana es de 21.207 habitantes.

1.2 Características del acuífero

Rocas porosas con importancia hidrogeológica alta a baja
Acuíferos continuos de extensión variable, libres, constituidos por sedimentos clásticos no consolidados. Permeabilidad variable. Calidad química de las aguas generalmente buena. Posibilidades de exploración mediante pozos hidrogeológicos.

Acuíferos locales encontrados en finas capas o lentes arenosos.
Acuíferos continuos de extensión restringida o de difícil exploración, tanto libre como confinados. Consistentes de sedimentos clásticos no consolidados o consolidados. Permeabilidad generalmente baja. Calidad química de las aguas generalmente buena, con excepción de zonas costeras y cercanas a lagunas salobres. Poca importancia hidrogeológica.

Rocas fracturadas con importancia hidrogeológica de alta a baja
Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, ampliadas generalmente por disolución cárstica, libres y/o confinados. Formados por rocas calcáreas fundamentalmente arrecifales. Permeabilidad generalmente alta a mediana. Aguas generalmente duras. Importancia hidrogeológica alta.

Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, libres y/o confinados. Formados por rocas calcáreas. Permeabilidad generalmente mediana a baja. Aguas generalmente duras. Importancia hidrogeológica alta a mediana.

Acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, libres y/o confinados. Formados fundamentalmente por rocas calcáreas margosas. Permeabilidad generalmente baja. Aguas generalmente duras. Importancia mediana a baja.

Sur y suroeste: abierto y en conexión hídrica de las calizas arrecifales del Mioceno (Mc) con el mar, entre el Cabo Beata y Pedernales. Solamente existirá un tramo cerrado o estanco, entre Pedernales y el límite fronterizo con Haití, al aflorar las margas del Oligoceno-Mioceno (Omc).

1.3 Zona de recarga

En República Dominicana, el volumen de recarga anual por infiltración de la lluvia (hm^3) es: Meridional y Península Sur de Barahona 146 en año medio, 74 en año seco y 352 en año húmedo, y el volumen de recarga anual por retornos de riego (hm^3) es 9-12.

1.4 Explotación

La explotación puede ser considerada como de nivel medio, en su gran mayoría responde a extracciones efectuadas con pozos de escasa profundidad (menores de 30 m) y de limitado diámetro de entubación (inferior a 150 mm).

Haciendo el cálculo para la Subunidad Meridional de Bahoruco y Península Sur de Barahona con una población de 21.774 habitantes (2004) se obtiene:

- Extracciones según dotación 100 l/hab/día = 0,79 hm^3/año
- Extracciones según dotación 150 l/hab/día = 1,19 hm^3/año

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

En República Dominicana, la población en zonas de descarga está compuesta por:

- Provincia Pedernales (secciones Pedernales Cabo Rojo, Las Mercedes Mencia), 11.482 habitantes (2001).

- Subunidad Meridional de Bahoruco y Península Sur de Barahona, 21.774 habitantes (2004).

2.2 Usos

Para la República Dominicana, los principales usos son el doméstico y riego.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En República Dominicana, la calidad del agua es razonablemente buena, en la mayoría de los casos (30-60 ppm de cloruro). La lámina de agua dulce no excede 15-20 m de espesor.

La conductividad de las muestras de agua analizadas está comprendida entre 380 y 5.160 µS/cm.

En el caso de la temperatura, las aguas de la zona de estudio tienen valores que oscilan entre 20 y 27 ºC.

Por último, los valores de pH oscilan entre 7,6 y 8,7.

La primera campaña de muestreo hidroquímico se ha llevado a cabo en enero de 2004, mientras que la segunda campaña se realizó en mayo de 2004.

Codigo	Paraje	Municipio	Fecha de muestreo	Temp ºC		Cond (mS/cm)	pH
				Aire	Agua		
5869120001		Pedernales	28/05/2004	36	28	4,92	7,7
5869120002		Pedernales	28/05/2004	34	27	4,65	7,7
5869120003		Pedernales	28/05/2004	34	27	5,13	7,4
58702	Las Mercedes	Pedernales	28/05/2004	31	26	0,59	8,2
5870220001	Sun Bu (Las Mercedes)	Pedernales	28/05/2004	31	23	0,56	7,9
5870240001	Paso Sena	Pedernales	28/05/2004	35	26	0,55	7,6
5870240002	Paso Sena	Pedernales	28/05/2004	33	26	0,66	7,9

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En general existe poca información referente a los cambios en la disponibilidad y calidad del agua en el acuífero, la información existente refleja valores de conductividad muy baja (< 25) para 7 pozos existentes en la zona del acuífero en estudio. En estos datos podemos observar que los niveles no han variado mucho con respecto al tiempo de medición (anual).

En la zona de Cabo Rojo Pedernales se observa una salinización por agua del mar, cuya continuación tierra adentro no está todavía definida.

3.3 Otras fuentes de aguas

Río Pedernales, Río Bonito y Río Mulito, en República Dominicana.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Los valores anuales de precipitación son muy variables, obteniéndose un módulo pluviométrico anual en Pedernales de 724 mm.

La recarga por infiltración directa del agua de lluvia constituye la componente más importante de la recarga de la zona hidrogeológica en estudio, que se produce por infiltración de la lluvia precipitada sobre las superficies de los materiales permeables aflorantes, tanto de tipo carbonatado como detrítico.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Si las precipitaciones sufren cambios disminuyendo su promedio anual, la recarga del acuífero podría verse afectada, ya que depende principalmente de la lluvia. También se vería afectada por la disminución de la cobertura vegetal de la cuenca, la deforestación y erosión de los suelos, que impediría la infiltración del agua, provocando mayores escorrentías superficiales.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

El fenómeno de la sequía podría causar una disminución en la recarga del acuífero, ya que su principal aporte es la infiltración producto de las precipitaciones y en menor grado las inundaciones.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Durante y después de eventos extremos los pozos ubicados en dicho acuífero pueden seguir siendo utilizados, tomando la medida de analizar las aguas regularmente para comprobar su calidad.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Como unidades de paisaje se mencionan: Parque Nacional Sierra de Bahoruco, Loma la Manigua, Loma Cuesta Blanca, Cerro del Manguito, Colonia agrícola Flor de Oro, Loma de Casurdo, Loma Las Trincheras, Loma Quemada, Loma de Mon Garata, Loma de Peblique.

La cobertura natural está representada por: bosque conífera abierto, bosque conífera denso, bosque latifoliado nublado, bosque seco, matorral latifoliado, matorral seco.

En Haití se encuentra el Parque Nacional Citadelle y el Parque Nacional La Visite en el Macizo de la Selle.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En cuanto a la cobertura actual y el uso de la tierra, se presenta: agricultura mixta, arroz, bosque conífera abierto, bosque conífera denso, bosque latifoliado nublado, bosque seco, café, cultivos intensivos, escasa vegetación, matorral latifoliado, matorral seco y zona poblada.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En República Dominicana y en Haití predomina la agricultura mixta.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Parque Nacional Sierra de Bahoruco en República Dominicana y Parque Nacional Citadelle y la Visite en Haití**.**

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En República Dominicana el Río Pedernales, y en Haití el Río Soliette.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

El Diagnóstico del Plan Hidrológico Nacional (2007), es un proyecto cuyo objetivo busca la optimización del uso y gerencia de los recursos hídricos nacionales, inspirado de experiencias ejercidas por otras naciones. Está propuesto como el plan maestro a partir de donde se definirán los criterios, las prioridades, las metodologías y la planificación con los cuales se pretende realizar un aprovechamiento máximo y sostenible de los recursos hídricos del país.
Contempla:

- Controlar y ordenar los asentamientos humanos, extracción de agua subterránea y cualquier actividad que cause daños a los recursos hídricos.
- Estimar y proyectar demandas en todos los sectores usuarios del agua.
- Identificar las posibles medidas y acciones prioritarias para atender la creciente demanda de agua y aliviar la tensión hídrica vigente.
- Armonizar los diversos planes de desarrollo en los sectores sociales y productivos con las previsiones correspondientes al uso del agua y su potencial para disponer de un marco integrador de las políticas y estrategias en base al uso sustentable de los recursos hídricos.
- Proponer acciones y proyectos prioritarios que aporten a la solución de las necesidades y problemas identificados para satisfacerlos, optimizando el grado de aprovechamiento del agua para sustentar los planes de crecimiento social y económico.
- Cuantificar los recursos económicos requeridos para implementar las acciones y proyectos prioritarios, identificando las opciones financieras y las posibles fuentes de financiación, proponiendo además un conjunto de actuaciones y medidas institucionales coadyuvantes para hacer frente a metas de desarrollo y eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos.
- Manejo ambiental que incluye el uso de los recursos subterráneos transfronterizos disponibles, para mejorar el uso del suelo en las planicies

intramontanas y costeras, que han sido progresivamente degradadas por el mal manejo del agua en épocas de sequías.

Ley 487 de Aguas Subterráneas, 15-10-69.
Ley 6 de Creación del INDRHI, 8-09-65
Propuesta de Ley de Agua Potable y Saneamiento
Ley 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales
Norma Ambiental sobre Calidad de Aguas Subterráneas y Descargas al Subsuelo, agosto 2004.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 4CB/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**República Dominicana:** Producción agropecuaria y agua de mayor calidad.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**República Dominicana:** Agricultura, recursos naturales.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**República Dominicana:** El índice de pobreza para las poblaciones que habitan en la zona es de 60. (50 %) (2002).
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**República Dominicana:** La agricultura de la zona, ganadería y servicios de agua potable.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Existen algunos Tratados y Acuerdos entre ambos países:

9- Tratado de Límites Fronterizos, 21-01-1929
10- Tratado de Paz y Amistad, 15-02-1936
11- Protocolo revisión línea fronteriza, 9-03-1936
12- Acuerdo Básico de Cooperación, 3-05-1979

Dentro del Acuerdo Básico de Cooperación, existe la Comisión Mixta Dominico-Haitíana.

Para el 2004, en la isla caribeña, los gobiernos de Haití y República Dominicana, bajo los auspicios del Programa UNESCO/OAS ISARM Américas, acordaron trabajar en conjunto en la gestión de los acuíferos transfronterizos Artibonito y Masacre, con el objetivo de integrar el manejo del recurso subterráneo compartido dentro del marco de la gestión de la Cuenca del Artibonito y Masacre.

En 2005, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) aprueba el financiamiento de los trabajos de preparación para el Proyecto Acuíferos Artibonito y Masacre.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Realización de talleres y visitas a los dos países (República Dominicana y Haití) en el año 2004 para coordinación de proyecto de acuíferos transfronterizos auspiciado por la UNESCO/OEA ISARM Américas.

La gestión conjunta y sostenible de los recursos hídricos subterráneos compartidos de La Hispaniola ayudará a mitigar el índice de degradación de suelos y de los ecosistemas asociados a las aguas subterráneas y a aliviar el alto índice de pobreza.

AUTORES Y FUENTES

República Dominicana: Yenny Rodríguez Encarnación

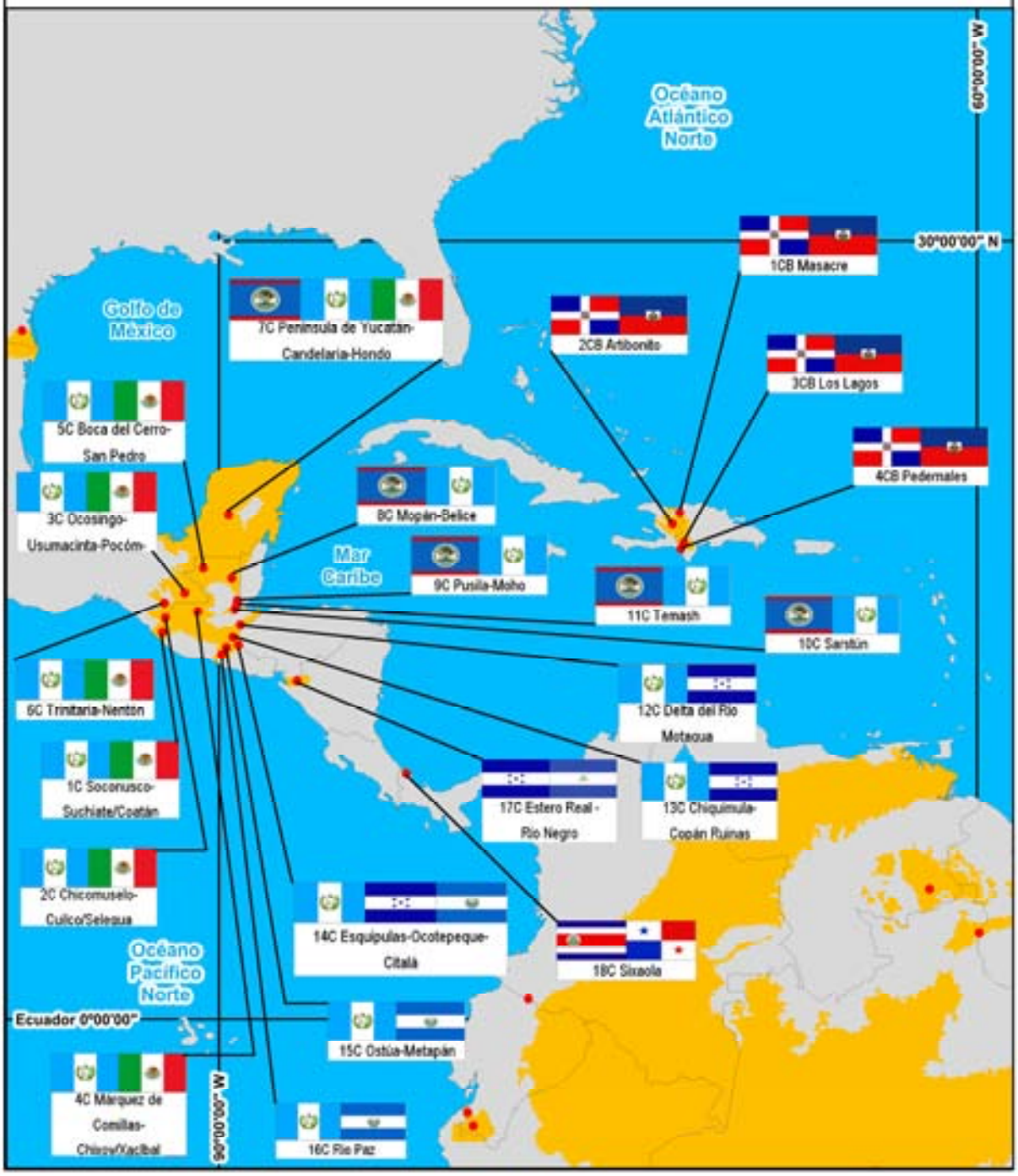
Haití: Emmanuel Molière y otros

3. Sistemas acuíferos transfronterizos de Centroamérica

1C - Soconusco-Suchiate/Coatán (Guatemala-México)
2C - Chicomuselo-Cuilco/Selegua (Guatemala-México)
3C - Ocosingo-Usumacinta-Pocóm-Ixcán (Guatemala-México)
4C - Márquez de Comillas-Chixoy/Xaclbal (Guatemala-México)
5C - Boca del Cerro-San Pedro (Guatemala-México)
6C - Trinitaria-Nentón (Guatemala-México)
7C - Península de Yucatán-Candelaria-Hondo (Guatemala-México-Belice)
8C - Mopán-Belice (Guatemala-Belice)
9C - Pusila-Moho (Guatemala-Belice)
10C – Sarstún (Guatemala-Belice)
11C – Temash (Guatemala-Belice)
12C - Delta del Río Motagua (Guatemala-Honduras)
13C - Chiquimula-Copán Ruinas (Guatemala-Honduras)
14C - Esquipulas-Ocotepeque-Citalá (Guatemala-Honduras-El Salvador)
15C - Ostua Metapán (El Salvador-Guatemala)
16C - Río Paz (El Salvador-Guatemala)
17C - Estero Real-Río Negro (Honduras-Nicaragua)
18C – Sixaola (Costa Rica-Panamá)

Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA CENTRAL Y CARIBE

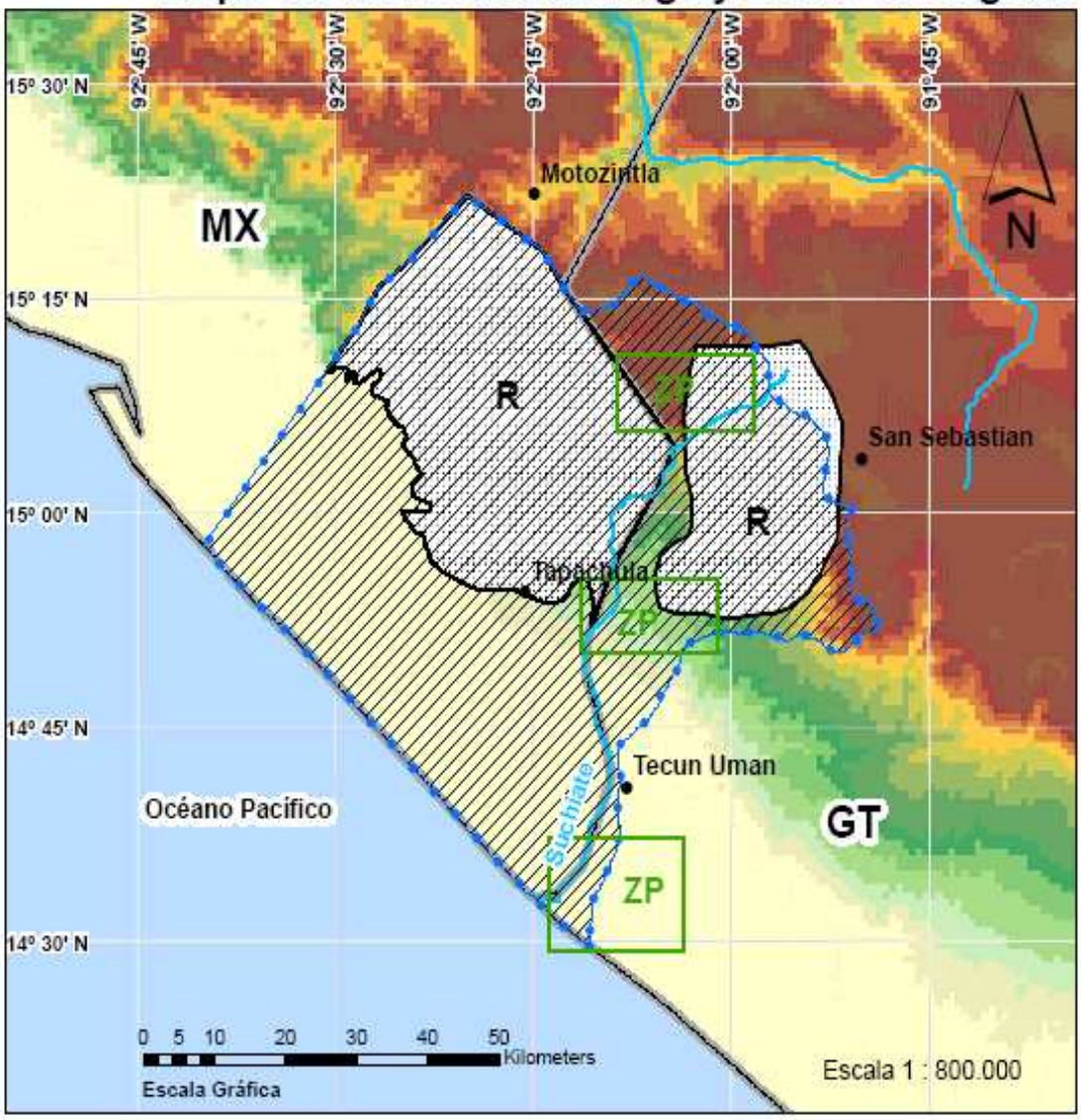
Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

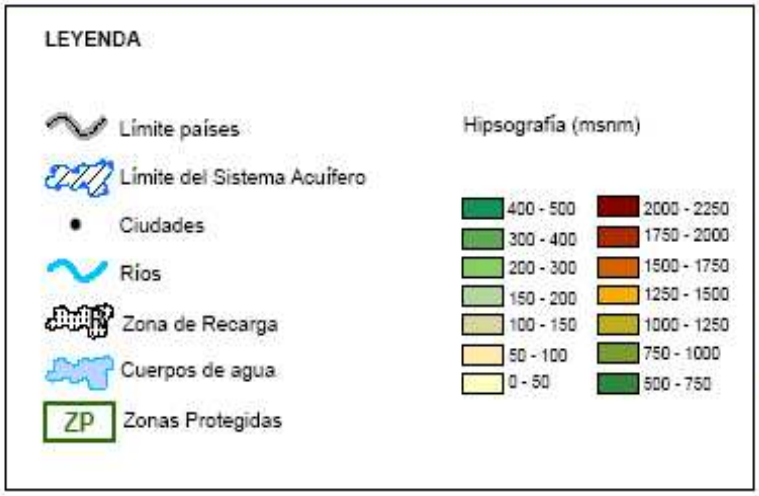


Sistema Acuífero Transfronterizo Soconusco-Suchiate / Coatán

1C GT-MX

Mapa 1C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





1C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SOCONUSCO-SUCHIATE/COATAN GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Soconusco-Suchiate/Coatán se extiende por el Estado de Chiapas en México y en el Departamento de San Marcos en Guatemala. La topografía es predominantemente montañosa en su parte alta y de relieve plano en su porción costera.

En el lado mexicano, la población aproximada es de 551.849 habitantes, según datos del año 2005, y se encuentra concentrada en la zona costera; mientras que en Guatemala, la población es de 520.134 habitantes y se ubica en valles, laderas de montañas y la mayoría en la planicie costera del Océano Pacífico. El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 3.200 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero está constituido por materiales aluviales de granulometría variada, que descansan sobre rocas cristalinas (granitos, dioritas) y volcánicas del Terciario (basaltos y andesitas emitidas por el Volcán Tacaná).

El acuífero es de tipo libre, de características hidráulicas variadas y está conectado con el Río Suchiate en su porción baja, el cual constituye su nivel base de descarga. En la porción alta, el flujo subterráneo es de Guatemala hacia México, en la porción baja practicamente no existe circulación subterránea a través de la frontera internacional.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

La profundidad al nivel del agua subterránea varía en la planicie de 2 a 15 metros. En la parte alta del acuífero es frecuente la aparición de manantiales debido al contraste de permeabilidades en el contacto entre las rocas andesíticas, tobas limo-arenosas y brechas, que son producto de las emisiones del Volcán Tacaná. Se trata de acuíferos colgados sin conexión hidráulica con el acuífero granular de la planicie costera.

1.4 Zonas de recarga

Las zonas de recarga están constituidas por los afloramientos de rocas volcánicas que constituyen las laderas del Volcán Tacaná. La recarga se ha estimado en 938 hm^3/año.

1.5 Explotación y caudales

La población no depende exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea extraída mediante pozos, dada la abundancia de agua superficial en ríos y manantiales. La extracción es del orden de los 163 hm^3/año, destinados casi en su totalidad al uso agrícola.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 1C/1: Datos de población

	México	Guatemala
• **Total:**	551.849 habitantes (2005)	520.134 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	206.829 hab. (37,48%) concentrada en las dos principales ciudades: Tapachula y Huixtla	74.187 hab. (14,26%)
• **Proyección (U) al 2030:**	274.600 hab.	115.960 hab.
• **Rural:**	345.020 hab. (62,52%)	445.947 hab. (85,74%)
• **Proyección (R) al 2030:**	458.071 hab.	807.772 hab.
• **Población indígena estimada:**	6.296 hab. (1,1%)	442.114 hab. (85%) (Mam, Kiché).
• **Población en zonas de recarga:**	345.020 hab. (62,52%)	208.054 hab. (40%)
• **Población en zonas de descarga:**	206.829 hab. (37,48%) Incluye la población de las localidades donde se extrae agua subterránea.	312.080 hab. (60%)

2.2 Usos

El agua subterránea tiene mayor importancia en los períodos de estiaje, para el consumo humano y el desarrollo agrícola, siendo en la porción costera del Océano Pacífico donde tiene mayor incidencia, ya que, en la parte baja de la cuenca es fuente importante para la agricultura (que ocupa el mayor porcentaje de utilización), mientras que para consumo doméstico-pecuario se debe considerar el uso en toda su extensión.

Cuadro 1C/2: Porcentaje de usos del agua del Sistema Acuífero

Usos	México	Guatemala
Riego	93,9%	30%
Doméstico	2,1%	60%
Industrial	4,0%	5,0%
Otros usos	-----	5,0%

Para el caso de México existe una cuantificación de lo que representan esos porcentajes en volumen de agua subterránea consumida:

- Riego = 153,0 hm^3
- Doméstico = 0,5 hm^3
- Público-urbano = 3,0 hm^3
- Industrial = 6,5 hm^3

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México y en los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la CILA.

La calidad natural del agua es en general buena para todos los usos, sin embargo el conocimiento que se tiene del sistema acuífero es escaso; el monitoreo de niveles y de calidad del agua subterránea tiene poca cobertura y falta actualizar la evaluación del sistema en cuanto a su renovación.

Está expuesto a la intrusión salina en la porción costera y su calidad ha sido deteriorada por las actividades agropecuarias, deposición de desechos líquidos y sólidos.

Los eventos meteorológicos extremos, como sequías, huracanes y tormentas tropicales, pueden afectar la calidad y disponibilidad de agua, ahora bien, en cuanto a los riesgos significativos de impacto transfronterizo, se puede expresar que hasta el momento son mínimos.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aunque la disponibilidad de agua subterránea y superficial es abundante, la calidad química restringe su uso en algunos lugares.

La calidad del agua subterránea se ha deteriorado como consecuencia de las prácticas agropecuarias, la deposición de desechos sólidos y líquidos y la incidencia de fenómenos meteorológicos extremos.

En el Acuífero Suchíate/Coatán, se han localizado áreas con agotamiento de aguas subterráneas, y en la zona costera del Océano Pacífico ya empiezan a presentarse sitios con intrusiones marinas en forma localizada, como por ejemplo en el parcelamiento La Blanca.

Las contaminaciones normalmente tienden a aumentar. Aspectos tales como el color, olores, sabor, salinidad y enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática con el esfuerzo del control de los vectores por parte del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

3.3 Otras fuentes de agua

Del lado mexicano no existen fuentes alternas para el suministro de las poblaciones urbanas. Las comunidades rurales se abastecen de los manantiales que existen en las estribaciones del Volcán Tacaná, alimentados por las intensas lluvias que se registran en esta zona, las más abundantes del país.

Ahora bien, para la porción guatemalteca del sistema acuífero, se indica que en los altiplanos pueden construirse pequeños embalses, en el pie de montaña se depende de las lluvias y los manantiales (por la calidad del agua), y en las zonas costeras, las

alternativas son el agua de lluvia en la época lluviosa y los pozos artesanales en la época seca del año.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Dada la variación importante de su elevación topográfica que varía de 0 hasta más de 4.000 msnm, la precipitación pluvial media anual tiene una variación muy importante. Se considera que su valor promedio anual es del orden de los 3.200 mm, con valores extremos más altos que superan los 4.000 mm. Esta es la región del país donde llueve más, durante casi todo el año.

Si consideramos el período de los últimos 10 años, veremos que en los primeros 5 años se presentaron abatimientos moderados en la zona del litoral del Océano Pacífico, pero posteriormente, en los últimos 5 años, los registros de lluvias se mostraron bastante normales, incluso se presentaron algunas inundaciones, por lo que se puede considerar que la situación de la recarga hoy en día es normal y la mayoría de los pozos (artesanales y excavados) y la recarga del acuífero, no se han visto drásticamente afectados.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro.

Por las observaciones de los últimos 30 años siempre habrá altibajos, con cambios positivos y negativos. La zona se caracteriza por presentar una frecuente incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en la planicie costera; mientras que la recarga en áreas de pendientes y con cobertura vegetal se afecta por el cambio en el uso del suelo y por el avance de las urbanizaciones.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades urbanas y rurales mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

Al otro lado de la frontera, en los bosques semi-secos sub-tropicales en el litoral costero del Océano Pacífico, las sequías y las inundaciones pueden observarse todos los años dependiendo la época del mismo y está en función de distribución areal y cantidad de lluvia precipitada.

En las zonas de altiplano, las sequías climáticas impactan sobre la disponibilidad de caudales de pozos y manantiales. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas en las áreas de altiplanos.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente y/o en forma mecánica, principalmente en las zonas costeras, mientras que México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son los bosques, la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a pastizales y selva.

En Guatemala las unidades de paisaje son definidas como: tierras naturales y productivas en las Montañas de la Sierra Madre al norte de la cuenca; los volcanes de Tacaná y Tajumulco, las áreas de Sibinal, Ixchiguán, Tojquián, Santa Marta Meléndrez, Los Limones, El Platanar, los esteros del Río Suchiate, las playas de Ocós y Los Faros. El área de planicie costera está totalmente dedicada a agricultura y ganadería intensiva y extensiva.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de: pajonales en alturas mayores de los 3.000 msnm, a continuación vienen los bosques de coníferas y de perennifólias; de 1.900 a 1.500 bosques de quecus, robles y otras especies autóctonas, posteriormente, parte de la zona cafetalera del suroeste de Guatemala. En la planicie costera se observan plantaciones extensivas con alternancia de vegetación selvática, pastizales y la reserva de bosque de mangle en los canales y estuarios en la desembocadura del Río Suchiate.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Mientras que las principales coberturas naturales son los bosques, la selva y los pastizales, los usos del suelo corresponden a las zonas agrícolas y los centros de población.

Actualmente sobre el sistema acuífero se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, sorgo, hortalizas de clima cálido, frutales tropicales, zonas con mangle, ganaderías extensivas, piña, mango, hule o caucho, cacao y palma africana; y las urbanizaciones de las poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y las plantaciones de café.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son: café, cacao, plátano, mango, maíz, papaya y limón.

Guatemala puntualiza que las plantaciones ocupan un 45% y los hatos de 5 a 30 animales/hectárea un 35% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja); mientras que la cobertura de tierras naturales alcanza un 20%.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las áreas naturales protegidas para la porción mexicana son el Volcán Tacaná y La Encrucijada, mientras que en Guatemala se encuentran: tierras naturales en las Montañas de la Sierra Madre al norte de la cuenca; los volcanes de Tacaná y Tajumulco (la mayor altura de Centroamérica); las áreas de Sibinal, Ixchiguán, Tojquián, Santa Marta Meléndrez, Los Limones, El Platanar, los esteros del Río Suchiate y las playas de Ocós y Los Faros.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En la porción mexicana, los ecosistemas que dependen del agua subterránea son los ríos Coatán y Suchiate; los humedales La Encrucijada y la Laguna Pampa El Cabildo, los que reciben una importante descarga de aguas subterráneas en época de estiaje.

Mientras, en Guatemala, las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales: montañas de la Sierra Madre, volcanes de Tacaná y Tajumulco y toda el área de pie de montaña o Boca Costa. También, en buena parte, los humedales y esteros de la zona costera dependen de los aportes del agua subterránea.

Desde el punto de vista ecológico toda la zona costera es importantísima por las rutas de sobrevuelo de las aves migratorias.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes), pero ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

Mientras tanto México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos, en este último, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una

incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua, es practicamente desconocida.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 1C/3: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola y pecuaria, sin que se conozca la cifra de su valor. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones fronterizas de México y de Guatemala. Se tiene el inicio del ecoturismo, como también es importante el turismo de playa y la navegación por los esteros, pero con una infraestructura muy pobre.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de ríos, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende en gran medida de la explotación del agua subterránea (incluida en ésta la descarga de los manantiales). **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos en las cuencas de los ríos Suchiate y Coatán.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación. **Guatemala:** Pobreza del 75%.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada. **Guatemala:** Las poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado. También en la parte de aprovechamiento de los recursos marino-costeros y en las áreas con proyectos de irrigación.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la CILA.

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos.

Actualmente los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

AUTORES Y FUENTES

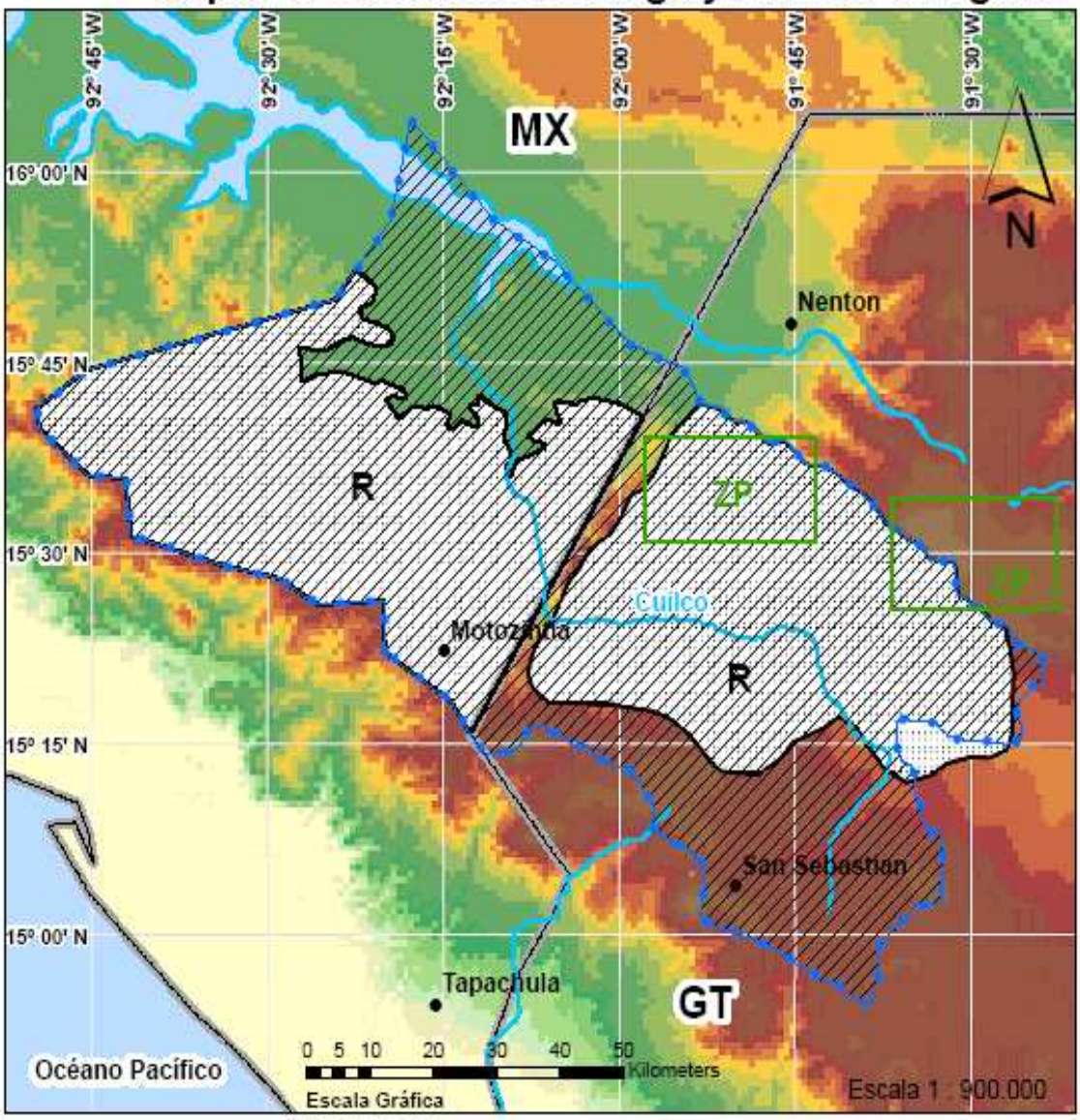
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

Guatemala: Preparado con la colaboración de: Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Chicomosuelo-Cuilco / Selegua

2C GT-MX

Mapa 2C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

500 - 750	2500 - 3000
400 - 500	2250 - 2500
300 - 400	2000 - 2250
200 - 300	1750 - 2000
150 - 200	1500 - 1750
100 - 150	1250 - 1500
50 - 100	1000 - 1250
0 - 50	750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
2C GT-MX

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

2C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CHICOMUSELO-CUILCO/SELEGUA GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Chicomuselo-Cuilco-Selegua se localiza en el Estado de Chiapas (México) y los departamentos de Huehuetenango, San Marcos y Quetzaltenango (Guatemala). La población más importante es la ciudad de Huehuetenango.

La población aproximada del sector mexicano es de 214.407 habitantes (según datos de 2005), mientras que en Guatemala se reportan 1.084.898 habitantes aproximadamente, ubicándose preferentemente en los valles aluviales y en las laderas de montañas.

El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 3.800 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero es de tipo libre, con desarrollo kárstico importante; está conformado en su parte superior por clásticos no consolidados y en su parte inferior por rocas kársticas limitadas inferiormente por rocas metamórficas y marinas.

Su permeabilidad secundaria es alta por karsticidad y fracturamiento y hay zonas conductoras asociadas con grandes fallas geológicas; tiene estrecha relación con las corrientes superficiales con las que intercambia agua en forma alternada. El agua circula de Guatemala hacia México.

La profundidad al nivel del agua subterránea varía de 1 hasta 10 m.

Las zonas de recarga al acuífero están integradas por la secuencia de calizas y areniscas que conforman las sierras que delimitan al valle. La recarga es muy cuantiosa debido a la alta permeabilidad de las rocas que rodean al valle y las abundantes lluvias. Su valor asciende a los 700 hm^3/año.

Debido a la abundancia de fuentes superficiales, la extracción de agua subterránea es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero. Se estima que dicha extracción sea del orden de 1,0 hm^3 /año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de la población a continuación.

Cuadro 2C/1: Datos de población

	México	Guatemala
• **Total:**	214.407 habitantes (2005)	1.084.898 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	17.613 hab. (8,2%) concentrada en Chicomuselo	249.639 hab. (23%)
• **Proyección (U) al 2030:**	23.736 hab.	253.883 hab.
• **Rural:**	196.794 hab. (91,8%)	835.259 hab. (77%)
• **Proyección (R) al 2030:**	265.206 hab.	1.604.531 hab.
• **Población indígena estimada:**	3.897 hab. (1,8%)	1.030.653 hab. (95%) (Mam, Kiché,Sipacapense, Jancobal y Jacalteco).
• **Población en zonas de recarga:**	115.984 hab. (54,1%)	650.939 hab. (60%)
• **Población en zonas de descarga:**	98.423 hab. (45,9%)	433.959 hab. (40%)

2.2 Usos

El agua subterránea es importante, especialmente durante los períodos de estiaje, aprovechándose la descarga de manantiales y la extraída mediante pozos someros en los valles para uso doméstico, pecuario y agrícola en pequeña escala.

Debido a que el abastecimiento de los sectores agropecuario y para consumo humano se hace mediante el aprovechamiento de las descargas de los manantiales, la extracción de agua subterránea mediante pozos profundos es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero. Se calcula una extracción anual de 1,0 hm^3 para el sector mexicano.

De acuerdo a lo expresado por Guatemala, en el Acuífero Cuilco/Selegua, se tiene bastante dependencia de los caudales de los manantiales, y entonces, cuando los períodos lluviosos son pobres, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales.

Guatemala reporta que los usos principales se distribuyen de la siguiente manera:

- Agroindustrias 5%
- Riego 30%
- Uso doméstico 50%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 5%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La calidad del agua subterránea se ha deteriorado como consecuencia de la contaminación antropogénica causada por las prácticas agropecuarias, las descargas de

aguas residuales y la falta de saneamiento ambiental básico y por incidencia de fenómenos meteorológicos extremos (huracanes).

En Guatemala, la percepción es que la contaminación normalmente tiende a aumentar. Color, olores, sabor, salinidad y enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática con el esfuerzo del control de los vectores por parte del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

3.2 Otras fuentes de agua

Del lado mexicano no existen fuentes alternas para el suministro de las poblaciones urbanas. Las comunidades rurales se abastecen de los manantiales que existen en las estribaciones de las sierras.

Ahora bien, para la porción guatemalteca del sistema acuífero, se indica que en los altiplanos pueden construirse pequeños embalses, en el pie de montaña se depende de las lluvias y los manantiales (por la calidad del agua), y en los valles aluviales se depende de los pozos artesanales y de unos pocos pozos mecánicos, siendo las alternativas, el agua de lluvia en la época lluviosa y los pozos artesanales en la época seca del año.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Dada la variación importante de su elevación topográfica, la precipitación pluvial media anual también es variable. Su valor medio es del orden de los 1.200 mm anuales.

Para Guatemala, en los últimos 5 años las lluvias se han comportado bastante normales, por lo que la mayoría de los pozos excavados o artesanales no se vieron drásticamente afectados en su recarga. Con la presencia de la Tormenta Stan se presentaron problemas de deslizamientos e inundaciones.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La zona se caracteriza por presentar una frecuente incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en la planicie aluvial del valle. Ahora bien, de acuerdo con las observaciones de los últimos 30 años se han dado altibajos positivos y negativos.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades urbanas y rurales mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

Al otro lado de la frontera, en los bosques semi-secos sub-tropicales en el área fronteriza, las sequías y las inundaciones pueden observarse todos los años dependiendo la época del mismo y está en función de la distribución espacial y cantidad de lluvia precipitada.

En las zonas de altiplano, las sequías climáticas impactan sobre la disponibilidad de caudales de pozos y manantiales. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas en las áreas de altiplanos.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente y/o en forma mecánica, principalmente en las zonas costeras, mientras que México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son los bosques, la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a pastizales y selva.

En Guatemala las unidades de paisaje son definidas como: tierras naturales y productivas en las Montañas de la Sierra Madre al sur de la cuenca y la Sierra de los Cuchumatanes al norte; Montañas de Tectitán, El Triunfo, Meseta de los Cuchumatanes; Montañas de Todos Santos Cuchumatán, Concepción y San Antonio Huista, Valle de Huehuetenango, los sitios arqueológicos de Zaculeu y la zona cafetalera de La Libertad y La Democracia donde se han obtenido premios internacionales por su café de primera.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de: pajonales en alturas mayores a 3.000 msnm, a continuación vienen los bosques de coníferas, pinabete y de perennifolias; de 1.900 a 1.500 bosques de quecus, robles y otras especies autóctonas, posteriormente, parte de la zona cafetalera del noroeste de Guatemala; en la planicie se observan bosques de sabana con alternancia de pastizales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Mientras que las principales coberturas naturales son los bosques, la selva, los pastizales, los usos del suelo corresponden a las zonas agrícolas y los centros de población.

Actualmente sobre el sistema acuífero se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, sorgo, hortalizas de clima templado, frutales subtropicales, ganaderías; y las urbanizaciones de las poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y los cafetales.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son; café, cacao, plátano, mango, maíz, caña de azúcar y papaya.

Guatemala cuantifica en: Plantaciones 45%; hatos de 5 a 15 animales/hectárea 35% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales 20%.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las áreas naturales protegidas que existen en el sector mexicano son el Pico del Loro y El Triunfo, mientras que en Guatemala se encuentran: tierras naturales en las Montañas de la Sierra Madre al sur de la cuenca; la Meseta de los Cuchumatanes, Montañas de Todos Santos Cuchumatán y de Concepción y San Antonio Huista.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En México, los ecosistemas que dependen del agua subterránea son los ríos Grijalva e Independencia y los humedales que se originan por la descarga subterránea en la Presa Belisario Domínguez (La Angostura) y reciben una importante descarga de aguas subterráneas en época de estiaje.

Por su parte, en Guatemala, las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales: Montañas de la Sierra Madre y de la Sierra de los Cuchumatanes.

Si bien dependen de los aportes del agua subterránea, no en todos lados la calidad química del agua es buena. Desde el punto de vista de la biodiversidad, todas las montañas son aprovechadas por animales, existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas para el sobrevuelo de las aves; también llegan muchas aves migratorias.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes), pero ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero. Mientras tanto México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos. En este último, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua es practicamente desconocida.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 2C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico se traduce en el valor de la producción agrícola y pecuaria, sin que se conozca la cifra de su valor. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones fronterizas de México y de Guatemala. Se tiene el inicio del ecoturismo, como también es importante el turismo arqueológico y etnológico, pero con una infraestructura muy pobre.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de ríos, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende en gran medida de la explotación del agua subterránea (incluida en ésta la descarga de los manantiales). **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos en las cuencas de los ríos Cuilco y Selegua.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación, pero puede ser importante dado el índice de marginación de la población indígena. **Guatemala:** Pobreza del 85%.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada. **Guatemala:** La poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea y superficial para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación y para pequeñas hidroeléctricas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la CILA.

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

A pesar de que no se han identificado efectos transfronterizos, dado el escaso conocimiento general del acuífero, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios binacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales. Existe riesgo de contaminación en las partes altas del acuífero.

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

AUTORES Y FUENTES

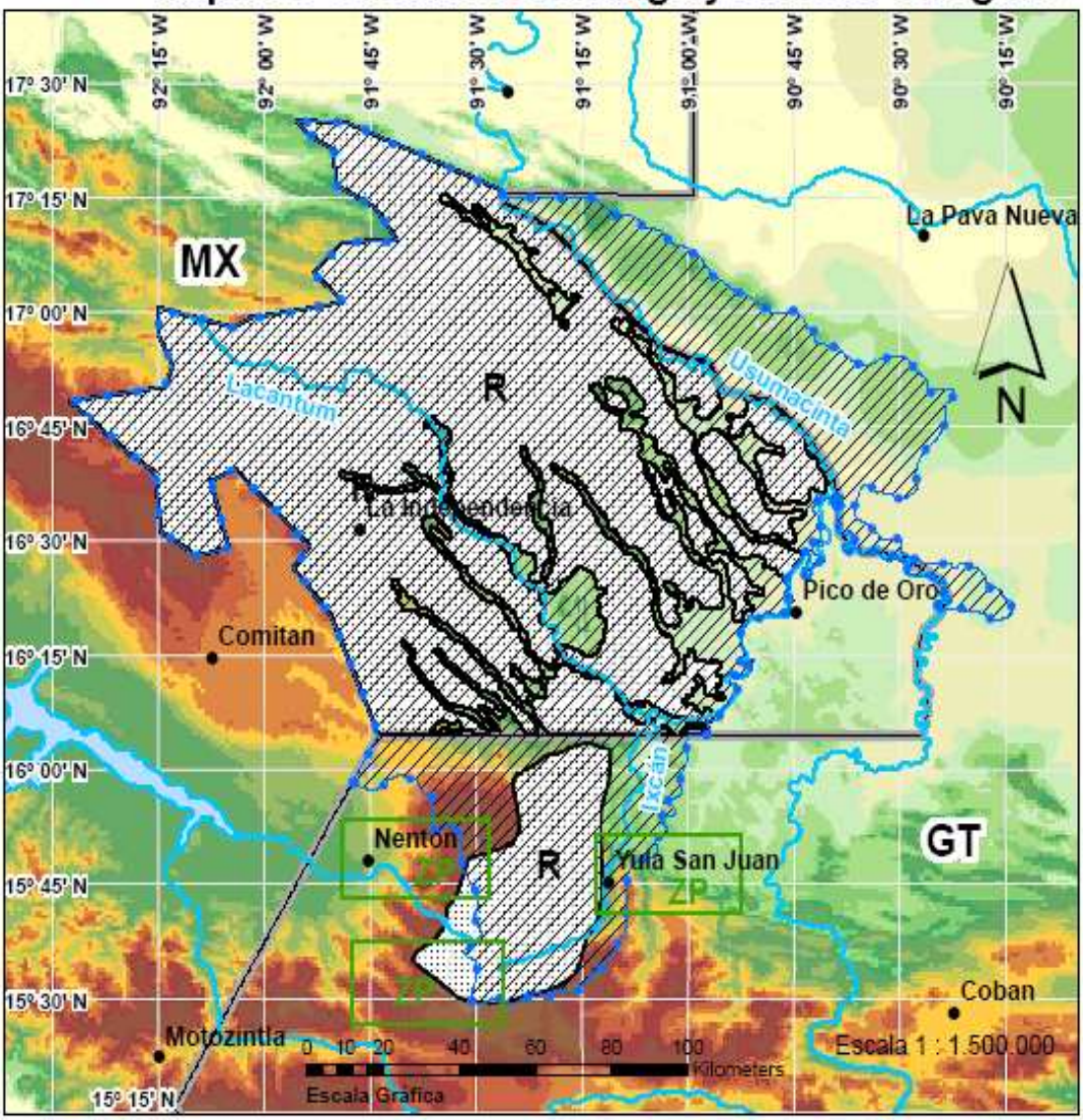
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Ocosingo-Usumacinta-Pocóm-Ixcán

3C GT-MX

Mapa 3C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



3C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO OCOSINGO-USUMACINTA-POCÓM-IXCÁN
GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El sistema transfronterizo se localiza en el Estado de Chiapas (México) y en los departamentos de Huehuetenango, Petén y Quiché (Guatemala). El relieve es montañoso, con valles y mesetas intermontanos.

La población aproximada del sector mexicano es de 287.263 habitantes (según datos de 2005), mientras que en Guatemala se reportan 506.880 habitantes aproximadamente.

La población está dispersa en pequeñas comunidades, en donde se utiliza el agua para usos doméstico y agropecuario; las principales poblaciones de Guatemala lo constituyen Sayaxché y el Triángulo Ixil.

El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 15.400 km^2.

1.2 Características del acuífero

La geología predominante es de rocas sedimentarias calizas y sedimentos marinos. El acuífero está constituido por rocas kársticas que representan complejos sistemas de circulación subterránea, asociados con grandes cavernas y fracturas.

El agua subterránea circula de Guatemala hacia México y descarga al Río Usumacinta, que es el nivel del caudal base. En algunas áreas, el agua subterránea se caracteriza por su alto contenido de sulfatos y carbonatos que la hacen poco apta para el consumo humano y animal. El acuífero ha sido poco estudiado, aunque se dispone de información obtenida en los estudios y exploraciones petroleras. El conocimiento hidrogeológico es pobre a causa del escaso desarrollo local. Las mediciones hidrométricas sobre el Río Usumacinta, proporcionan una idea del caudal base aportado por el acuífero.

El agua subterránea es de poca importancia relativa, porque los niveles del agua están profundos; se capta de manantiales y de pozos profundos.

Las zonas de recarga al acuífero están integradas por las rocas calizas que conforman las sierras que delimitan al valle. Aunque no se tiene una evaluación de la recarga media anual que recibe el acuífero, se supone que es muy cuantiosa debido a la alta permeabilidad de las rocas, las abundantes lluvias y la extensa superficie que cubre el acuífero.

1.3 Explotación y caudales

El agua subterránea es de poca importancia relativa, porque los niveles del agua están profundos. Es captada en los manantiales y mediante pozos profundos, además, tal como expresa México, debido a la abundancia de fuentes superficiales, la extracción de agua

subterránea es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero, estimándose que la misma sea del orden de 3,0 hm^3 anuales.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 3C/1: Datos de población

	México	Guatemala
• **Total:**	287.263 habitantes (2005)	506.880 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	28.495 hab. (9,2%)	79.518 hab. (15,69%)
• **Proyección (U) al 2030:**	41.045 hab.	139.860 hab.
• **Rural:**	260.768 hab.	427.362 hab. (84,31%)
• **Proyección (R) al 2030:**		896.421 hab.
• **Población indígena estimada:**	157.846 hab. (55%)	481.536 hab. (95%) (Mam, Jacalteco, Kanjobaly, Chuj).
• **Población en zonas de recarga:**	263.874 hab. (91,86%)	304.128 hab. (60%)
• **Población en zonas de descarga:**	23.389 hab. (8,.14%)	202.752 hab. (40%)

2.2 Usos

El acuífero abastece a la población rural que utiliza el agua con fines doméstico y pecuario; así mismo, alimenta a los ríos y sostiene la vegetación ribereña especialmente durante los períodos de estiaje.

En el Acuífero Pojom – Ixcán, se tiene mucha dependencia de los caudales de los manantiales, cuando los períodos lluviosos son pobres, entonces, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales.

En cuanto a los porcentajes de uso, Guatemala presenta los siguientes:

- Agroindustrias 5%
- Riego 30%
- Uso doméstico 50%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 5%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

El agua presenta de manera natural altas concentraciones de sulfatos y carbonatos derivados de las rocas por las que circula.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La calidad del agua subterránea se ha deteriorado como consecuencia de la contaminación antropogénica causada por las descargas de aguas residuales y la falta de saneamiento ambiental básico. También la incidencia de fenómenos meteorológicos extremos causa deterioro de la calidad.

En el Acuífero Pojom – Ixcán, se tiene mucha dependencia del caudal de los manantiales, cuando los períodos lluviosos son pobres, entonces, algunos manantiales reducen considerablemente su caudal.

3.3 Otras fuentes de agua

Del lado mexicano no existen fuentes alternas para el suministro de las poblaciones urbanas. Las comunidades rurales se abastecen de los manantiales que existen en las estribaciones de las sierras.

Ahora bien, para la porción guatemalteca del sistema acuífero, se indica que en los altiplanos pueden construirse pequeños embalses, en el pie de montaña se depende de las lluvias y los manantiales (por la calidad del agua), y en los valles aluviales se depende de los pozos artesanales y de unos pocos pozos mecánicos, siendo las alternativas, el agua de lluvia en la época lluviosa y los pozos artesanales en la época seca del año.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Dada la variación importante de su elevación topográfica, la precipitación pluvial media anual también es variable. Se considera que su valor medio anual es del orden de los 1.200 mm anuales.

Para Guatemala en los últimos 5 años las lluvias se han comportado bastante normales, por lo que, a través de lo observado en la mayoría de los pozos excavados o artesanales, la recarga no se vio drásticamente afectada. Con la presencia de la Tormenta Stan se presentaron problemas de deslizamientos e inundaciones en la cuenca baja.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que podrán repercutir directamente en el régimen de recarga de las rocas calcáreas que conforman las zonas de captación.

A partir de las observaciones realizadas en los últimos 30 años se han comprobado altibajos positivos y negativos en el régimen pluviométrico. Ahora bien, uno de los factores que puede alterar en forma significativa la recarga en áreas de pendientes y con cobertura vegetal es el cambio en el uso del suelo y el avance de las urbanizaciones.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades urbanas y rurales mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

Al otro lado de la frontera, en los bosques muy lluviosos tropicales en el área fronteriza con México, las inundaciones pueden observarse todos los años dependiendo la época del mismo y está en función de distribución espacial y cantidad de lluvia precipitada.

Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México. En las zonas de altiplano, las sequías climáticas impactan sobre la disponibilidad de caudales de pozos y manantiales. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas en las áreas de altiplanos y en las zonas de cavernas (acuíferos karst).

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente y/o en forma mecánica, principalmente en las zonas con pozos artesanales, mientras que México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son los bosques, la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a pastizales y selva.

En Guatemala las unidades de paisaje son definidas como: tierras naturales y productivas en las Montañas de la Sierra de los Cuchumatanes al sur; Meseta de los Cuchumatanes; Montañas de Todos Santos Cuchumatán, y la zona selvática de Ixcán y Playa Grande. También las zonas ganaderas de Playa Grande.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de: pajonales en alturas mayores de los 3.000 msnm, a continuación vienen los bosques de coníferas, pinabete y de perennifolias; de 1.900 a 1.500 bosques de quecus, robles y otras especies autóctonas, y posteriormente, las zonas selváticas tropicales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Mientras que las principales coberturas naturales son los bosques, la selva, los pastizales, los usos del suelo corresponden a las zonas agrícolas y los centros de población.

Actualmente sobre el sistema acuífero se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, trigo, papa, avena, hortalizas de clima templado, frutales subtropicales, ganaderías; y las urbanizaciones de las poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son: café, cacao, plátano, mango, maíz, caña de azúcar y papaya.

Guatemala cuantifica en: Plantaciones 35%; hatos de 5 a 100 animales/hectárea 15% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales 60%.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las áreas naturales protegidas mexicanas que se localizan en este sistema acuífero son las Lagunas de Montebello y la Reserva de la Biosfera Montes Azules. Existen otras conocidas con los nombres de Chan-kin, Yaxchilán, Metzabok, Bonanpak y Lacantun.

En Guatemala mientras tanto encontramos: La Meseta de los Cuchumatanes, Montañas de Todos Santos Cuchumatán, zonas protegidas de Santa Eulalia, Barillas, Nebaj, Playa Grande e Ixcán.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Los ecosistemas mexicanos que dependen del agua subterránea son los ríos, en especial el Usumacinta y Lacantun, los humedales que se originan en sus lechos, las Lagunas de Montebello y una serie de lagos entre los que destacan Ocotal, Ojos Azules, Suspiro, Santa Clara, Guineo, Baquelte, Metzaboc y Laguna Amarilla. Todos los ecosistemas mencionados anteriormente reciben descarga de aguas subterráneas.

En Guatemala, las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales de la Sierra de los Cuchumatanes. Si bien dependen de los aportes del agua subterránea, no en todos lados la calidad química del agua es buena. Desde el punto de vista de la biodiversidad, todas las montañas son aprovechadas por animales silvestres, existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas para el sobrevuelo de las aves; también llegan muchas aves migratorias.

Toda la red hidrográfica de las cuencas de los ríos Pojom e Ixcán, reciben importante descarga de agua subterránea del sistema acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes), pero ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero. Mientras tanto México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos. En este último país, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua es practicamente desconocida.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 3C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**México:** El beneficio económico que se obtiene del uso del agua subterránea es mínimo ya que la extracción es incipiente. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones fronterizas de México y de Guatemala. Se tiene el inicio del ecoturismo, como también es importante el turismo arqueológico, paleontológico y etnológico, pero con una infraestructura muy pobre.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de ríos, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende también de la explotación del agua subterránea (incluida en esta la descarga de los manantiales). **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos en las cuencas de los ríos Pojom e Ixcán y sus afluentes.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**México:** No se tiene una estimación, pero puede ser importante dado el índice de marginación de la población indígena. **Guatemala:** Pobreza del 75%.

• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada. La reducción significativa del caudal base de los ríos Chixoy y Xaclbal afectaría sus sistema fluviales y los humedales de la región. **Guatemala:** La poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea y superficial para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios la calidad del agua es dura.

9 TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la CILA.

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

A pesar de que no se han identificado efectos transfronterizos, dado el escaso conocimiento general del acuífero, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios binacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales. Existe riesgo de contaminación en las partes altas del acuífero.

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

AUTORES Y FUENTES

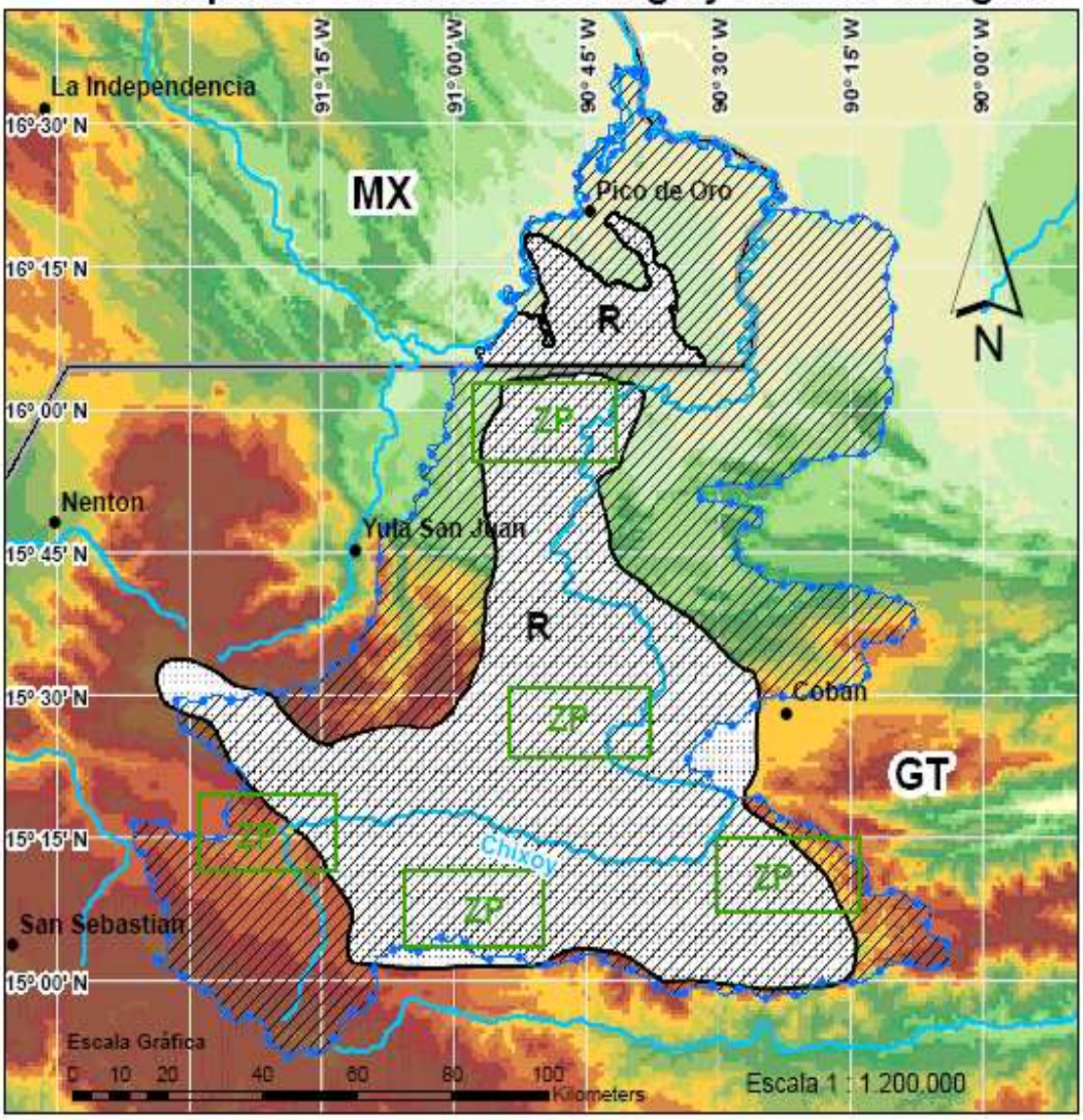
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañon Arcos

Guatemala: Preparado con la colaboración de: Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Márquez de Comillas-Chixoy / Xaclbal

4C GT-MX

Mapa 4C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

500 - 750	2250 - 2500
400 - 500	2000 - 2250
300 - 400	1750 - 2000
200 - 300	1500 - 1750
150 - 200	1250 - 1500
100 - 150	1000 - 1250
50 - 100	750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
4C GT-MX

Programa UNESCO-OEA
ISARM Americas

4C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO MÁRQUEZ de COMILLAS-CHIXOY/XACLBAL
GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Marqués de Comillas-Chixoy-Xaclbal se extiende en el Estado de Chiapas (México) y en los departamentos de Totonicapán, Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén (Guatemala).

En el lado mexicano, la población aproximada es de 21.765 habitantes, según datos del año 2005, mientras que en Guatemala, la población es de 1.817.032 habitantes y se ubica en los valles aluviales, altiplanos, laderas de montañas y en las tierras bajas.

El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 1.600 km^2.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero se encuentra alojado en sedimentos aluviales y rocas sedimentarias del Terciario, principalmente calizas y dolomitas cretácicas que presentan extensas áreas de circulación kárstica. Por estar en rocas kársticas presenta complejos sistemas de circulación subterránea asociado con grandes cavernas y fracturas. El agua subterránea circula de Guatemala hacia México y la descarga es a través de los ríos Salinas y La Pasión (Guatemala).

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Existen manantiales localizados en las partes altas de las cuencas, pero los niveles del agua subterránea son muy variados, presentándose de 1 a 8 m en los depósitos aluviales, mientras que en las rocas calcáreas, estos niveles normalmente son profundos.

1.4 Zonas de recarga

Las zonas de recarga al acuífero están integradas por la secuencia de areniscas y lutitas que conforman las sierras que delimitan al valle. No se ha realizado un estudio hidrogeológico que permita la estimación de la recarga, aunque se considera que ésta sea importante, debido a la presencia de la secuencia de arenisca y lutitas, y se ha estimado un valor conservador mínimo probable del orden de los 30 hm^3/año.

1.5 Explotación y caudales

En las parte altas de la cuenca, el agua subterránea se aprovecha por medio de pozos excavados, pozos perforados y manantiales. En las partes bajas el aprovechamiento es escaso. Debido a la abundancia de fuentes superficiales, la extracción de agua subterránea es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero. Se estima que dicha extracción no supera el valor de 1 hm^3/año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 4C/1: Datos de población

	México	Guatemala
• **Total:**	21.765 habitantes (2005)	1.817.032 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	No existe población urbana	470.139 hab. (25,87%)
• **Proyección (U) al 2030:**		653.493 hab.
• **Rural:**	21.765 hab. (100%)	1.346.893 hab. (74,13%)
• **Proyección (R) al 2030:**	44.041 hab.	2.587.379 hab.
• **Población indígena estimada:**	6.329 hab. (29%)	1.544.477 hab. (85%) (Mam, Aguacateca, Kanjobal, Ixil, Kiché, Uspanteco, Kekchí, Pocomchí, Kiché-Achí y Lacandón-Chol).
• **Población en zonas de recarga:**	7.474 hab. (34,34%)	726.812 hab. (40%)
• **Población en zonas de descarga:**	14.291 hab. (65,66%)	1.090.219 hab. (60%)

2.2 Usos

Para México, debido a que el abastecimiento de los sectores agropecuario y para consumo humano se hace mediante el aprovechamiento de las descargas de los manantiales, la extracción de agua subterránea mediante pozos es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero y se estima que la misma sea del orden del 1 hm^3/año.

Mientras tanto, en Guatemala, el sistema acuífero abastece a la población urbana y rural que utiliza el agua con fines domésticos, agropecuarios y principalmente en pequeños sistemas de irrigación; estando distribuido ese uso de la siguiente manera:

- Agroindustrias 5%
- Riego 20%
- Uso doméstico 60%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 5%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Aunque no se dispone de información referente a la calidad química del agua subterránea, es posible que en algunos sitios contenga altas concentraciones de sulfatos y carbonatos, debido a la naturaleza calcárea y kárstica de las rocas por las que circula.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aunque la disponibilidad de agua subterránea y superficial es abundante, la calidad química restringe su uso en algunos lugares.

En el Acuífero Chixoy – Xaclbal, se tiene mucha dependencia de los caudales de los manantiales y, cuando los períodos lluviosos son pobres, entonces, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales.

La contaminación normalmente tiende a aumentar o a mantenerse. Color, olores, sabor y la salinidad mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

3.3 Otras fuentes de agua

Del lado mexicano no existen fuentes alternas para el suministro de las poblaciones. Las comunidades rurales se abastecen de los manantiales que existen en las estribaciones de las sierras y cuando sus acueductos son destruidos por eventos meteorológicos extremos son construidos nuevamente.

Ahora bien, para la porción guatemalteca del sistema acuífero, se indica que en los altiplanos pueden construirse pequeños embalses, en el pie de montaña se depende de las lluvias y los manantiales (por la calidad del agua), y en los valles aluviales, las alternativas son el agua de lluvia en la época lluviosa y los pozos artesanales en la época seca del año.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Tomando como base los últimos 5 años, el comportamiento pluviométrico fue bastante normal, siendo la precipitación pluvial media anual del orden de los 2.200 mm; y no se ha observado consiguientemente una modificación significativa en la recarga.

Con la presencia de la Tormenta Stan se presentaron problemas de deslizamientos e inundaciones en la cuenca baja; y en el año 2008 las cuencas sufrieron inundaciones históricas con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en la planicie aluvial del valle.

De todas formas, por los registros de los últimos 30 años, se observa que han habido altibajos positivos y negativos, pero básicamente no se prevén cambios en el régimen de lluvias a futuro.

La recarga en áreas de pendientes y con cobertura vegetal se afecta por el cambio en el uso del suelo y por el avance de las urbanizaciones.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

Al otro lado de la frontera, en los bosques muy lluviosos tropicales en el área fronteriza con México, las inundaciones son recurrentes, y pueden observarse todos los años dependiendo la época del mismo y está en función de distribución espacial y cantidad de lluvia precipitada.

Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México. En las zonas de altiplano, las sequías climáticas impactan sobre la disponibilidad de caudales de pozos y manantiales. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas en las áreas de altiplanos y en las zonas de cavernas (acuíferos karst).

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente y/o en forma mecánica, principalmente en las zonas con pozos artesanales, mientras que México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a pastizales y selva.

En Guatemala las unidades de paisaje son definidas como: tierras naturales y productivas en las Montañas de la Sierra de Chuacús, Sierra de Chamá, Sierra de

Chinajá, Montañas de Nebaj, Chajul y el Triángulo Ixil, los valles productivos de San Jerónimo, Salamá y Rabinal, la zona selvática de Ixcán y Playa Grande. También las zonas ganaderas de Playa Grande y Chisec.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de: pajonales en alturas mayores de los 3.000 msnm, a continuación vienen los bosques de coníferas, pinabete y de perennifolias; de 1.900 a 1.500 bosques de quecus, robles y otras especies autóctonas, y posteriormente, las zonas selváticas tropicales y algunas áreas con bosque de sabana.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Mientras que las principales coberturas naturales son la selva y los pastizales, los usos del suelo corresponden a las zonas agrícolas y los centros de población.

Actualmente sobre el sistema acuífero se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, trigo, papa, avena, hortalizas de clima templado, frutales subtropicales, ganaderías; y las urbanizaciones de las poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y en las áreas bajas existen bosques tropicales, sabanas y zonas con pastos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son; café, cacao, plátano, mango, caña de azúcar, maíz y papaya.

Guatemala cuantifica en: Plantaciones 30%; hatos de 5 a 100 animales/hectárea 15% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales 65%.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos.

En México existe un área natural protegida llamada Marqués de Comillas, mientras que en Guatemala: La Meseta de los Cuchumatanes, Montañas de la Sierra de Chuacús, Sierra de Chamá, Sierra de Chinajá, Montañas de Nebaj, Chajul y el Triángulo Ixil, Chisec, Playa Grande e Ixcán.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En México, los ecosistemas que dependen del agua subterránea son los ríos Lacantún y Salinas y los humedales que se originan en sus lechos, los que reciben una importante descarga de aguas subterráneas en época de estiaje.

En Guatemala, las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales de la Sierra de los Cuchumatanes. Si bien dependen de los aportes del agua subterránea, no en todos lados la calidad química del agua es buena. Desde el punto de vista de la

biodiversidad, todas las montañas son aprovechadas por animales silvestres, existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas como alimento en el sobrevuelo de las aves; a esta zona también llegan muchas aves migratorias.

Toda la red hidrográfica de las cuencas de los ríos Chixoy y Xaclbal, reciben importante descarga de agua subterránea del sistema acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes). Mientras tanto México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos. En este último país, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua, es practicamente desconocida.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 4C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**México:** El beneficio económico que se obtiene del uso del agua subterránea es mínimo ya que la extracción es incipiente. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones fronterizas de México y de Guatemala. Se tiene el inicio del ecoturismo, como también es importante el turismo arqueológico, paleontológico y etnológico, pero con una infraestructura muy pobre.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de ríos, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende también de la explotación del agua subterránea (incluída en ésta la descarga de los manantiales). **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses (En la parte media puede durar hasta 8 meses), en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos y en la parte baja se depende de los ríos de las cuencas de los ríos Chixoy y Xaclbal y sus afluentes.

Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**México:** No se tiene una estimación, pero puede ser importante dado el índice de marginación de la población indígena. **Guatemala:** Pobreza del 75%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada. **Guatemala:** La poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea y superficial para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios la calidad es de aguas duras.

9 TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la CILA.

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

A pesar de que no se han identificado efectos transfronterizos, dado el escaso conocimiento general del acuífero, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios binacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales. Existe riesgo de contaminación en las partes altas del acuífero.

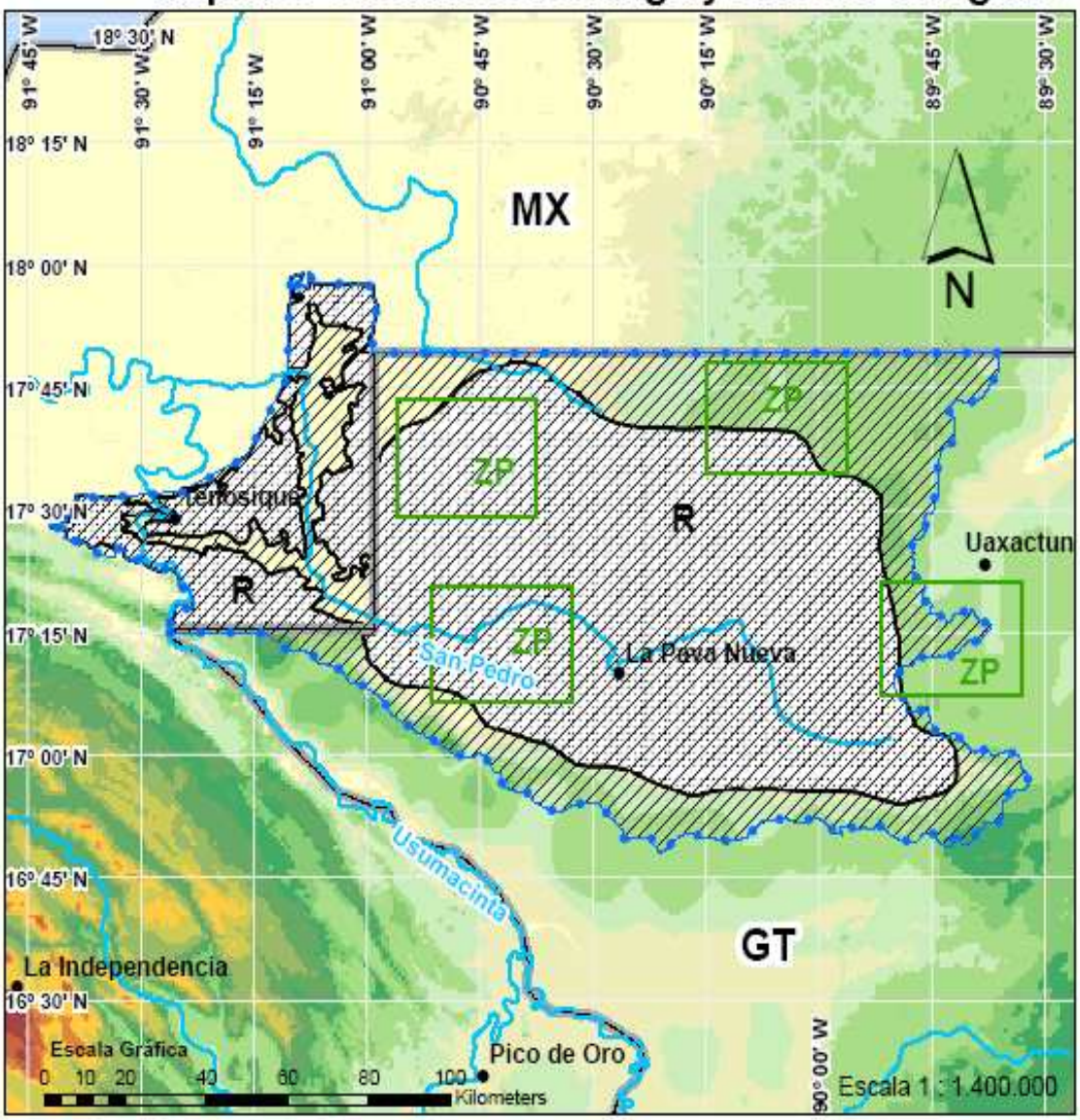
Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

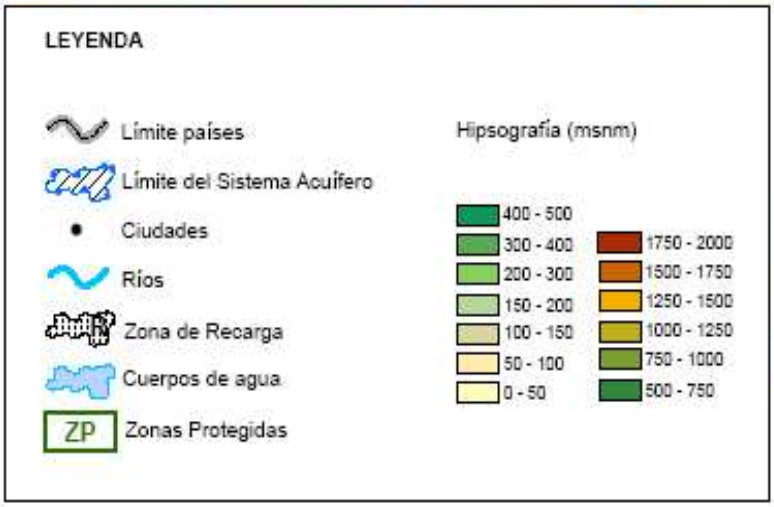
AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

Guatemala: Preparado con la colaboración de: Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Boca del Cerro-San Pedro
5C GT-MX
Mapa 5C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





5C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO BOCA DEL CERRO-SAN PEDRO
GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Boca del Cerro-San Pedro se extiende en los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán (México) y en el Departamento de Petén (Guatemala). La mayoría de la población del lado de Guatemala se encuentra en la cabecera de la cuenca hidrográfica; mientras que en el lado mexicano se ubica en las partes bajas.

En el lado mexicano, la población aproximada es de 76.907 habitantes, según datos del año 2005, mientras que en Guatemala, la población es de 175.473 habitantes y se ubica en los valles de sabana, en los cauces de ríos y a orillas de los lagos.

El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 2970 km^2.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero se localiza sobre calizas y dolomitas que tienen elevado grado de permeabilidad por fracturamiento y de extensas áreas con desarrollo de circulación kárstica. En las zonas medias y bajas se tienen sedimentos marinos terrígenos, areniscas calizas arcillosas y lutitas, cubiertas por sedimentos recientes, depositadas en el ambiente continental.

En la mayoría del área el acuífero es libre conformado por materiales no consolidados. Es un acuífero multiestrato de modesta productividad y niveles de permeabilidad variable, primaria y secundaria, generalmente baja con intercalación de niveles impermeables a semipermeables. En estratos profundos puede encontrarse un acuífero de buena productividad. El flujo es de este a oeste dirigiéndose hacia el Golfo de México.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Los niveles del agua subterránea varían de 1 a 8 m en los depósitos aluviales. En las rocas calcáreas los niveles son más profundos.

1.4 Zonas de recarga

Las zonas de recarga al acuífero están integradas por la secuencia de calizas y areniscas que conforman las sierras que delimitan al valle. La recarga es muy cuantiosa debido a la alta permeabilidad de las rocas que rodean al valle y las abundantes lluvias. Se estima que su valor asciende a los 785 hm^3/año.

1.5 Explotación y caudales

Debido a la abundancia de fuentes superficiales, la extracción de agua subterránea es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero. Se estima que dicha extracción sea del orden de los 2,0 hm^3 anuales.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 5C/1: Datos de población

	México	Guatemala
• **Total:**	76.907 habitantes (2005)	175.473 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	30.042 hab. (39,1%) Concentrada en la ciudad de Tenosique	64.592 hab. (36,81%)
• **Proyección (U) al 2030:**	36.673 hab.	87.070 hab.
• **Rural:**	46.865 hab. (60,9 %)	110.881 hab. (63,19%)
• **Proyección (R) al 2030:**	57.209 hab.	173.305 hab.
• **Población indígena estimada:**	3.671 hab. (4,8 %)	43.868 hab. (25%) (Kekchí, Maya-Itzá, Kiché, Lacandón, Mopán y Yucateco)
• **Población en zonas de recarga:**	63.886 hab. (83,07%)	122.831 hab. (70%)
• **Población en zonas de descarga:**	13.021 hab. (16,93%)	52.642 hab. (30%)

2.2 Usos

Para México, debido a que el abastecimiento de los sectores agropecuario y para consumo humano se hace mediante el aprovechamiento del agua de los ríos, la extracción de agua subterránea mediante pozos es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero y se estima que la misma sea del orden de los 2 hm^3/año.

Mientras tanto, en Guatemala, el sistema acuífero abastece de agua a las poblaciones del área urbana central de Petén, y el total de usos se distribuya de la siguiente manera:

- Agroindustrias 5%
- Riego 5%
- Uso doméstico 10%
- Abrevadero 20%
- Otros usos 60%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

No se dispone de información reciente de la calidad química del agua subterránea; en algunos sitios contiene altas concentraciones de sulfatos y carbonatos, debido a la naturaleza calcárea y kárstica de las rocas por las que circula, en la parte superior del acuífero.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aunque la disponibilidad de agua subterránea y superficial es abundante, la calidad química podría restringir su uso en algunos lugares.

En el Acuífero San Pedro (Guatemala), se tiene dependencia de los caudales de los manantiales y de los ríos, por lo tanto cuando los períodos lluviosos son pobres, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales.

Las concentraciones de los contaminantes normalmente mantienen sus niveles, por el hecho de ser una región poco poblada. Color, olores, sabor y la salinidad mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

3.3 Otras fuentes de agua

Del lado mexicano no existen fuentes alternas para el suministro de la población urbana. Las comunidades rurales se abastecen de los manantiales y ríos de la región y cuando sus acueductos son destruidos por eventos meteorológicos extremos son construidos nuevamente.

Ahora bien, para la porción guatemalteca del sistema acuífero, se indica que pueden construirse pequeños embalses, los que localmente se conocen con el nombre de aguadas o juleques; en general se depende de las lluvias para obtener agua de buena calidad organoléptica; por lo tanto también del agua de los ríos, arroyos y lagos. El agua de los pantanos y áreas manantiales casi siempre muestran un sabor un tanto desagradable.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

La precipitación pluvial media anual es del orden de los 2.000 mm; en los últimos 5 años las lluvias se han comportado de forma relativamente normal, inclusive en algunos casos con volúmenes por encima de la media, provocando inundaciones que afectaron a las tierras bajas de Guatemala y México.

La mayoría de los manantiales se vieron favorecidos, así como la recarga de pozos excavados y probablemente de los pocos pozos perforados.

Con la presencia de la Tormenta Stan se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja. En el año 2008, las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

No se prevén cambios en el régimen de lluvias, si bien la zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en la planicie aluvial del valle y en sus zonas de recarga constituidas por rocas calcáreas.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se afecta por el cambio en el uso del suelo y la deforestación.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

En Guatemala, en esta región se tienen climas de bosques tropicales lluviosos hasta muy lluvioso en algunos valles se da lugar a extensas sabanas. La mayoría de la zona acuífera se encuentra en suelos karst, por lo que existe un intercambio muy directo y alternativo entre aguas subterráneas y superficiales. En esta cuenca las inundaciones son recurrentes todos los años dependiendo de la época del año, y está en función del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México.

En esta zona la actividad sísmica es escasa, pero los terremotos si cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas y por los derrumbes en cavernas (suelos karst).

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos.

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente y/o en forma mecánica, principalmente en las zonas con pozos artesanales y manantiales, mientras que México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a pastizales y selva.

En Guatemala, las unidades de paisaje son definidas como tierras naturales forestadas (que constituyen la mayor parte de la cuenca). En las áreas planas, principalmente en las zonas de sabanas, se encuentran las principales áreas productivas de agricultura y ganadería; así como también en las márgenes de los ríos y de lagos. Las poblaciones se encuentran a la orilla de ríos y lagos o dónde existe alguna fuente de agua de calidad organoléptica aceptable. En muchas áreas la comunicación es vía fluvial o lacustre.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de bosques tropicales en la mayor parte de la cuenca. Las áreas planas estuvieron constituidas por sabanas y pastos naturales. El relieve es de poca elevación (<600 msnm).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En México, las principales coberturas y usos del suelo son la selva, los pastizales, las zonas agrícolas y los centros de población, mientras que en Guatemala, actualmente sobre los acuíferos se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, frijol, hortalizas de clima cálido, frutales tropicales, ganadería y las urbanizaciones de algunas poblaciones. Las áreas poco planas se encuentran cubiertas con especies de bosques tropicales, áreas de sabana y zonas con pastos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son; café, cacao, plátano, mango, caña de azúcar, maíz y papaya.

En Guatemala, los principales sistemas productivos se reparten en: plantaciones 10%; hatos de 5 a 25 animales/hectárea 15% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales 75%.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la porción mexicana del sistema acuífero no existen áreas naturales protegidas, mientras que en Guatemala se encuentran: El Mirador, Calzada Maya, Biotopo Cerro Cahuí, Carmelita, Paso Caballos, El Naranjo, El Ceibo, San Pedro Mactún, Nacchtún, La Muralla, Laguna Perdida, Laguna La Gloria, Laguna San Diego y Laguna de Yeso

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Los ecosistemas mexicanos que dependen del agua subterránea son los ríos, especialmente el Usumacinta y los humedales que origina en su lecho. Existen además lagos importantes entre los que destacan El Pucté, Ensenada Grande y La Tomadita.

Todas las áreas bajas en Guatemala dependen de los aportes de las aguas subterráneas, porque en estas zonas se mezclan las aguas subterráneas con las aguas superficiales

como consecuencia del grado de meteorización de las rocas calizas y los sedimentos marinos y las capas de yeso presentes en la estratigrafía de la zona.

Todas las montañas son frecuentadas por animales silvestres. Existe un número considerable de plantas autóctonas algunas de las cuales son utilizadas como alimento por las aves; también se produce el pasaje de varias especies de aves y animales migratorios.

Los ríos y los humedales que originan, además de los lagos, reciben una importante descarga de aguas subterráneas en época de estiaje.

En Guatemala, el Lago Petén Itzá, es una ventana del nivel freático y su área aproximadamente es de 100 km². Luego, toda la red hidrográfica recibe aporte de las aguas subterráneas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes). Mientras tanto, México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos, en este último país, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua, es practicamente desconocida.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Ver cuadro de aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero a continuación.

Cuadro 5C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**México:** El beneficio económico que se obtiene del uso del agua subterránea es mínimo ya que la extracción es incipiente. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de ríos y lagos son utilizados para el transporte fluvial y lacustre. La mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones locales y parte en la zona fronteriza con México. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo arqueológico, paleontológico y etnológico. Se cuenta con sistemas hoteleros formales y de primera.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de ríos, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende también de la explotación del agua subterránea (incluida en ésta la descarga de los manantiales). **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 3 a 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de algunos pozos perforados. En la parte baja, se depende de los afluentes del Río San Pedro, cuando la calidad del agua lo permite; caso similar sucede con los lagos y lagunas.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**México:** No se tiene una estimación, pero puede ser importante dado el índice de marginación de la población indígena. **Guatemala:** Pobreza del 75%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada, principalmente el sistema fluvial del Río Usumacinta. **Guatemala:** Colapsarían también una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras.

9 TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la CILA.

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

A pesar de que no se han identificado efectos transfronterizos, dado el escaso conocimiento general del acuífero, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios binacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales. Existe riesgo de contaminación en las partes altas del acuífero.

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

AUTORES Y FUENTES

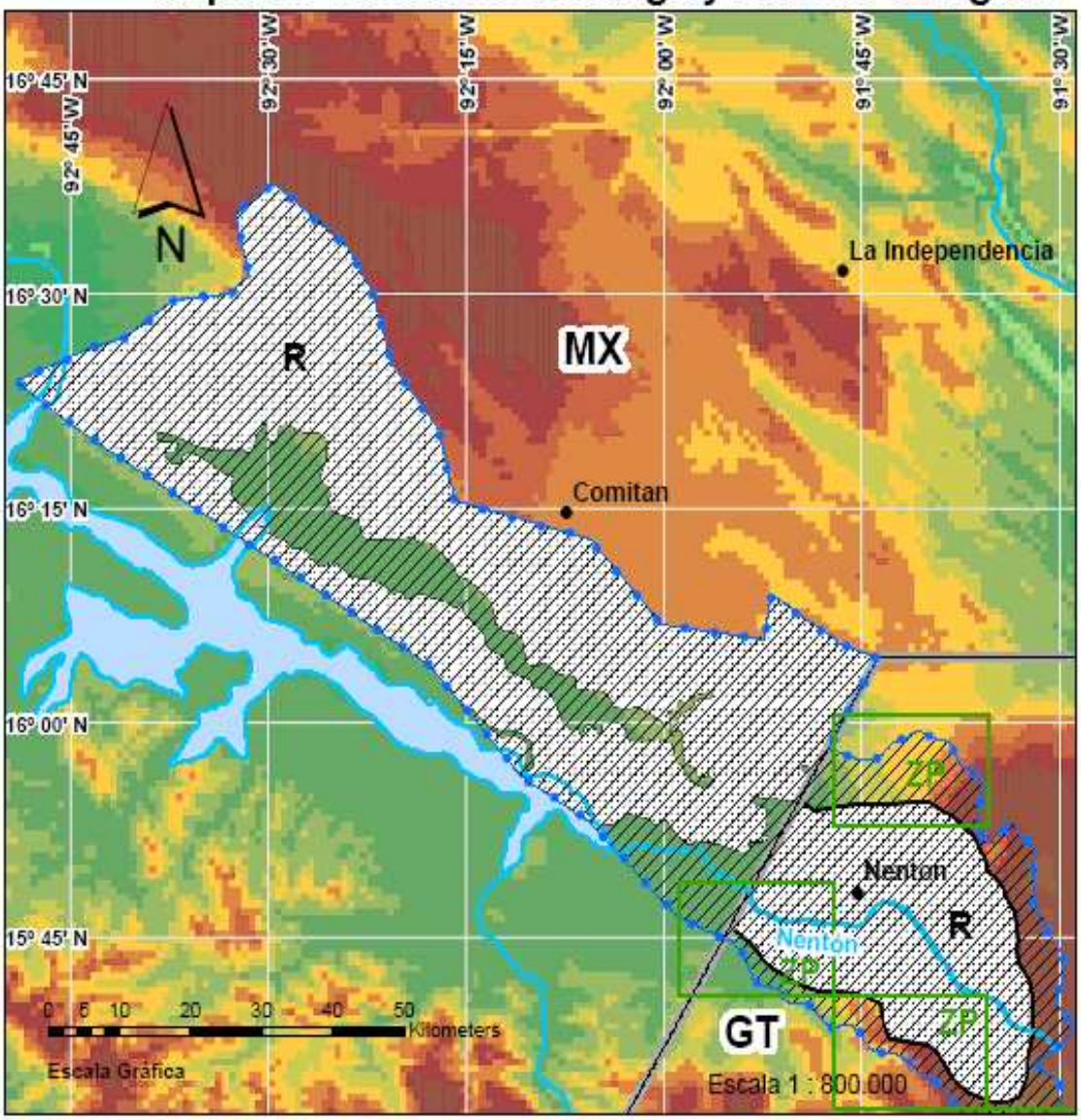
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

Guatemala: Preparado con la colaboración de: Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Trinitaria-Nentón

6C GT-MX

Mapa 6C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

500 - 750	2500 - 3000
400 - 500	2250 - 2500
300 - 400	2000 - 2250
200 - 300	1750 - 2000
150 - 200	1500 - 1750
100 - 150	1250 - 1500
50 - 100	1000 - 1250
0 - 50	750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
6C GT-MX

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

6C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO LA TRINITARIA-NENTÓN GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero La Trinitaria-Nentón se localiza en el Estado de Chiapas en México y en el Departamento de Huehuetenango en Guatemala. El relieve es montañoso con valles intermontanos estrechos.

En el lado mexicano, la población aproximada es de 182.046 habitantes, según datos del año 2005, mientras que en Guatemala, la población es de 367.363 habitantes y se ubica en los valles aluviales y en las laderas de montañas.

El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 3.440 km^2

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero está alojado en un relleno de materiales no consolidados, depositado sobre una estructura sinclinal de rocas calcáreas. El acuífero es del tipo libre, de permeabilidad media y baja capacidad de almacenamiento.

Sus niveles freáticos son someros y tiene estrecha conexión con las corrientes superficiales, con las que intercambia agua. El agua fluye en el subsuelo de Guatemala hacia México.

Sus niveles freáticos son someros, variando de 1 a 6 metros y tienen una estrecha conexión con las corrientes superficiales.

Las zonas de recarga al sistema acuífero están constituidas por las rocas calizas que conforman la sierras que rodean al valle aluvial. La recarga es muy cuantiosa debido a la alta permeabilidad de las rocas que rodean al valle y las abundantes lluvias. Su valor asciende a los 157 hm^3/año.

1.3 Explotación y caudales

Debido a la abundancia de fuentes superficiales, la extracción de agua subterránea es incipiente, destinada principalmente al uso doméstico-abrevadero. Se estima que dicha extracción sea del orden de los 3 hm^3/año.

2 POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población en la página siguiente.

Cuadro 6C/1: Datos de población

	México	Guatemala
• **Total:**	182.046 habitantes (2005)	367.363 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	15.454 hab. (8,5%) Concentrada en la ciudad de La Trinitaria	79.701 hab. (21,7%)
• **Proyección (U) al 2030:**	19.484 hab.	132.158 hab.
• **Rural:**	166.592 hab. (91,5 %)	287.662 hab. (78,3%)
• **Proyección (R) al 2030:**	210.034 hab.	552.598 hab.
• **Población indígena estimada:**	30.480 hab. (16,7 %)	348.995 hab. (95%) (Mam, Jacalteco, Kanjobal, Chuj e Ixil)
• **Población en zonas de recarga:**	159.569 hab. (87,65%)	220.418 hab. (60%)
• **Población en zonas de descarga:**	22.477 hab. (12,35%)	146.945 hab. (40%)

2.2 Usos

En México, el uso es predominantemente doméstico-abrevadero, estimándose en un volumen de 3,0 hm^3/año.

Por su parte, Guatemala estima su uso en:

- Agroindustrias 5%
- Riego 30%
- Uso doméstico 50%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 5%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Aunque no se dispone de información reciente de la calidad química del agua subterránea, en algunos sitios contiene altas concentraciones de sulfatos y carbonatos, debido a la naturaleza calcárea y kárstica de las rocas por las que circula.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En México, aunque la disponibilidad de agua subterránea y superficial es abundante, la calidad química podría restringir su uso en algunos lugares.

No se dispone de información reciente de la calidad química del agua subterránea, pero se sabe que en el valle existe contaminación antropogénica causada por las prácticas agropecuarias, las descargas de aguas residuales y la falta de saneamiento ambiental

básico. También la incidencia de fenómenos meteorológicos extremos causa deterioro de la calidad.

En Guatemala, mientras tanto, en el Acuífero La Trinitaria-Nentón, se tiene bastante dependencia de los caudales de los manantiales. Cuando los períodos lluviosos son pobres, entonces, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales. Las contaminaciones normalmente tienden a aumentar. Color, olores, sabor y la salinidad mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

3.3 Otras fuentes de agua

En México, no existen fuentes alternas para el suministro de la población urbana. Las comunidades rurales se abastecen de los manantiales y pozos someros. Cuando sus acueductos son destruidos por eventos meteorológicos extremos, son construidos nuevamente.

En Guatemala, pueden construirse pequeños embalses en las zonas de altiplanos. En el pié de montaña se depende de las lluvias y los manantiales (por la calidad del agua), y en los valles aluviales se depende de los pozos artesanales y de unos pocos pozos mecánicos. La alternativa es el agua de lluvia en la época lluviosa y los pozos artesanales en la época seca del año.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

No se prevén cambios en el régimen de lluvias. La precipitación pluvial media anual es del orden de los 1.200 mm.

En los últimos 5 años las lluvias se han comportado de forma normal, por lo que la recarga no se vio drásticamente afectada.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en la planicie aluvial del valle y en su zona de recarga constituida por rocas calcáreas.

La recarga en áreas de pendientes y con cobertura vegetal se afecta por el cambio en el uso del suelo y por el avance de las urbanizaciones.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

En Guatemala, en los bosques semisecos subtropicales situados en el área fronteriza, las sequías y las inundaciones pueden observarse todos los años dependiendo la época del mismo, y está en función de la distribución espacial y cantidad de lluvia precipitada.

En las zonas de altiplanos, las sequías climáticas impactan sobre la disponibilidad de caudales de pozos y manantiales. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas en las áreas de altiplanos y en las zonas de cavernas (karst).

Con la presencia de la Tormenta Stan se presentaron problemas de deslizamientos e inundaciones en la cuenca baja.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos mientras se descontaminan naturalmente y/o en forma mecánica, principalmente en las zonas con pozos artesanales. Mientras tanto, México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a pastizales.

En Guatemala, las unidades de paisaje son definidas como: tierras naturales y productivas en las Montañas de la Sierra de los Cuchumatanes al oeste; Meseta de los Cuchumatanes; Montañas de Todos Santos Cuchumatán, la zona cafetalera de La Mancomunidad Huista (concepción, Sta Ana y San Antonio Huista), las zonas ganaderas (bovinos, ovinos, caprinos y caballar) de las planicies de Nentón y de otros municipios vecinos.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de pajonales en alturas mayores a los 3.000 msnm. A continuación vienen los bosques de coníferas, pinabete y de perennifolias; de 1.900 a 1.500 bosques de quecus, alisos, robles y otras especies autóctonas, posteriormente, en parte de la zona cafetalera del noroeste de Guatemala, en la planicie baja, se observan bosques de sabana con alternancia de pastizales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En México, las principales coberturas y usos del suelo son los bosques, la selva, los pastizales, las zonas agrícolas y los centros de población, mientras que en Guatemala, actualmente sobre los acuíferos se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, trigo, papa, avena, hortalizas de clima templado, frutales subtropicales, ganadería; y las urbanizaciones de algunas poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y los cafetales

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son; café, cacao, plátano, mango, caña de azúcar, maíz y papaya.

En Guatemala, los principales sistemas productivos se reparten en: plantaciones 45%; hatos de 5 a 100 animales/hectárea 35% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales 20%.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la porción mexicana del sistema acuífero no existen áreas naturales protegidas, mientras que en Guatemala se encuentran: la Meseta de los Cuchumatanes, Montañas de Todos Santos Cuchumatán y de Concepción y San Antonio Huista y las zonas bajas de Nentón

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Los ecosistemas mexicanos que dependen del agua subterránea son los ríos Santo Domingo, San Juan y San Vicente, así como los humedales que originan, los que reciben una importante descarga de aguas subterráneas en época de estiaje.

En Guatemala, las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales de la Sierra de los Cuchumatanes. Si bien dependen de los aportes del agua subterránea, no en todos lados la calidad química del agua es buena. Desde el punto de vista de la biodiversidad, todas las montañas son aprovechadas por animales silvestres, existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas como alimento en el sobrevuelo de las aves; a esta zona también llegan muchas aves migratorias.

Toda la red hidrográfica de la Cuenca del Río Nentón, recibe importante descarga de agua subterránea del sistema acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes). Mientras tanto México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos. En este último país, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua, es practicamente desconocida.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 6C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**México:** El beneficio económico que se obtiene del uso del agua subterránea es mínimo ya que la extracción es incipiente. **Guatemala**: No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones fronterizas de México y de Guatemala. Se tiene el inicio del ecoturismo, como también es importante el turismo arqueológico, paleontológico y etnológico, pero con una infraestructura muy pobre.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**México:** Aunque también se utiliza agua superficial de ríos, la economía local, basada en la agricultura y la ganadería, depende también de la explotación del agua subterránea (incluida en ésta la descarga de los manantiales). **Guatemala** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos en la Cuenca del Río Nentón y sus afluentes.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**México:** No se tiene una estimación, pero puede ser importante dado el índice de marginación de la población indígena. **Guatemala:** Pobreza del 85%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada. **Guatemala:** La poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea y superficial para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación y pequeñas hidroeléctricas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA).

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

A pesar de que no se han identificado efectos transfronterizos, dado el escaso conocimiento general del acuífero, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios binacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales. Existe riesgo de contaminación en las partes altas del acuífero.

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

AUTORES Y FUENTES

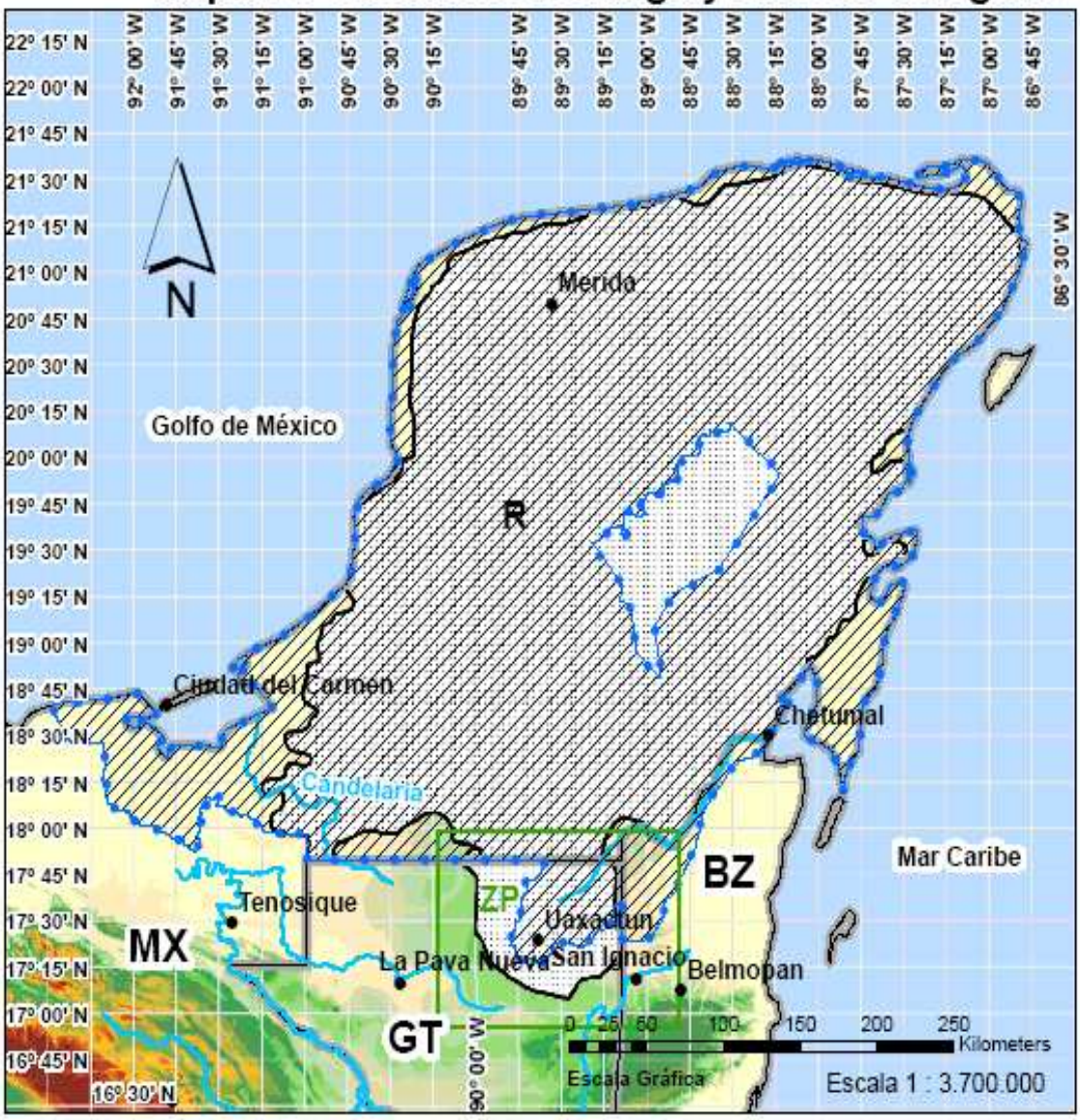
México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

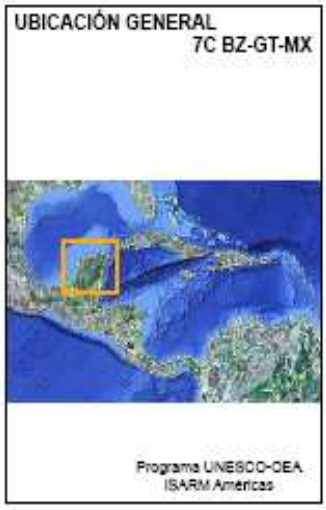
Guatemala: Preparado con la colaboración de: Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Península de Yucatán-Candelaria-Hondo

7C BZ-GT-MX

Mapa 7C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





7C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PENÍNSULA DE YUCATÁN-CANDELARIA-HONDO BELICE-GUATEMALA-MÉXICO

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El sistema acuífero se localiza en la porción sur de la Península de Yucatán, en los estados de Campeche y Quintana Roo en México, en el Departamento de Petén en Guatemala y en los distritos de Orange Walk y Corozal en Belice. En su mayor parte se extiende en la Plataforma Yucateca, de relieve plano. La población está ampliamente dispersa en las tres naciones.

En el lado mexicano, la población aproximada es de 3.110.123 habitantes, según datos del año 2005, mientras que en Guatemala, la población es de 53.353 habitantes y se ubica en los cauces de los principales afluentes del Río Hondo o Río Azul (drena al Mar Caribe), y del Río Candelaria (drena al Golfo de México).

El área del sistema acuífero en México es de aproximadamente 124.400 km^2.

1.2 Características del acuífero

El acuífero está formado por rocas kársticas (calizas y margas) de alta permeabilidad secundaria, asociada con oquedades de disolución, donde se han desarrollado complejos sistemas de circulación subterránea. En algunas áreas, el agua subterránea contiene altas concentraciones de sulfatos, por lo que no es apta para el consumo humano y pecuario.

Una capa de depósitos aluviales cuaternarios en su mayoría compuesta de arcilla y margas está recubierta con zonas aisladas de arena. Las margas pueden tener hasta 600 metros de espesor, mientras que el aluvión puede ser de hasta 100 metros de espesor.

El agua circula a través del subsuelo de Guatemala a Belice y luego hacia México.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

El terreno kárstico tiene reducida pendiente topográfica y gran capacidad de infiltración; consecuentemente, la profundidad al nivel estático es somera. Además, la única corriente superficial es el Río Hondo, que recibe parte de la descarga del acuífero, que es captado mediante gran número de pozos poco profundos.

Los pozos que penetran los acuíferos no confinados, oscilan en un rango de 14 a 50 metros de profundidad. Los acuíferos confinados más profundos en piedra caliza se identificaron a cerca de 585 metros por debajo de la superficie. Los niveles estáticos están entre 10 y 28 metros bajo la superficie en los acuíferos no confinados.

1.4 Zonas de recarga

Debido a que la superficie del acuífero está alojada en una planicie calcárea, constituye una excelente fuente receptora de la lluvia debido a su alta capacidad de infiltración. El valor de la recarga estimada es del orden de los 21.800 hm^3/año.

La recarga de los acuíferos más profundos en piedra caliza no se conoce.

1.5 Explotación y caudales

El sistema acuífero es la principal fuente de abastecimiento de agua para la población y para las actividades productivas de la región. La extracción (según México) se estima que asciende a 1.313 hm^3/año.

Los rendimientos de los acuíferos superiores no confinados promedia los 75 l/min. Los acuíferos más profundos y confinados tienen un rendimiento en promedio de 331 l/min. Los rendimientos máximos se encuentran cerca de 4.550 l/min.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 7C/1: Datos de población

	México	Guatemala	Belice
• **Total:**	3.110.123 habitantes (2005)	53.353 habitantes	12.383 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	1.187.573 (38,2%) concentrada en las ciudades principales que son Mérida, Campeche, Ciudad del Carmen, Cancún, Chetumal y Cozumel	27.554 hab. (51,64%) Uaxactún, Dos Lagunas, Ixcanrío, Kinal y Xmakabatún	9.100 hab. (73,49%) Corozal Town
• **Proyección (U) al 2030:**	3.445.046 hab.	37.139 hab.	11.830 hab.
• **Rural:**	1.922.550 hab. (61,8 %)	25.799 hab. (48,36%)	3.283 hab. (26,51%)
• **Proyección (R) al 2030:**	2.128.030 hab.	39.151 hab.	4.267 hab.
• **Población indígena estimada:**	804.947 hab. (25,9%)	13.338 hab. (25%) (Kekchí, Maya-Itzá, Kiché, Lacandón, Mopán y Yucateco).	
• **Población en zonas de recarga:**	2.809.058 hab. (90,32 %)	42.683 hab. (80%)	
• **Población en zonas de descarga:**	301.065 hab. (9,68 %)	10.670 hab. (20%)	

2.2 Usos

La extracción anual estimada del acuífero por parte de México corresponde a un volumen total de 1.313 hm^3, los que se reparten en los siguientes porcentajes de acuerdo a los diferentes usos:

- Riego = 816,0 hm^3 (62,1%)
- Doméstico = 13,0 hm^3 (1,0 %)
- Industrial = 52,0 hm^3 (4,0 %)
- Público-urbano = 432,0 hm^3 (32,9 %)

Mientras tanto, si bien Guatemala no tiene cuantificado el volumen extraído, indica que los diferentes usos en porcentaje se reparten de la siguiente manera:

- Agroindustrias 1%
- Riego 1%
- Uso doméstico 10%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 78%

Para Belice, los usos son: doméstico, riego, agroindustrias y abastecimiento público.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Aunque la disponibilidad de aguas subterráneas es muy abundante, la calidad química asociada a la contaminación antropogénica, la naturaleza calcárea del medio kárstico y la conexión del acuífero con el agua marina, impone serias restricciones para su uso en muchos lugares.

En algunas áreas tiene altas concentraciones de sulfatos, por lo que no es apta para el consumo humano y pecuario.

Por su parte, Belice indica que son pocos los datos sobre calidad de agua disponible. Los valores medios son: dureza 557 mg/l ($CaCO_3$), pH 6,8, sulfatos 68 mg/l, hierro 0,35 mg/l, nitrato 0,9 mg/l. El agua es generalmente dulce y muy dura.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aunque no se dispone de información reciente de la calidad química del agua subterránea, la gran capacidad de infiltración del medio kárstico y su nula capacidad para atenuar los contaminantes, lo hacen altamente vulnerable a la contaminación antropogénica. Se ha detectado la presencia de altas concentraciones de nitratos y coliformes (asociados a la descarga de aguas residuales domésticas y pecuarias), carbonatos y sulfatos.

Sin embargo, la abundante recarga y la rápida circulación del agua propicia la disolución y el transporte de los contaminantes, especialmente durante las lluvias torrenciales asociadas a los huracanes y las tormentas tropicales.

En el Acuífero Candelaria – Hondo (porción guatemalteca), se tiene marcada interdependencia entre los caudales de los manantiales y de los ríos. Cuando los períodos lluviosos son pobres, entonces, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales. Por otra parte, las concentraciones de los contaminantes normalmente mantienen sus niveles, por el hecho de ser una región poco poblada.

En Belice**,** falta información para facilitar el análisis de tendencia (crecimiento/disminución) de los recursos acuíferos en la cuenca transfronteriza. Por otro lado se indica que es alta la probabilidad de contaminación de los recursos del acuífero co n fertilizantes y pesticidas utilizados por la industria de la papaya.

3.3 Otras fuentes de agua

En México, no existen fuentes alternas para el suministro de la población urbana. Las comunidades rurales se abastecen de pozos someros. Cuando sus acueductos son destruidos por eventos meteorológicos extremos, son construidos nuevamente.

En Guatemala, pueden construirse pequeños embalses, que se conocen con el nombre de aguadas o juleques; en general se depende de las lluvias para obtener agua de buena calidad organoléptica; luego, casi siempre se depende del agua de los ríos, arroyos y de lagos.

En Belice, la fuente alternativa de agua es por almacenamiento de aguas pluviales.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Debido a la gran extensión superficial de esta región, la precipitación pluvial media anual es muy variable.

Durante el período 1995 - 2006 el promedio anual de precipitaciones fue de 1.449 mm. La precipitación anual máxima fue de 2.164 mm en 2000 y el mínimo anual fue de 959 mm en 1996.

Tomando el período de los últimos 5 años, el registro de lluvias se ha comportado en forma bastante normal, e inclusive con volúmenes arriba de lo normal, provocando algunas inundaciones que afectan a las tierras bajas de Guatemala, Belice y México, por lo que la mayoría de los manantiales se vieron favorecidos.

Con la presencia de la Tormenta Stan se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja, y en el año 2008 las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Si bien no se prevén cambios en el régimen de lluvias, la zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en las rocas calcáreas que conforman la Plataforma de Yucatán.

De acuerdo a las observaciones de los últimos 30 años, ha habido altibajos tanto positivos como negativos en el régimen de lluvias y además siempre se tiene la influencia de los vientos alisios del Mar Caribe.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se ve afectada por el cambio en el uso del suelo y la deforestación, más que por el régimen pluviométrico.

Durante las próximas dos décadas el escenario ECHAM A2 proyecta que el promedio será de 1.334 mm al año. El máximo anual será de 1.517mm (2030), mientras que el mínimo anual será de 1.209 mm (2012).

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

En esta región se tienen climas de bosques tropicales lluviosos. La mayoría de la zona acuífera se encuentra en una geología de karst, por lo que existe un intercambio muy directo y alternativo entre aguas subterráneas y superficiales.

En esta cuenca las inundaciones son recurrentes todos los años dependiendo de la época del mismo, y está en función del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México.

En esta zona la actividad sísmica es escasa, pero la ocurrencia de algún terremoto produciría un cambio en el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas y por los derrumbes en cavernas (karst).

Las inundaciones recargan los acuíferos no confinados debido al aumento de las tasas de percolación. Los acuíferos confinados se recargan por la lluvia acumulada sobre los terrenos. Durante las sequías, el aumento de la demanda y del bombeo resulta en la reducción de los niveles freáticos. No hay evidencias para identificar impactos de terremotos en este sistema acuífero transfronterizo.

No hay ningún plan de sequía para este sistema acuífero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. Por otro lado, cabe recordar que la cantidad de pozos en esta zona es escasa. Por su parte, México indica que la utilización del acuífero se puede dar por la perforación de nuevos pozos en zonas más protegidas y/o de mejor calidad del agua subterránea.

Según Belice, durante las inundaciones la mayoría de las comunidades están afectadas y más que aprovechar los recursos acuíferos, éstos se contaminan con las aguas de inundación. Durante los eventos de sequía los niveles del acuífero son demasiado bajos para la captación de agua potable segura. Así, los acuíferos no se utilizan para beber. Se utiliza el agua embotellada o agua de camiones cisterna.

Después de los eventos extremos los pozos que aprovechan los acuíferos son probados y desinfectados según sea necesario antes de que estén operativos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje para la porción mexicana son los bosques, la selva, pastizales y zonas agrícolas, correspondiendo la cobertura natural original a bosques, pastizales y selva.

En Guatemala, las unidades de paisaje son definidas como: tierras naturales forestadas, las que constituyen la mayor parte de la cuenca. Las poblaciones se encuentran a la orilla de ríos y lagos o dónde existieron campamentos chicleros. En muchas áreas la comunicación es vía fluvial, lacustre y aérea.

En cuanto a la cobertura natural, Guatemala indica que estaría compuesta de bosques tropicales de maderas finas con árboles de chicozapote incorporado para la extracción del látex para la elaboración del chicle en la mayor parte de la cuenca. El relieve es de poca elevación (<300 msnm).

En Belice, las unidades de paisaje existentes incluyen: montañas, valles y llanuras, ríos y arroyos, lagunas, pantanos y humedales, siendo estos dos últimos y los bosques la cobertura natural original.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En México, las principales coberturas y usos del suelo son los bosques, la selva, los pastizales, las zonas agrícolas y los centros de población, mientras que en Guatemala, actualmente sobre los acuíferos se sitúan áreas con bosques tropicales de maderas finas con árboles de chicozapote, algunas áreas agrícolas de pequeños agricultores con cultivos anuales de maíz, frijol, calabaza, hortalizas de clima cálido y frutales tropicales. El área está poco habitada.

La actual cobertura de la tierra y el uso de las tierras bajas, en Belice, incluyen bosques latifoliados húmedos, manglares y bosques de matorrales litorales, humedales, los usos

agrícolas (plantaciones de azúcar, granjas de papaya, el maíz y los campos de frijol), pueblos y ciudades.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los cultivos principales son: cítricos, cacao, plátano, mango, caña de azúcar, maíz y papaya.

En Guatemala, los principales sistemas productivos se reparten en: plantaciones 5%; hatos de 5 a 10 animales/hectárea 5% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales 90%.

En Belice, los principales cultivos son: la caña de azúcar, papaya, maíz, arroz, frijoles de la alimentación animal (pollos, cerdos, ganado vacuno).

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En México, debido a la extraordinaria belleza y vasta riqueza natural de la región, existe una gran cantidad de áreas naturales protegidas. Ente ellas podemos mencionar la Laguna de Términos, Calakmul, Balaan Kaax, Uaymil, Sian Kaan, y los Retenes; las Rías Celestum y Lagartos; el Banco Chinchorro; los Arrecifes Sian Kaan, de Cozumel, Puerto Morelos y Lagartos; la costa occidente de Isla Mujeres, Punta Cancuìn y Punta Nizuc; Isla Convoy; Yum Balam; Dzibilchantun.

En Guatemala, en la Cuenca del Río Candelaria, se tienen los siguientes puntos de conservación: El Coco y Santa Amelia.
En la Cuenca del Río Hondo o Azul se poseen los siguientes sitios de conservación: Uaxactún, El Ramonal, Dos Lagunas, Xultún, Ixcanrío, Kinal, La Honradez y Xmakabatún.

En Belice, hay dos áreas protegidas en la Cuenca del Río Hondo: Agua Turbias y el Programa de Conservación y Manejo del Río Bravo

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Los ecosistemas que dependen del agua subterránea son las lagunas, ríos y humedales, ya que todas las áreas bajas reciben los aportes de las aguas subterráneas, porque existe una clara interacción de las aguas subterráneas con las aguas superficiales como consecuencia del grado de meteorización de las rocas calizas, los sedimentos marinos y las capas de yeso presentes en la estratigrafía de la zona.

Todas las montañas son aprovechadas por animales silvestres. Existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas como alimento en el sobrevuelo de las aves; también llegan muchas aves y animales migratorios.

Los ríos Candelaria y Hondo o Azul (Guatemala), reciben aportes importantes de las aguas subterráneas por la presencia de cavernas de los Karst de la zona, tanto en la época seca como durante el período lluvioso.

En Belice, existen los humedales del Río Booths.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes).

Mientras tanto México indica que no existe ningún plan de ordenamiento territorial.

En Belice, hay disposiciones para la identificación de las áreas de recarga y la protección de dichas zonas conforme a la Ley Forestal, el Fideicomiso de Conservación de Áreas Protegidas y la Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Tanto en México como en Guatemala, no existe ningún plan de manejo de los recursos hídricos. En este último país, las municipalidades tratan de ordenar el territorio con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

Al no existir un plan de recursos hídricos, en general los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico, por lo tanto la cuantificación del ciclo del agua, es practicamente desconocida.

En Belice, existe un Proyecto de Ley de Sistema Integrado de Recursos Hídricos que será presentado a la Asamblea Nacional para su ratificación. En este proyecto de ley se ha previsto la preparación de un plan director nacional de gestión de los recursos hídricos que incluirá la gestión de las cuencas hidrográficas y sistemas acuíferos transfronterizos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Ver cuadro de Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero a continuación.

Cuadro 7C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**México:** El beneficio económico que se obtiene del uso del agua subterránea es muy importante ya que el desarrollo y la actividad económica de la región dependen exclusivamente del aprovechamiento del agua subterránea. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de ríos y lagos son utilizados para el transporte fluvial y lacustre. La mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones locales y parte en la zona fronteriza con México y Belice. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo arqueológico, paleontológico y etnológico. **Belice:** Las cifras facilitadas por el Instituto de Estadística de Belice no pueden ser desagregadas a nivel de cuenca. En general, los beneficios económicos se derivan de la irrigación de arroz y las papayas, el procesamiento de pollos, cerdos y ganado, agua embotellada, y el suministro público de agua.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**México:** La economía local depende íntegramente del aprovechamiento del agua subterránea. **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 3 a 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y en la parte baja se depende de los afluentes de los ríos Candelaria y Hondo o Azul, cuando la calidad del agua lo permite por sus características organolépticas.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**México:** No se tiene una estimación, pero puede ser importante dado el índice de marginación de la gran población indígena que vive en el medio rural. **Guatemala:** Pobreza del 85%. **Belice:** Se estima que el 90% de los ciudadanos sumidos en la pobreza están utilizando el agua de este acuífero.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**México:** La flora y fauna de estos ecosistemas se vería afectada, produciendo daños irreparables al ecosistema e incalculables pérdidas económicas. **Guatemala:** Se colapsarían también una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras y en otros hay contenido de sulfatos. **Belice:** El sistema acuífero es vulnerable a la contaminación por la filtración de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, así como de los desechos animales.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El acuífero ha sido observado y evaluado por el INSIVUMEH en Guatemala y por la CONAGUA en México. En los aspectos transfronterizos interactúan bajo la coordinación de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA).

Las relaciones entre Guatemala y México son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1882.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

El Servicio Nacional Hidrometeorológico de Belice, CONAGUA de México y la CILA han completado recientemente un estudio para el diagnóstico de la Cuenca del Río Hondo y se está preparando una propuesta binacional para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

A pesar de que en las condiciones actuales no se han presentado ni existe el riesgo de efectos transfronterizos negativos debido al incipiente desarrollo en el territorio guatemalteco y a la abundante recarga en las porciones mexicana y beliceña, dado el escaso conocimiento general del acuífero, es importante promover el intercambio de información y realizar estudios trinacionales para fomentar el desarrollo sustentable del acuífero y prevenir impactos perjudiciales.

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los países involucrados.

AUTORES Y FUENTES

México: Preparado con la colaboración de Rubén Chávez Guillén y Víctor M. Castañón Arcos

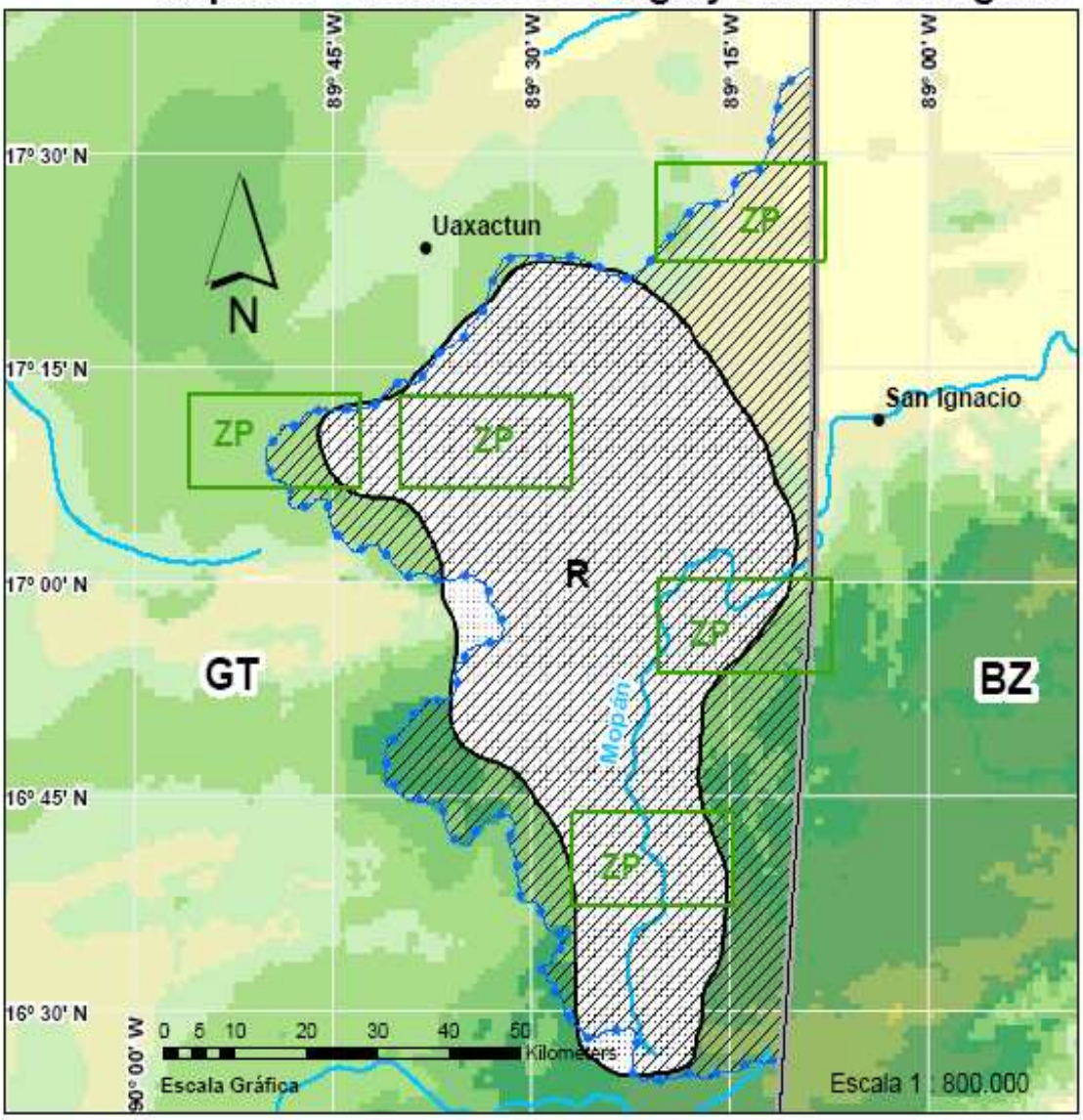
Guatemala: Preparado con la colaboración de: Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Belice: Preparado con la colaboración de: Rudolph Williams

Sistema Acuífero Transfronterizo Mopán-Belice

8C BZ-GT

Mapa 8C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



8C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO MOPÁN-BELICE BELICE-GUATEMALA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

Guatemala cuenta con 100.359 habitantes en el área, los que se ubican en valles y mesetas, a orillas de los cauces de los principales afluentes del Río Mopán.

1.2 Características del acuífero

En el caso de este acuífero, las aguas superficiales y subterráneas del Río Mopán van de Guatemala a Belice. La cuenca alta nace en Belice, pasa a Guatemala como Río Chiquibul, se alimenta de caudales mayores y posteriormente forma el Río Mopán, el cual al volver al territorio beliceño recibe el nombre de Río Belice. Anterior al paso a Belice, todas las aguas son producidas por la lluvia en territorio guatemalteco.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción guatemalteca está estimada en unos 100.359 habitantes, de los cuales el 41,64% (41.785 hab.) integran la fracción urbana.
La población rural corresponde al 58,36% restante (58.574 hab.) y la población indígena estimada es de 35.126 habitantes (>35% Kekchí, Kiché, Mopán y Gariguna). De acuerdo a las características del acuífero el 40% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y el 60% restante en zonas de descarga.

2.2 Usos

Guatemala presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Agroindustrias 5%
- Riego 5%
- Uso doméstico 60%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 20%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En el Acuífero Mopán (Guatemala), se tiene cierta interdependencia entre los caudales de los manantiales y de los ríos. Cuando los períodos lluviosos son pobres, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales y por ende los caudales de los ríos.

La geología predominante es de rocas sedimentarias calizas con buen desarrollo de karstificación. Las concentraciones de los contaminantes normalmente mantienen sus niveles, el color, olores, sabor y la salinidad mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

3.2 Otras fuentes de agua

En Guatemala, pueden construirse pequeños embalses, que localmente se conocen con el nombre de aguadas o juleques; en general se depende de las lluvias para obtener agua de buena calidad organoléptica ya sea de ríos, arroyos o de pequeños lagos.

El agua de los pantanos y algunos manantiales muestran un sabor tanto desagradable.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Tomando como referencia los últimos 5 años, los registros de lluvias han sido relativamente normales, inclusive con volúmenes arriba de lo normal, provocando inundaciones que afectan a las tierras bajas de Guatemala y Belice, por lo que la mayoría de los manantiales no se vieron afectados, o fueron favorecidos por esta circunstancia.

Con la presencia del Huracán Mitch, se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja. En el año 2008, las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Por las observaciones de los últimos 30 años siempre han existido altibajos positivos y negativos, además siempre está presente la influencia de los vientos alisios del Mar Caribe.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se ve mayormente afectada por el cambio en el uso del suelo y la deforestación.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En esta cuenca las inundaciones son recurrentes todos los años dependiendo de la época del mismo, y está en función del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México.

En esta zona la actividad sísmica es escasa, pero la ocurrencia de algún terremoto produciría un cambio en el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas y por los derrumbes en cavernas (karst).

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. En esta zona existen pocos pozos excavados y perforados.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje en suelo guatemalteco están conformadas por tierras naturales forestadas, que se constituyen en la parte alta de la cuenca. Las poblaciones se encuentran a la orilla de ríos y lagos o en sitios en valles donde pueden llegar los abastecimientos de agua para consumo humano. Estos caudales proceden de lugares montañosos. En esta cuenca la comunicación es terrestre por carreteras.

En cuanto a la cobertura natural original, se mencionan bosques tropicales de maderas finas, de pinos caribe y grandes extensiones con bosques de sabana. El relieve es de poca elevación (<500 msnm).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Actualmente sobre los acuíferos se sitúan zonas con bosques tropicales de maderas finas, áreas de pinos y otras especies arbóreas. Hoy en día existen plantaciones de maíz, frijol, calabazas, hortalizas de clima cálido y grandes extensiones con pastos para alimentar a los hatos ganaderos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Guatemala, existen plantaciones 25%; hatos de 5 a 50 animales/hectárea 25% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales y bosques 30% El resto, 20% de la cuenca , está con vegetación arbustiva.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Guatemala, en la Cuenca del Río Mopán, se tienen los siguientes puntos de conservación: Parque Nacional Tikal, Holmul, Yalach, Nakún, Manantial, Chunhuist, El Naranjo, Parque Nacional Yaxhá, Sac-nab, Arroyo del Guarda, Plancha de Piedra, tziquín, Tzacán, La Pólvora, Soslagunas, Salpet y Cidabenque.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Guatemala, todas las áreas bajas dependen de los aportes de las aguas subterráneas, porque en estas zonas se mezclan las aguas subterráneas con las aguas superficiales

como consecuencia del grado de meteorización de las rocas calizas y las áreas con zonas karstificadas.

Todas las montañas son aprovechadas por animales silvestres. Existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas como alimento en el sobrevuelo de las aves; también llegan muchas aves y animales migratorios.

El Río Mopán y sus afluentes reciben aportes importantes de las aguas subterráneas por la presencia de cavernas de los Karst de la zona, tanto en la época seca como durante el período lluvioso.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes), pero ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Como tal, no existe plan de manejo de recursos hídricos en Guatemala, las municipalidades tratan de ordenar con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

En general el tema de cuantificación del ciclo del agua, es muy escaso. Únicamente se encuentran disponibles datos climatológicos del INSIVUMEH y del INDE en algunos sitios de la Cuenca Hidrográfica del Río Mopán, pero registros de datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 8C/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de ríos y lagos son utilizados por pequeños y medianos agricultores cuyos productos normalmente son vendidos en los mercados locales y otra parte en la zona fronteriza con Belice. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo arqueológico, paleontológico y etnológico. En algunos sitios como el Parque Nacional Tikal se cuenta con infraestructura hotelera formal y de primera categoría.

Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 3 a 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y en la parte baja se depende de los afluentes del Río Mopán cuando la calidad del agua lo permite, por sus características organolépticas. En caso contrario es necesaria la construcción de pequeños embalses o aguadas.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 75%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** Se colapsarían una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras y en otros hay contenido alto de sulfatos.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Tal como expresa Guatemala, las relaciones con Belice son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos. Actualmente los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible entre los pobladores de ambos países.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y además existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

A su vez en Guatemala se cuenta con algunas estaciones de monitoreo hidrometeorológico, operadas por INSIVUMEH, INDE y la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas).

A través de la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas), se trata cualquier posible conflicto en materia de aguas fronterizas; siempre se ha respetado el compartimiento ecuánime de las demandas de aguas entre ambas naciones para su uso y cooperación mutua.

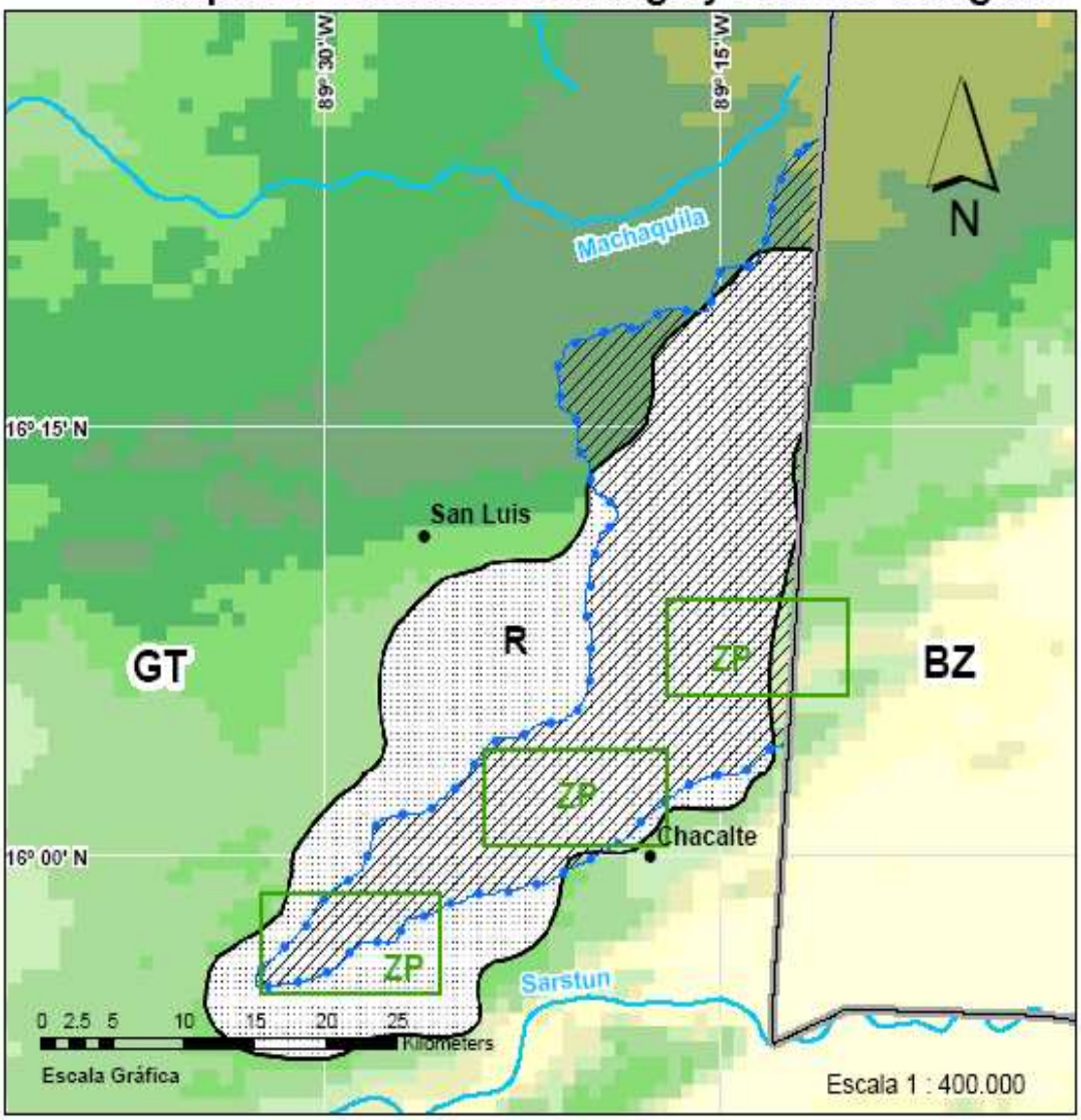
9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

AUTORES Y FUENTES

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Pusila-Moho
9C BZ-GT
Mapa 9C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



9C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PUSILA-MOHO BELICE-GUATEMALA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Pusilá-Moho se encuentra compartido entre Guatemala y Belice y se ubica en pequeños valles y a orillas de cauces de los principales afluentes del Río Pucilá y drena al Mar Caribe.

En Guatemala tiene una superficie de 376 km^2 con una población de 14.178 habitantes y en Belice son unos 815 km^2 aproximadamente con una población de 11.303 habitantes.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción guatemalteca está estimada en unos 14.178 habitantes, de los cuales el 20,25% (2.871 hab.) integran la fracción urbana.

La población rural corresponde al 79,75% restante (11.307 hab.) y la población indígena estimada al 35% (4.960 hab.: Kekchí, Kiché, Mopán y Garifuna). De acuerdo a las características del acuífero el 40% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y el 60% restante en zonas de descarga.

En Belice se indica que el 100 % de la población es rural, donde no hay ciudades sino algunas villas.

2.2 Usos

Guatemala presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Agroindustrias 5%
- Riego 10%
- Uso doméstico 60%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 15%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de agua

Belice indica que en general el agua es dulce y dura. Existen pocos datos disponibles de calidad de agua. Las mediciones de puntos promedios son los siguientes: dureza 284 mg/l, $CaCO_3$ 9 mg/l, cloruros 3,4 mg/l, hierro 0,25 mg/l, nitratos 2,28 mg/l.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero:

En el Acuífero Pusilá -Moho (Guatemala) se tiene cierta interdependencia entre los caudales de los manantiales y de los ríos. Cuando los períodos lluviosos son pobres, algunos manantiales reducen considerablemente sus caudales y por ende los caudales de los ríos. La geología predominante es de rocas sedimentarias calizas con buen desarrollo de karstificación. Las concentraciones de los contaminantes normalmente mantienen sus niveles, el color, olores, sabor y la salinidad mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

Según Belice, no hay cambios significativos en la disponibilidad de reservas de aguas subterráneas en el Acuífero de Moho-Pusila. Sin embargo, como la población crece, se espera un aumento en la demanda de agua potable. La calidad del agua está influenciada por el desarrollo de la geología y la actividad agrícola. Es de esperar un lento aumento en las actividades agrícolas, por lo tanto, cualquier cambio en la calidad del agua se verá influido por las actividades antropogénicas.

3.3 Otras fuentes de agua

En Guatemala, pueden construirse pequeños embalses, que localmente se conocen con el nombre de aguadas o juleques; en general se depende de las lluvias para obtener agua de buena calidad organoléptica ya sea de ríos, arroyos o de pequeños lagos.

El agua de los pantanos y algunos manantiales muestran un sabor tanto desagradable.

En Belice, las fuentes alternativas de agua son la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia durante la temporada de lluvias. Las poblaciones cercanas al río usan abastecimiento superficial y aguas subterráneas para sobrevivir a los períodos de escasez de agua. No hay un plan, actual o identificado a futuro para incrementar las actividades que aumenten las tasas de extracción o dar lugar a la contaminación de este sistema acuífero transfronterizo.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Tomando como referencia los últimos 5 años, los registros de lluvias han sido relativamente normales, inclusive con volúmenes arriba de lo normal, provocando inundaciones que afectan a las tierras bajas de Guatemala y Belice, por lo que la mayoría de los manantiales no se vieron afectados, o fueron favorecidos por esta circunstancia.

Con la presencia del Huracán Mitch se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja. En el año 2008, las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

En Belice, durante la última década el promedio anual de precipitaciones fue de 3.651 mm. La precipitación anual máxima fue de 5.077 mm (2005) y la precipitación mínima anual fue de 2.544 mm (2002).

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Por las observaciones de los últimos 30 años siempre han existido altibajos positivos y negativos, además siempre está presente la influencia de los vientos alisios del Mar Caribe.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se ve mayormente afectada por el cambio en el uso del suelo y la deforestación.

En Belice, los resultados del escenario ECHAM A2 indican que la precipitación anual promedio será de 3.849 mm, la mínima anual de 3.813 mm (2019) y el máximo anual será de 3.907 mm (2030).

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En esta cuenca las inundaciones son recurrentes todos los años dependiendo de la época del mismo, y está en función del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México.

En esta zona la actividad sísmica es escasa, pero la ocurrencia de algún terremoto produciría un cambio en el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas y por los derrumbes en cavernas (karst).

Según Belice, el impacto de las inundaciones, sequías y terremotos en este sistema acuífero es incierto.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. En esta zona existen pocos pozos excavados y perforados, el aprovechamiento de las aguas subterráneas es por medio de manantiales.

En Belice, durante las inundaciones, los pozos cerca de los cursos de agua se inundan y durante la sequía, los niveles de los pozos caen significativamente. Durante la sequía los pozos son explotados hasta que ya no pueden abastecer de agua potable. Subsecuentemente, se utiliza el almacenamiento de agua de lluvia.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje en suelo guatemalteco están conformadas por: tierras naturales forestadas, que se constituyen en la parte alta de la cuenca. Las poblaciones se encuentran a la orilla de ríos y lagos o en sitios en valles donde pueden llegar los abastecimientos de agua para consumo humano. Estos caudales proceden de lugares montañosos. En esta cuenca la comunicación es terrestre por carreteras.

En cuanto a la cobertura natural original, se mencionan bosques tropicales de maderas finas, de pinos caribe y grandes extensiones con bosques de sabana El relieve de poca elevación (<500 msnm).

A excepción de una mínima expansión de las aldeas y las granjas de subsistencia, y la tala selectiva en la Reserva Forestal, las unidades de paisaje no han cambiado en Belice.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Guatemala, sobre los acuíferos se sitúan zonas con bosques tropicales, áreas de pinos y otras especies arbóreas. Hoy en día existen plantaciones de maíz, frijol, calabazas, hortalizas de clima cálido y extensiones con pastos para alimentar a los hatos ganaderos.

En Belice, las unidades actuales de paisaje incluyen las laderas orientales de las montañas mayas, ríos y arroyos, pantanos y humedales. La cubierta y utilización actual del suelo son principalmente los bosques de frondosas (submontano y tierras bajas), los manglares, zonas de arbustos, los humedales, los usos agrícolas y los pueblos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Guatemala, plantaciones 25%; hatos de 5 a 50 animales/hectárea 25% (todos utilizando nivel de tecnología media a baja) y cobertura de tierras naturales y bosques 30% . El resto, 20% de la cuenca, está con vegetación arbustiva.

En Belice se da principalmente la agricultura de subsistencia de arroz, frijoles, cacao, maíz.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Guatemala, en la Cuenca del Río Pucilá, se tienen los siguientes puntos de conservación: Pucilá, Balam, Muquilá, La Cumbre y Secoyob.

En Belice, las siguientes áreas protegidas se encuentran dentro de la Cuenca Moho: la Reserva Forestal de Columbia, el Santuario de Vida Silvestre Aguacaliente, la Reserva Forestal de Machaca, y el Río Blanco, Parque Nacional.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Guatemala, todas las áreas bajas dependen de los aportes de las aguas subterráneas, porque en estas zonas se mezclan las aguas subterráneas con las aguas superficiales como consecuencia del grado de meteorización de las rocas calizas y las áreas karstificadas. Todas las montañas son aprovechadas por animales silvestres. Existen muchas plantas autóctonas y también son utilizadas como alimento en el sobrevuelo de las aves; también llegan muchas aves y animales migratorios.

El Río Pucilá y sus afluentes reciben aportes importantes de las aguas subterráneas por la presencia de cavernas de los Karst de la zona, tanto en la época seca como durante el período lluvioso.

En Belice, los pantanos de las cuencas hidrográficas y los humedales de Moho dependen de las aguas del acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Guatemala existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes), pero ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

En Belice, hay disposiciones para la identificación de las áreas de recarga y la protección de dichas zonas conforme a la Ley Forestal, el Fideicomiso de Conservación de Áreas Protegidas y la Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Como tal, no existe plan de manejo de recursos hídricos en Guatemala. Las municipalidades tratan de ordenar con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

En general, el tema de cuantificación del ciclo del agua es muy escaso. Únicamente se encuentran disponibles datos climatológicos del INSIVUMEH en algunos sitios de la cuenca hidrográfica de los ríos Pucilá y Blanco, pero los registros de datos de aguas subterráneas son casi siempre muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico.

En Belice, existe un Proyecto de Ley de Sistema Integrado de Recursos Hídricos que será presentado a la Asamblea Nacional para su ratificación. En este proyecto de ley se ha previsto la preparación de un plan director nacional de gestión de los recursos hídricos que incluirá la gestión de las cuencas hidrográficas y sistemas acuíferos transfronterizos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Ver cuadro de aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero a continuación.

Cuadro 9C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de los ríos, son utilizados por pequeños y medianos agricultores cuyos productos normalmente son vendidos en los mercados locales y otra parte en la zona fronteriza con Belice. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo arqueológico, paleontológico y etnológico. **Belice:** No es posible desglosar los datos económicos presentados por el Instituto de Estadística de Belice. Las actividades económicas incluyen pequeños complejos turísticos de alojamiento, ecoturismo y el procesamiento de cacao.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 2 a 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y en la parte baja se depende de los afluentes del Río Pucilá cuando la calidad del agua lo permite, por sus características organolépticas. En caso contrario es necesaria la construcción de pequeños embalses o aguadas. **Belice:** La mayoría de los cultivos de arroz son irrigados y por lo tanto dependen en gran medida el acceso al agua, sin embargo, esa agua se suministra de las existencias de agua superficial.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 75%. **Belice:** El 85% de los pobres dependen del suministro de agua potable del sistema acuífero transfronterizo.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** Colapsarían una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Tal como expresa Guatemala, las relaciones con Belice son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos. Actualmente los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible entre los pobladores de ambos países.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países y además existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

A su vez, en Guatemala se cuenta con algunas estaciones de monitoreo hidrometeorológico, operadas por INSIVUMEH, INDE y la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas).

A través de la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas), se trata cualquier posible conflicto en materia de aguas fronterizas; siempre se ha respetado el compartimiento ecuánime de las demandas de aguas entre ambas naciones para su uso y cooperación mutua.

Según Belice, hay un acuerdo general a nivel técnico para el intercambio de datos e información sobre los recursos hídricos. No fueron identificados debates documentados relacionados con el Sistema de Acuífero Transfronterizo Moho-Pusila.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Hasta el momento, no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

No ha habido interés manifestado entre Belice y Guatemala para la utilización conjunta de los recursos hídricos en el Sistema de Acuífero Transfronterizo Moho-Pusila.

AUTORES Y FUENTES

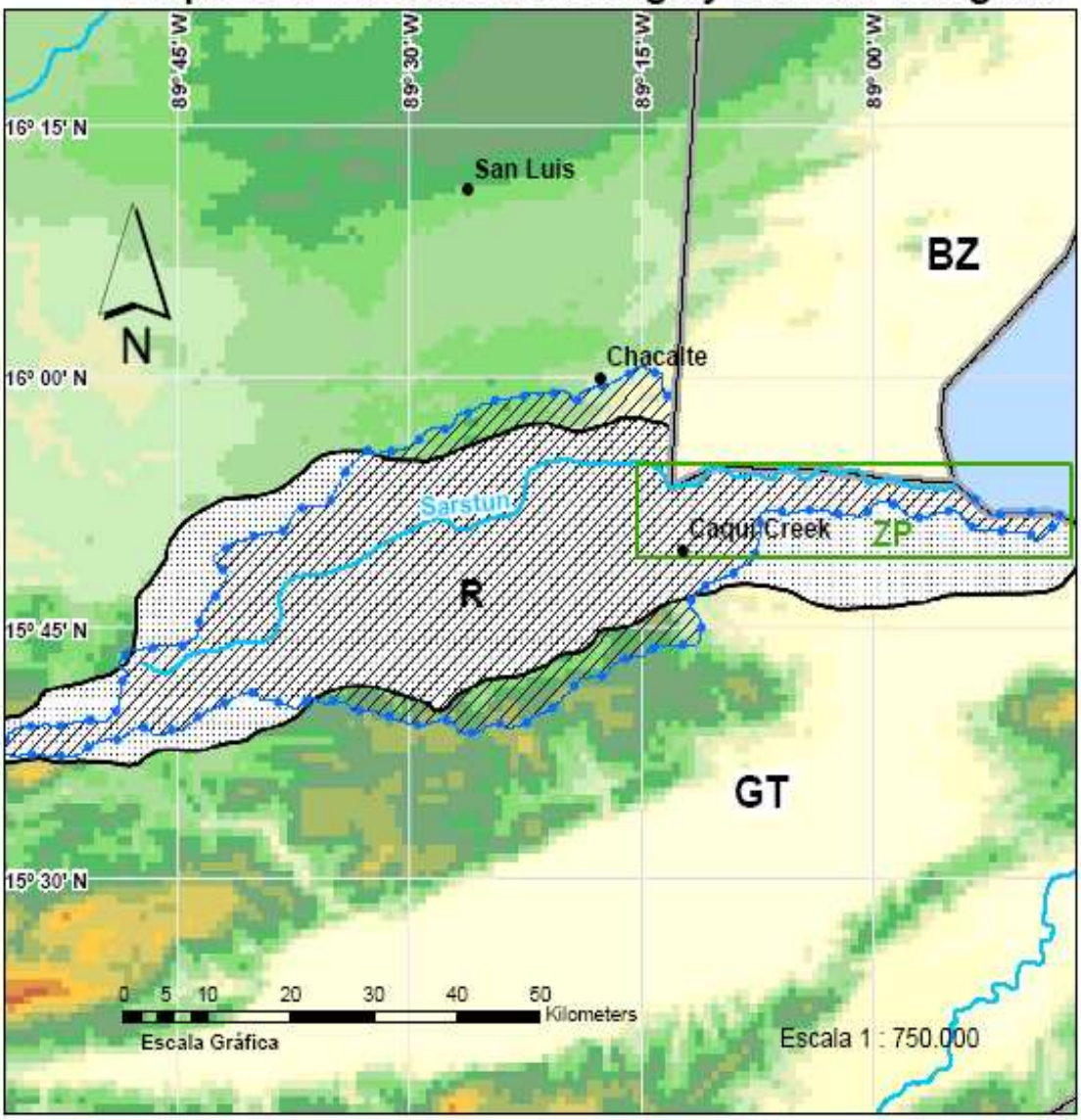
Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

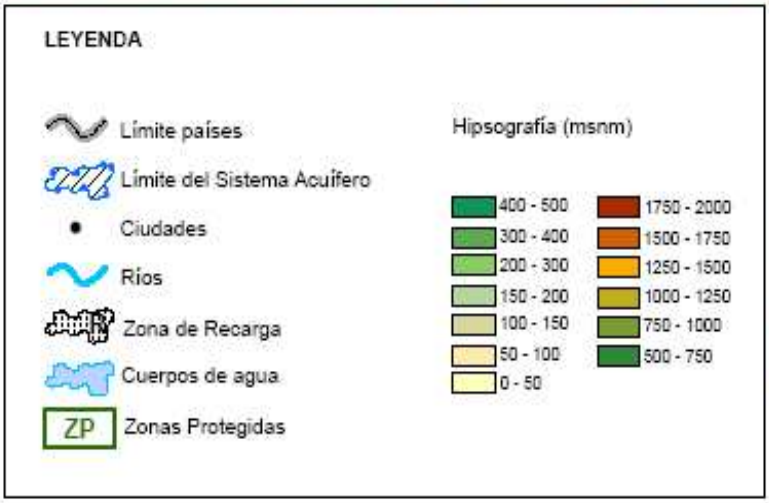
Belice: Preparado con la colaboración de: Rudolph Williams

Sistema Acuífero Transfronterizo Sarstún

10C BZ-GT

Mapa 10C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





10C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SARSTÚN BELICE-GUATEMALA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Sarstún se extiende a lo largo de los departamentos de Petén e Izabal en Guatemala y del Distrito de Toledo en Belice. Es parte de la Cuenca del Río Sarstún que nace en Guatemala y se dirige hacia Belice.

La cuenca puede considerarse de topografía ondulada con altitudes de 600 a 700 msnm en las partes más altas en Guatemala, hasta alcanzar el nivel del mar en su desembocadura en el territorio beliceño hacia el Mar Caribe.

La cuenca hidrográfica en el lado guatemalteco drena un área de 2.109 km², mientras que en Belice se señala una extensión del sistema acuífero de 194 m^2.

1.2 Características del acuífero

Geológicamente la cuenca está conformada principalmente por 25% de depósitos sedimentarios clásticos marinos, 45% de rocas carbonatadas del Cretácico consolidadas, 25% de aluviones cuaternarios recientes principalmente en la porción baja y en jurisdicción del territorio beliceño, y 5% de rocas sedimentarias con capas rojas del Terciario Superior. Las calizas y dolomitas cretácicas manifiestan elevado grado de permeabilidad por fracturación y también se presentan extensos fenómenos de circulación cárstica. Los suelos superficiales son variables, generalmente son pobres en las zonas pendientes, y poco a bastante profundos en las áreas aluviales.

Los depósitos sedimentarios terciarios constituyen un acuífero multiestrato de productividad baja y de permeabilidad primaria a secundaria. Las calizas y dolomitas cretácicas constituyen un acuífero de muy buena potencialidad y permeabilidad muy variable de 50 a 200 m²/día, principalmente en el cauce del Sarstún, y en la zona aluvial cuaternaria en Belice.

El flujo es en dirección oeste – este hacia el este, dirigiéndose a Belice y al Mar Caribe.

1.3 Zonas de Recarga

El área de recarga potencial del acuífero practicamente es el 70% del área de la cuenca, equivalente a 1.476 km² en el territorio guatemalteco y el gradiente hidráulico en el área fronteriza puede ser de 0,5 a 1 metros /km; mientras que la oscilación de los niveles freáticos puede alcanzar de 2 a 6 metros / año. Las lluvias pueden infiltrar de 30 a 40%.

Belice ubica la zona de recarga en las laderas nor-orientales de las Montañas Mayas.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción guatemalteca está estimada en unos 261.203 habitantes, de los cuales el 17,67% (46.162 hab.) integran la fracción urbana, siendo las principales ciudades Sarstún, Caquí Creek, La Coroza, Cocolí, Secanché y Chacmaic.

La población rural corresponde al 82,33% restante (215.041 hab.) y la población indígena estimada es mayor al 65% (Kekchí, Kiché, Mopán y Garifuna). De acuerdo a las características del acuífero, el 40% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y el 60% restante en zonas de descarga.

En el lado beliceño, la población era de 52 habitantes según datos del año 2000, todos ellos indígenas y en el medio rural.

2.2 Usos

En general, los principales usos del agua superficial son para las siguientes actividades: agua para consumo humano, riego, abrevadero, turismo, ecoturismo, industria, actividad forestal y artesanal, y transporte fluvial. En el área existe deficiencia en la cobertura de agua para consumo humano y pecuario. Para el primero se utiliza el sistema de aljibes y de aguadas o pequeñas lagunas almacenadoras de aguas para usos domésticos.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Se encuentran valores altos de sulfatos, carbonatos y otros compuestos.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Existe conexión directa entre las aguas subterráneas y las superficiales, por lo cual el acuífero es vulnerable a la contaminación antropogénica y las inundaciones provocadas por los fenómenos meteorológicos extremos.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Debido a la gran extensión superficial de esta región, la precipitación pluvial media anual es muy variable. Se puede considerar un valor promedio del orden de los 1.300 mm anuales.

Tomando el período de los últimos 5 años, el registro de lluvias se ha comportado en forma bastante normal, e inclusive con volúmenes arriba de lo normal, provocando

algunas inundaciones que afectan a las tierras bajas de Guatemala y Belice, por lo que la mayoría de los manantiales se vieron favorecidos.

Con la presencia de la Tormenta Stan se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja, y en el año 2008 las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Si bien no se prevén cambios en el régimen de lluvias, la zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en las rocas calcáreas que conforman la plataforma de Yucatán.

De acuerdo a las observaciones de los últimos 30 años, ha habido altibajos tanto positivos como negativos en el régimen de lluvias y además siempre se tiene la influencia de los vientos alisios del Mar Caribe.

Los resultados de las simulaciones realizadas con el modelo ECHAM A2 indican que las precipitaciones sufrirán una ligera disminución en los decenios de 2020 y 2030, siendo de 3.076 mm en el año 2010, 3.074 mm en el año 2020 y 3.070 mm en el 2030.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se ve afectada por el cambio en el uso del suelo y la deforestación, más que por el régimen pluviométrico.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

En esta región se tienen climas de bosques tropicales lluviosos. La mayoría de la zona acuífera se encuentra en una geología de karst, por lo que existe un intercambio muy directo y alternativo entre aguas subterráneas y superficiales.

En esta cuenca las inundaciones son recurrentes todos los años dependiendo de la época del mismo, y está en función del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México.

La mayoría de las captaciones de agua de este acuífero se encuentra fuera de las llanuras de inundación por lo tanto los pozos no se ven afectados negativamente cuando se producen inundaciones.

En esta zona la actividad sísmica es escasa, pero la ocurrencia de algún terremoto produciría un cambio en el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas y por los derrumbes en cavernas (karst).

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. Por otro lado cabe recordar que la cantidad de pozos en esta zona es escasa.

En Belice, no hay ningún plan para la explotación del agua subterránea durante los períodos de sequía.

Los sistemas acuíferos freáticos se utilizan para el abastecimiento doméstico de agua potable. Durante los períodos extensos de escasez de precipitaciones (y recarga), estos sistemas se bombean hasta que las bombas manuales no pueden suministrar más agua. Posteriormente, los suministros se hacen a partir de agua superficial o de almacenamiento de agua de lluvia.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el área predomina el clima húmedo tropical y originalmente la vegetación era de selva, bosques de hoja ancha en tierras bajas, bosques de manglares y litorales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Hoy en día el uso del suelo ha cambiado abruptamente pasando principalmente a pastizales, ya que muchas zonas son fuertemente deforestadas.

En la región, las principales actividades están constituidas por la agricultura y ganadería con regular nivel de desarrollo y la actividad forestal artesanal e industrial.

En Belice, las unidades de paisaje actual incluyen montañas, valles, ríos y arroyos, pantanos y humedales y sistemas lagunares.

Hay muy poca actividad agrícola de subsistencia, incluyendo el maíz, frijoles y arroz.

6. ZONAS PROTEGIDAS/ DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las áreas protegidas en Guatemala son: Sarstún, Laguna Grande, Caquí Creek, la Coroza, El Aguacate, Warre Creek, Coton, Cocolí, Sémox, San juan, Chocchoc, Secanché, Cahjcorech y Chacmaic.

En Belice mientras tanto se indica que la parte sur del Parque Nacional Sarstoon-Temash está dentro de la Cuenca Temash.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Belice, hay disposiciones para la identificación de las áreas de recarga y la protección de dichas zonas conforme a la Ley Forestal, el Fideicomiso de Conservación de Áreas Protegidas y la Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Belice, existe un Proyecto de Ley de Sistema Integrado de Recursos Hídricos que será presentado a la Asamblea Nacional para su ratificación. En este proyecto de ley se ha previsto la preparación de un plan director nacional de gestión de los recursos hídricos que incluirá la gestión de las cuencas hidrográficas y sistemas acuíferos transfronterizos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 10C/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de ríos y lagos son utilizados para el transporte fluvial y lacustre. La mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones locales y parte en la zona fronteriza con México y Belice. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo arqueológico, paleontológico y etnológico. **Belice:** Hay muy poca actividad económica en este sistema acuífero transfronterizo.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 3 a 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y en la parte baja se depende de los afluentes de los ríos Candelaria y Hondo o Azul cuando la calidad del agua lo permite, por sus características organolépticas.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 85%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** Se colapsarían también una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras y en otros hay contenido de sulfatos.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En los últimos veinte años no ha habido ningún tratado o debates, (oficial o no oficial) relacionados con el Acuífero Transfronterizo Temash.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Hay evidencias de que existe un interés entre Belice y Guatemala para el uso de este acuífero transfronterizo, pero se debe considerar que este acuífero está poco poblado en ambos lados de la frontera entre Belice y Guatemala. Las demandas de agua son bajas y no hay evidencia de crisis de agua potable en ambos lados de la frontera, por lo que no hay urgencia para iniciar la colaboración binacional.

AUTORES Y FUENTES

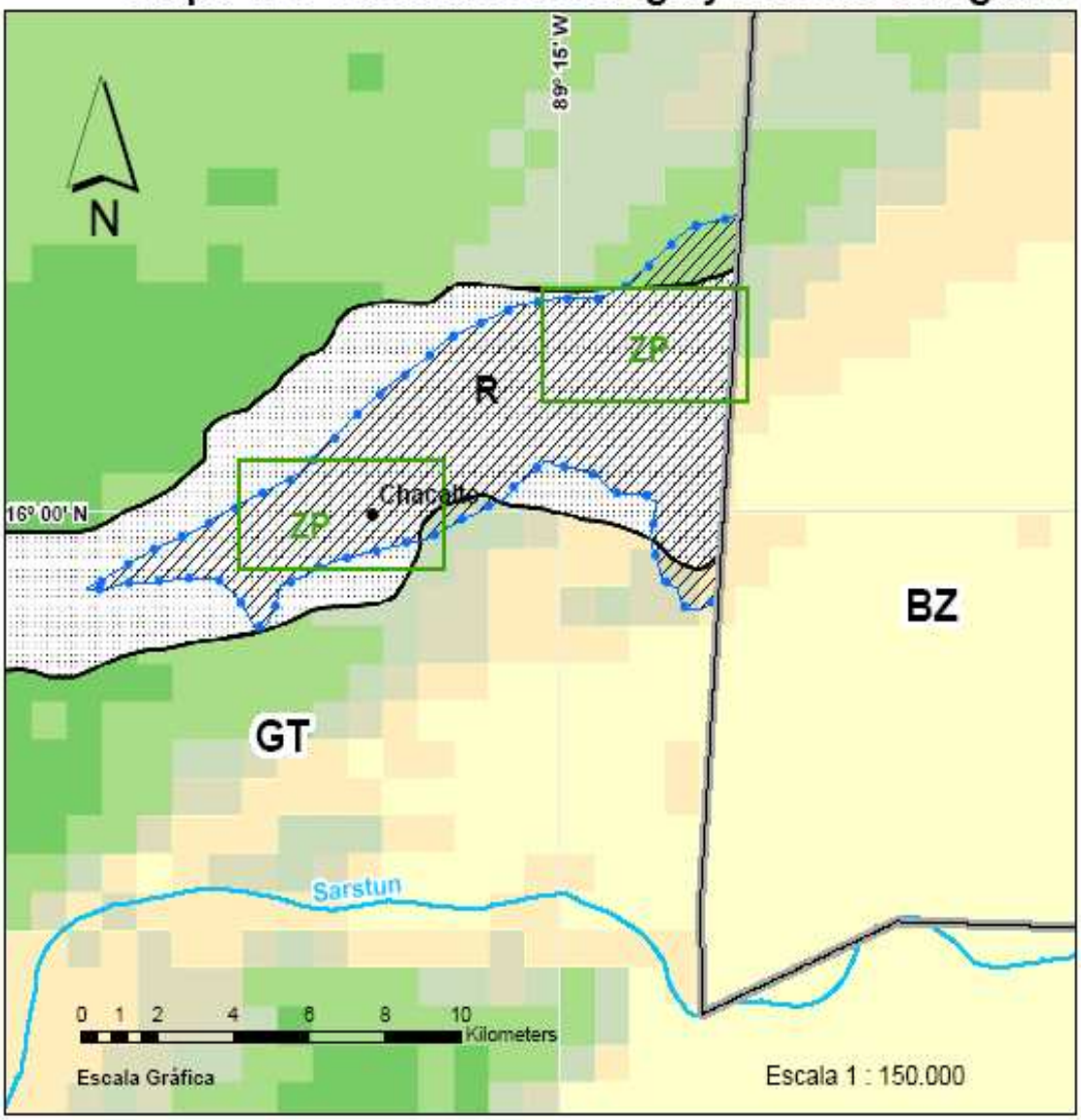
Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Belice: Preparado con la colaboración de: Rudolph Williams

Sistema Acuífero Transfronterizo Temash

11C BZ-GT

Mapa 11C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50

UBICACIÓN GENERAL
11C BZ-GT

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

11C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO TEMASH BELICE-GUATEMALA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Temash se extiende a lo largo de los Departamentos de Petén en Guatemala y del Distrito de Toledo en Belice. Es parte de la Cuenca del Río Temash que nace en Guatemala y se dirige hacia Belice.

La topografía es ondulada con altitudes menores a 300 msnm en las partes más altas de Guatemala, hasta alcanzar el nivel del mar en su desembocadura en el territorio beliceño hacia el Mar Caribe.

El sistema acuífero ocupa un área de 360 km^2 en Belice y de 114 km^2 en Guatemala.

1.2 Características del acuífero

Geológicamente la cuenca está conformada principalmente por depósitos sedimentarios clásticos marinos del Cretácico Terciario, con predominio de un 90% de rocas sedimentarias muy poco consolidadas, alternándose estratos de areniscas, sillitas, margas, calizas, y dolomitas. El restante 10% está conformado por calizas y dolomitas cretácicas con elevado grado de permeabilidad por fracturación y con extensos fenómenos de circulación cárstica. Los depósitos sedimentarios terciarios constituyen un acuífero multiestrato de productividad baja y de permeabilidad primaria a secundaria. Las calizas y dolomitas cretácicas constituyen un acuífero de muy buena potencialidad y permeabilidad muy variable de 20 a 80 m^2/día, principalmente en el cauce del Temash.

El flujo corre en dirección oeste - este hacia el este, dirigiéndose a Belice y al Mar Caribe.

Las profundidades promedio van de 10 a 30 m, sin embargo, los pozos de exploración de petróleo han encontrado agua en el entorno de los 440 m de profundidad.

La explotación es baja, con rendimientos de 76 l/min a 867 l/min, según datos de Belice.

1.3 Zonas de Recarga

El área de recarga potencial del acuífero es practicamente el 65% del área de la cuenca, equivalente a 45 km^2 en el territorio guatemalteco y el gradiente hidráulico en el área fronteriza puede ser de 0,5 a 1 metros / km; mientras que la oscilación de los niveles freáticos puede alcanzar de 2 a 8 metros / año. Las lluvias pueden infiltrar de 20 a 30%.

En Belice, la ubicación de la zona de recarga es en las laderas orientales de las Montañas Mayas.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción guatemalteca está estimada en unos 8.990 habitantes, de los cuales el 11,73% (1.055 hab.) integran la fracción urbana.

La población rural corresponde al 88,27% restante (7.935 hab.) y la población indígena estimada es mayor al 35% (Kekchí, Kiché, Mopán y Garifuna). De acuerdo a las características del acuífero, el 40% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y el 60% restante en zonas de descarga.

La población para la parte correspondiente a Belice es de 1157 habitantes, todos indígenas en el medio rural y en zona correspondiente a descarga del Sistema acuífero.

2.2 Usos

En general los principales usos del agua superficial son para las siguientes actividades: agua para consumo humano, riego, abrevadero, turismo, ecoturismo e industria.

En el área existe deficiencia en la cobertura de agua para consumo humano y pecuario. Para el primero se utiliza el sistema de aljibes y de aguadas o pequeñas lagunas almacenadoras de aguas para usos domésticos.

En Belice los usos son para consumo doméstico (90%).

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad del agua

Según Belice, la calidad natural del agua es buena y presenta los siguientes valores: dureza 248 mg/l en $CaCO_3$, cloruros 135 mg/l, sulfatos 1mg/l, nitratos 1,74 mg/l.

3.1 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Existe conexión directa entre las aguas subterráneas y las superficiales, por lo cual el acuífero es vulnerable a la contaminación antropogénica y las inundaciones provocadas por los fenómenos meteorológicos extremos.

No hay control integral de las aguas subterráneas en Belice. Muestreos de cantidad y calidad se realizan en un proyecto de investigación o por algún problema puntual. Por lo tanto, no hay datos suficientes para determinar las tendencias en la calidad y cantidad de las reservas de aguas subterráneas.

3.3 Otras fuentes de agua

Las fuentes alternativas de agua son la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia durante la temporada de lluvias. Las poblaciones cercanas a los ríos usan aguas superficiales y aguas subterráneas para sobrevivir a los períodos de escasez de agua.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Debido a la gran extensión superficial de esta región, la precipitación pluvial media anual es muy variable. Se puede considerar un valor promedio del orden de los 1.300 mm anuales.

Tomando el período de los últimos 5 años, el registro de lluvias se ha comportado en forma bastante normal, e inclusive con volúmenes arriba de lo normal, provocando algunas inundaciones que afectan a las tierras bajas de Guatemala y Belice, por lo que la mayoría de los manantiales se vieron favorecidos.

Con la presencia de la Tormenta Stan se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja, y en el año 2008 las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

Según Belice, existe una tendencia creciente de las precipitaciones para la Cuenca Temash. El promedio de precipitaciones durante la última década fue 2.946 mm, la máxima fue 3.703mm, mientras que el mínimo fue de 2.297 mm.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Si bien no se prevén cambios en el régimen de lluvias, la zona se caracteriza por presentar incidencia de huracanes y tormentas tropicales que repercuten directamente en el régimen de recarga del acuífero alojado en las rocas calcáreas que conforman la plataforma de Yucatán.

De acuerdo a las observaciones de los últimos 30 años, han habido altibajos tanto positivos como negativos en el régimen de lluvias y además siempre se tiene la influencia de los vientos alisios del Mar Caribe.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se ve afectada por el cambio en el uso del suelo y la deforestación, más que por el régimen pluviométrico.

Los resultados del modelo ECHAM A2 de lluvia sobre el Acuífero Temash indican un promedio de 3.104 mm por año durante los próximos dos decenios. El año pico será 2015, con 3.910mm y la mínima será de 2.994 mm en el año 2018. El promedio de estas dos décadas representa un aumento del 0,55% en la última década.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Los eventos meteorológicos extremos, especialmente los huracanes y tormentas tropicales han ocasionado la destrucción de las fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades mexicanas, siendo necesario construir nuevas fuentes en lugares más seguros y protegidos de la influencia de las avenidas extraordinarias.

En esta región se tienen climas de bosques tropicales lluviosos. La mayoría de la zona acuífera se encuentra en una geología de karst, por lo que existe un intercambio muy directo y alternativo entre aguas subterráneas y superficiales.

En esta cuenca las inundaciones son recurrentes todos los años dependiendo de la época del mismo, y está en función del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y por los frentes fríos de latitudes medias y altas introduciendo vapor de agua del Golfo de México.

La mayoría de las captaciones de agua de este acuífero se encuentra fuera de las llanuras de inundación por lo tanto los pozos no se ven afectados negativamente cuando se producen inundaciones.

En esta zona la actividad sísmica es escasa, pero la ocurrencia de algún terremoto produciría un cambio en el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas y por los derrumbes en cavernas (karst).

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Según Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. Por otro lado cabe recordar que la cantidad de pozos en esta zona es escasa.

En Belice, no hay ningún plan para la explotación del agua subterránea durante los períodos de sequía.

Los sistemas acuíferos freáticos se utilizan para el abastecimiento doméstico de agua potable. Durante los períodos extensos de escasez de precipitaciones (y recarga), estos sistemas se bombean hasta que las bombas manuales no pueden suministrar más agua. Posteriormente, los suministros se hacen a partir de agua superficial o de almacenamiento de agua de lluvia.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el área predomina el clima húmedo tropical y originalmente la vegetación era de selva.

La cobertura original de la tierra en Belice, previo al desarrollo agrícola fue principalmente los bosques latifoliados húmedos de las tierras bajas.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Hoy en día el uso del suelo ha cambiado abruptamente pasando principalmente a pastizales.

Los suelos superficiales generalmente son pobres y poco profundos y muchas zonas son fuertemente deforestadas. Las principales actividades están constituidas por la agricultura y ganadería de sobrevivencia, con bajo nivel de desarrollo y la actividad forestal artesanal.

En Belice, las unidades actuales de paisaje son principalmente las selvas húmedas, las tierras agrícolas, zonas de arbustos, manglares y pantanos, siendo los principales cultivos: arroz, frijoles, maíz y cacao

6. ZONAS PROTEGIDAS/ DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las áreas protegidas en Guatemala son: Timax, Sajul, Chacalté, Quebrada Seca y Caaché.

En Belice, la parte norte del Parque Nacional Sarstoon-Temash se encuentra dentro de la Cuenca Temash. Esta porción es de aproximadamente 16.938 hectáreas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Belice, hay disposiciones para la identificación de las áreas de recarga y la protección de dichas zonas conforme a la Ley Forestal, el Fideicomiso de Conservación de Áreas Protegidas y la Ley de Gestión Integrada de Recursos Hídricos

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Belice, existe un Proyecto de Ley de Sistema Integrado de Recursos Hídricos que será presentado a la Asamblea Nacional para su ratificación. En este proyecto de ley se ha previsto la preparación de un plan director nacional de gestión de los recursos hídricos que incluirá la gestión de las cuencas hidrográficas y sistemas acuíferos transfronterizos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Ver cuadro sobre los económicos relativos al uso del sistema acuífero.

Cuadro 11C/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de ríos y lagos son utilizados para el transporte fluvial y lacustre. La mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados de las poblaciones locales y parte en la zona fronteriza con México y Belice. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo arqueológico, paleontológico y etnológico. **Belice:** No es posible desglosar los datos económicos presentados por el Instituto de Estadística de Belice. Las actividades económicas incluyen pequeños complejos turísticos de alojamiento, ecoturismo y el procesamiento de cacao.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 3 a 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y en la parte baja se depende de los afluentes de los ríos Candelaria y Hondo o Azul cuando la calidad del agua lo permite, por sus características organolépticas. **Belice:** La mayoría de los cultivos de arroz son irrigados y por lo tanto dependen en gran medida el acceso al agua, sin embargo, esa agua se suministra de las existencias de agua superficial.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 85%. **Belice:** Se estima que el 90% de los ciudadanos sumidos en la pobreza están utilizando el agua de este acuífero como suministro de agua potable.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** Se colapsarían también una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras y en otros hay contenido de sulfatos.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En los últimos veinte años no ha habido ningún tratado o debates (oficial o no oficial) relacionados con el Acuífero Transfronterizo Temash.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

No hay evidencias de que exista un interés entre Belice y Guatemala para el uso de este acuífero transfronterizo, pero se debe considerar que este acuífero está poco poblado en

ambos lados de la frontera, las demandas de agua son bajas y no hay evidencia de crisis de agua potable, por lo que no hay urgencia para iniciar la colaboración binacional.

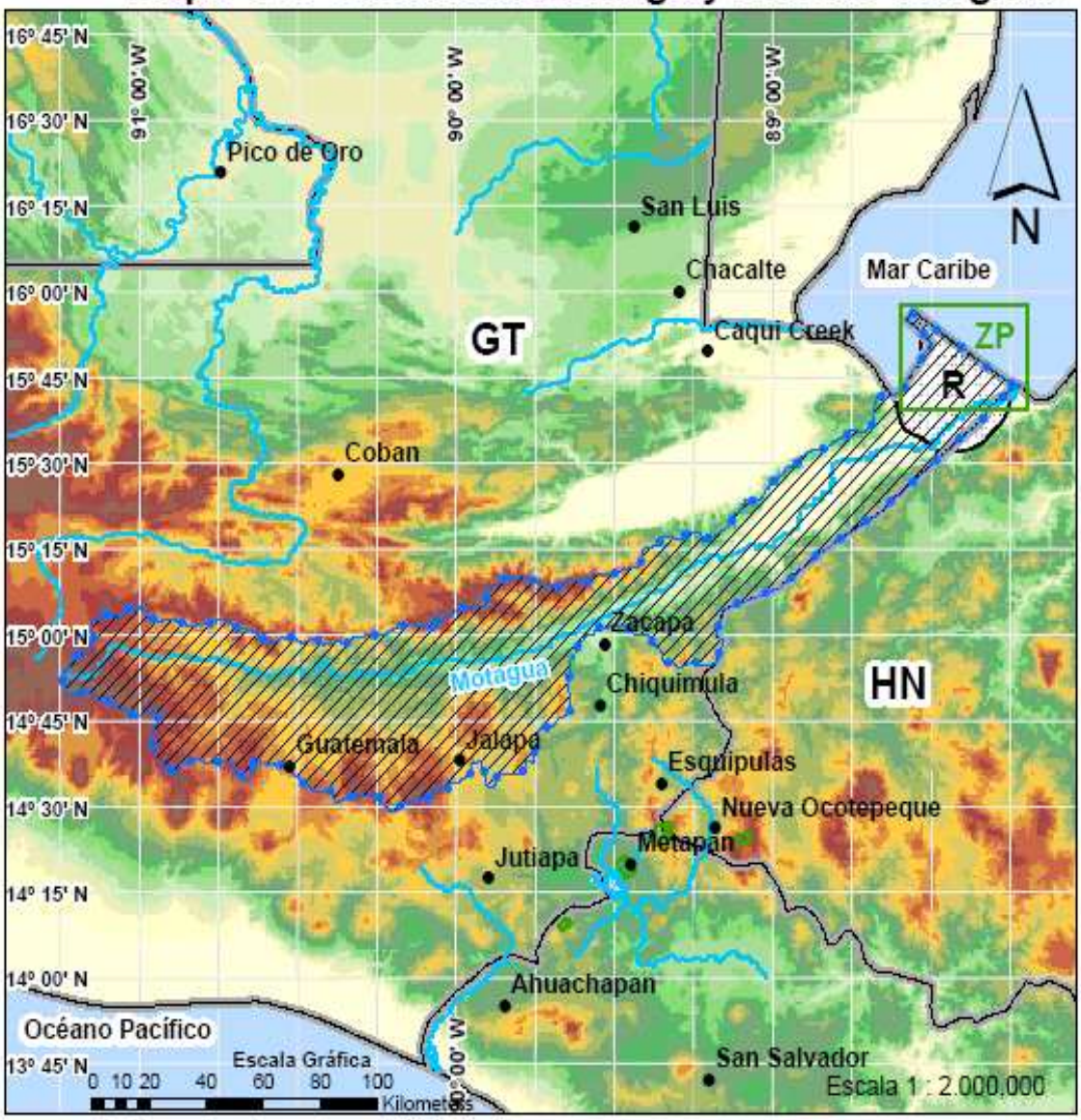
AUTORES Y FUENTES

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Belice: Preparado con la colaboración de: Rudolph Williams

Sistema Acuífero Transfronterizo Delta del Río Motagua 12C GT-HN

Mapa 12C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

500 - 750	2500 - 3000
400 - 500	2250 - 2500
300 - 400	2000 - 2250
200 - 300	1750 - 2000
150 - 200	1500 - 1750
100 - 150	1250 - 1500
50 - 100	1000 - 1250
0 - 50	750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
12C GT-HN

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

12C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO DELTA DEL RÍO MOTAGUA
GUATEMALA-HONDURAS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Motagua se extiende a lo largo del Departamento de Izabal (Guatemala) y el Departamento de Cortés (Honduras). El área del sistema acuífero en Guatemala es de aproximadamente 2.340 km^2 .

1.2 Características del acuífero

En esta zona puede observarse una geología variada con presencia de una importante área aluvial que cubre extensas zonas planas y que sirve de sustrato para mantener los sistemas de manglares y los humedales en ambos países. En el área de Izabal predominan los aluviones cuaternarios (45%) de granulometría variable y de regular profundidad.

Posteriormente, pueden observarse depósitos sedimentarios terciarios (20%) muy poco consolidados, alternándose con estratos de areniscas, calizas, dolomitas y yeso, además de rocas metamórficas y otras. En los valles la conductividad hidráulica de los pozos es alta, normalmente el acuífero es libre y está en contacto directo con las aguas superficiales. En el subsuelo se infiere la existencia de cierto nivel del fracturación por la presencia de la falla geológica del Motagua.

El acuífero se encuentra principalmente a poca profundidad en el estrato aluvial reciente de los valles que son atravesados por la corriente del Río Motagua, que nace en el oeste de la República de Guatemala. En los valles, la conductividad hidráulica de los pozos es alta y normalmente el acuífero es libre y está en contacto directo con las aguas superficiales. En el subsuelo se infiere la existencia de cierto nivel del fracturación por la presencia de la falla geológica del Motagua. Los depósitos sedimentarios terciarios constituyen un acuífero multiestrato de productividad baja y de permeabilidad primaria a secundaria. Los aluviones cuaternarios constituyen un acuífero de porosidad primaria de muy buena productividad con transmisividad variable de 50 a 500 m^2/día, y transmisividad variable de 50 a 800 m^2/día.

Las calizas y dolomitas cretácicas constituyen un acuífero de muy buena potencialidad y permeabilidad muy variable. Las lluvias pueden infiltrar de 25 a 50%. El flujo corre en dirección suroeste - noreste hacia el noreste, dirigiéndose al Mar Caribe. El gradiente hidráulico a través de la frontera es de 0,5 a 1,0 m/km y la extensión aproximada del acuífero es de 2.340 km^2. La variación de los niveles del agua subterránea es de 2 a 5 m/año.

Los pozos son todos someros, siendo la profundidad promedio entre 1 y 10 m. La recarga es practicamente en el delta del Río Motagua, en un área de 2.340 km^2.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción guatemalteca está estimada en unos 32.500 habitantes, de los cuales el 10% (3.250 hab.), integran la fracción urbana.

La población rural corresponde al 90% restante (29.250 hab.) y la población indígena estimada es de 65% (Kekchí, Kiché y Garifuna). De acuerdo a las características del acuífero el 100% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y/o zonas de descarga.

2.2 Usos

Guatemala presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Agroindustrias 10%
- Riego 50%
- Uso doméstico 20%
- Abrevadero 5%
- Otros usos 15%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Se han percibido cambios en cuanto al deterioro paulatino de la calidad del agua, por su uso intensivo, y el aumento de las poblaciones.

En el acuífero de la desembocadura del Río Motagua aún no existen áreas con agotamiento de aguas subterráneas, pero en la zona costera del Mar Caribe se presentan intrusiones marinas en forma localizada y con la presencia del fenómeno ENOS.

Las contaminaciones normalmente tienden a aumentar. Color, olores, sabor, salinidad y enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

3.2 Otras fuentes de agua

En el caso de esta región se pueden construir pequeños embales, ya que la impermeabilidad de los suelos lo permite, pero con cierta dificultad por la topografía plana de la región.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En la zona del Mar Caribe de Guatemala se registran altos volúmenes de lluvia (3.000 mm/año), durante 11 meses al año. Normalmente solo se presentan problemas de déficits en los acuíferos durante el segundo año de cada evento del fenómeno de El Niño (ENOS).

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Por las observaciones de los últimos 30 años siempre habrán altibajos positivos y negativos todo depende de la presencia del fenómeno ENOS.

La zona es totalmente rural, con plantaciones de banano, palma africana, explotaciones ganaderas y áreas de ecoturismo y playas.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

La región es bastante húmeda; las sequías afectan la recarga en la zona costera, y en este caso, en algunos sitios pueden presentarse problema de intrusiones marinas. Con la presencia de inundaciones, el acuífero es vulnerable a todo tipo de contaminación. Por estar en áreas de planicie costera sobre rocas metamórficas, con los terremotos locales no se han presentado cambios sustanciales en las características del acuífero.

No existe ningún plan de explotación del acuífero en el caso de sequías.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Casi toda el área de la cuenca fue zona selvática y con muchas áreas pantanosas. Actualmente el uso del suelo cambió a plantaciones de banano, palma africana, piña, maíz y potreros para ganaderías y la zona costera para el desarrollo hotelero y ecoturismo. Aún quedan algunas áreas montañosas selváticas asociadas con pantanos.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Actualmente, sobre los acuíferos se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, bananeras, plantaciones de palma africana y potreros para ganaderías y las áreas hoteleras en las playas.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Plantaciones 50%; hatos de 5 a 30 animales/hectárea 30% y cobertura de tierras naturales 20%. Todos utilizando nivel de tecnología media alta.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Áreas en proceso de protección: Barra del Motagua, El Cinchado, Monajales, Media Luna y el Estero de programas de conservación de suelos se tiene por parte de las fincas productoras de banano en: Entre Ríos, Champas Corrientes, El Cacao y Las Brisas además de las áreas en proceso de protección y Motagua Viejo.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Toda la zona costera es importantísima por la rutas de sobrevuelo de las aves migratorias y por las especies marino-costeras. El área de estuarios y los humedales de Barra del Motagua y el Estero Motagua Viejo y todo el curso del Río Motagua.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, existe planificación por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones (aún no en práctica). Ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Como tal no existe, las municipalidades tratan de ordenar con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

En general, el tema de cuantificación del ciclo del agua es muy escaso. Únicamente se encuentran disponibles los datos de las cuencas hidrográficas del INSIVUMEH, pero los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 12C/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños y grandes agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados nacionales de El Salvador, Guatemala y de exportación a USA y Europa.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 2-3 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos en toda la cuenca de la desembocadura del Río Motagua.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 40%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** La poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado y el riego de las plantaciones durante la estación seca. También en la parte de aprovechamiento de los recursos marino-costeros.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Las relaciones entre Guatemala y Honduras son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1930. Actualmente los caudales los usan en forma equitativa los pobladores de los dos países.

Únicamente se cuentan con algunas estaciones de monitoreo hidrometeorológico, operadas por INSIVUMEH (Guatemala), y por la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas).

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Hasta el momento no hay ninguna competencia entre los países vecinos por el uso del agua subterránea, ni se han identificado efectos transfronterizos negativos, siendo que los caudales son usados en forma lo más equitativamente posible por parte de los pobladores de los dos países.

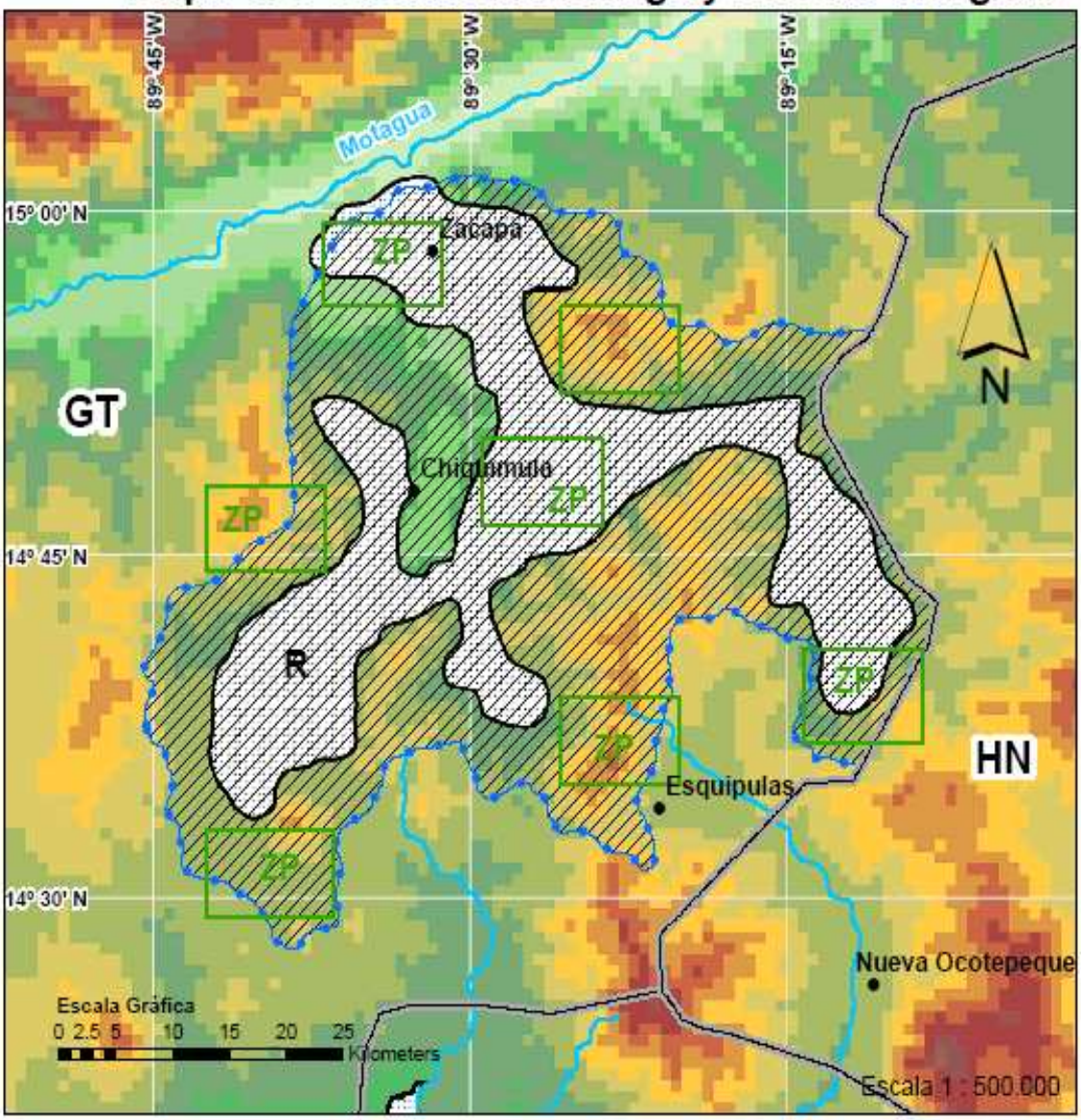
AUTORES Y FUENTES

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Chiquimula-Copán Ruinas

13C GT-HN

Mapa 13C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

500 - 750	2500 - 3000
400 - 500	2250 - 2500
300 - 400	2000 - 2250
200 - 300	1750 - 2000
150 - 200	1500 - 1750
100 - 150	1250 - 1500
50 - 100	1000 - 1250
0 - 50	750 - 1000

UBICACIÓN GENERAL
13C GT-HN

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

13C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CHIQUIMULA-COPÁN RUINAS
GUATEMALA-HONDURAS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Chiquimula-Copán Ruinas se extiende a lo largo del Departamento de Chiquimula (Guatemala) y del Departamento de Santa Rosa de Copán (Honduras). El clima es variable entre zonas subtropicales secas hasta semiáridas y el déficit hídrico es notorio durante la mayor parte del año.

Normalmente, la mayor parte de la Cuenca del Río Camotán (Guatemala) o Río Copán (Honduras) presenta una topografía quebrada con sistemas montañosos de altas pendientes con amplias zonas deforestadas y erosionadas.

1.2 Características del acuífero

En la Cuenca del Río Camotán, predominan los intrusivos graníticos (35%), las lavas y tobas volcánicas (25%), de diferente grado de consolidación y de diversa naturaleza litológica; lavas cuaternarias (15%); aluviones cuaternarios (15%); calizas y dolomitas cretácicas (10%). La principal actividad de los pobladores es la agricultura de sobrevivencia, con rendimientos extremadamente bajos e ingresos per cápita muy bajos.

Constituye un acuífero con porosidad secundaria, relacionada al grado de fracturación. Es un acuífero con permeabilidad primaria y secundaria, y es importante para la recarga de acuíferos subyacentes. Los aluviones cuaternarios presentan acuíferos de buena productividad con transmisividad de 25 a 200 m²/día; fuera de esas zonas la permeabilidad es baja.

Las áreas con suelos de calizas y dolomitas cretácicas tienen un elevado grado de permeabilidad por fracturación y por fenómenos de circulación cárstica y acuíferos de buena potencialidad. Normalmente, las mejores áreas acuíferas la constituyen las zonas aluviales del Cuaternario. El gradiente hidráulico a través de la frontera es de 0,5 a 2,0 m/km, mientras que las variaciones anuales de las aguas subterráneas pueden ser de 2 a 5 metros. El flujo en la frontera viene de Honduras y se dirige a Guatemala. El acuífero en esta zona se encuentra a poca profundidad en el estrato aluvial atravesado por el Río Camotán en los pequeños valles intermontanos.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción guatemalteca está estimada en unos 513.110 habitantes, de los cuales el 29,25% (150.072 hab.) integran la fracción urbana, siendo las principales ciudades Puerto Barrios, Mojanales, Quetzalito, Media Luna, Las Vegas y Punta Manabique.

La población rural corresponde al 70,75% restante (363.037 hab.) y la población indígena estimada es 41% Chortí, 7% Pocomán y 1% Ladino (castellano antiguo). De acuerdo a las características del acuífero el 30% de la población se encuentra asentada sobre zonas de recarga y el 70% restante en zonas de descarga.

2.2 Usos

En la época seca los pobladores dependen del agua de los manantiales y de los pozos para abastecimiento humano y para demandas pecuarias domésticas.

Los principales usos se distribuyen de acuerdo a:

- Riego 45%
- Uso doméstico 25%
- Abrevadero 15%
- Agroindustrias 10%

Otros usos 5%, principalmente para conservar el ecoturismo, la flora y fauna de la Cuenca del Río Grande de Zacapa.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En el Sistema Acuífero Chiquimula-Copán Ruinas se tiene cierta interdependencia entre los caudales, los manantiales y los ríos. Cuando los períodos lluviosos son pobres, casi todos los manantiales reducen considerablemente sus caudales y por ende los caudales de los ríos.

Las concentraciones de los contaminantes normalmente mantienen sus niveles, el color, olores, sabor, la salinidad y las enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática y con el esfuerzo del control de vectores por parte del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, quienes realizan monitoreos semanales en lo relacionado con el agua potable y el saneamiento ambiental en las comunidades.

El sistema acuífero es también vulnerable a la contaminación por infiltración de compuestos que son volcados al cauce del Río Camotán.

3.2 Otras fuentes de agua

En el caso de esta región, pueden construirse pequeños embalses, que localmente se conocen con el nombre de aguadas, en donde unidades de geología impermeable lo permitan. En algunos sitios se depende de las lluvias para obtener agua de buena calidad organoléptica, principalmente en las zonas con presencia de rocas calcáreas. Luego, casi siempre se depende del agua de los manantiales, ríos, arroyos y de pequeños embalses.

El agua de algunos manantiales muestra un sabor algo desagradable por la presencia de carbonatos de calcio y magnesio.

En el caso de este acuífero, las aguas superficiales y subterráneas de la Cuenca Alta del Río Camotán (en Honduras tiene el nombre de Río Copán), van de Honduras a Guatemala.

Aproximadamente la tercera parte de la cuenca se encuentra en el territorio hondureño y dos tercios en Guatemala. En las cuencas media y baja, la lluvia y los caudales son producidos en territorio guatemalteco.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En los últimos 5 años, las lluvias se han comportado de forma variable y con volúmenes arriba de lo normal, provocando inundaciones que afectan las márgenes de los cauces y las zonas bajas del área de Zacapa y la mayoría de manantiales se vieron favorecidos.

En los últimos 10 años: en el período de los primeros 5 años los manantiales y los ríos presentaron caudales deficitarios de acuerdo al ritmo de la estación lluviosa; y con la presencia del Huracán Mitch en 1998, se tuvieron problemas de inundaciones en la cuenca baja; mientras que en el año 1999 hubieron reportes de hambruna en Camotán, Jocotán y Olopa en el Departamento de Chiquimula. En el año 2008 las cuencas sufrieron inundaciones históricas sobresalientes con la presencia de la Onda Tropical del Este N° 16 del Mar Caribe.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Por las observaciones de los últimos 30 años siempre hubo altibajos positivos y negativos, debido a la influencia de los vientos alisios del Mar Caribe.

La recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se afecta por el cambio en el uso del suelo y la deforestación.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En esta región se tienen climas de bosques templados semi-húmedos en pequeña proporción asociados a las plantaciones de café; la mayoría del área posee climas semi-áridos con una estación lluviosa de corta duración. Los suelos presentan geología variada, desde volcánicos, sedimentarios calcáreos, complejos plutónicos hasta suelos metamórficos. La zona acuífera principal se encuentra en los valles aluviales, en donde existe intercambio muy directo y alternativo entre las aguas subterráneas y superficiales.

En esta cuenca las inundaciones súbitas son recurrentes todos los años, dependiendo de la época del mismo, y también depende del origen, la distribución espacial y la cantidad de lluvia precipitada. Las lluvias en estas cuencas están fuertemente influenciadas por la actividad ciclónica del Mar Caribe y de la zona de convergencia intertropical, introduciendo vapor de agua al área continental.

En esta zona la actividad sísmica es muy activa, se localizan fallas geológicas importantes como las de Motagua, Ipala y Camotán-Jocotán. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas con acuíferos colgados en las áreas montañosas.

La zona acuífera es vulnerable principalmente a fenómenos meteorológicos como los períodos de sequía debidos al fenómeno de El Niño.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. En esta zona se presentan gran cantidad de pozos excavados y perforados, el aprovechamiento de las aguas subterráneas también es por medio de manantiales.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En territorio guatemalteco, en las zonas altas pueden observarse bosques (pino caribe y quercus), parcialmente intervenidos por el avance de las plantaciones de café, maíz, frijol y de algunas hortalizas de clima templado (>800 msnm).

A niveles entre 600 a 800 msnm, existen bosques espinosos propios de zonas semi-áridas y se intercalan zonas ganaderas y plantaciones de maíz, frijol, maicillo y arroz de inundación. En alturas menores a 600 msnm, continúan los bosques con plantaciones de cactus, tunas, yute, piñol y en los sitios que existe humedad se cultivan las hortalizas y frutas de clima cálido (tomate, pimiento, melón sandía, pepino, ockra, vid, marañón, mango y cítricos).

Las poblaciones se encuentran a la orilla de ríos o en valles donde pueden llegar los abastecimientos de agua para consumo humano procedentes de manantiales o de pozos perforados (mecánicos) y de pozos excavados (artesanales). La infiltración para la recarga procede de los lugares montañosos. En esta cuenca, la comunicación es terrestre, por carreteras. En el pasado existió el ferrocarril interoceánico (FEGUA), pero hoy en día está fuera de operación.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Actualmente, sobre los acuíferos se sitúan zonas con parte de los bosques originales, áreas de pinos y quercus, y otras especies arbóreas autóctonas. Hoy en día existen plantaciones de maíz, frijol, calabazas, hortalizas de clima cálido y extensiones con pastos para alimentar a los hatos ganaderos.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Plantaciones 25%; hatos de 5 a 15 animales/hectárea 20% y cobertura de tierras naturales, bosques y zonas pedregosas 50%. Todos utilizando niveles tecnológicos de medio a bajo.

6. ZONAS PROTEGIDAS/ DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En el Sistema Acuífero Chiquimula-Copán Ruinas, se tienen los siguientes puntos de conservación: Chanmagua, Timushán, El Florido, Camotán, Jocotán, Quezaltepeque, San Jacinto, San Juan Ermita, Vado Hondo, Chiquimula, Zacapa y Estanzuela.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Todas las áreas bajas dependen de los aportes de las aguas subterráneas, porque en estas zonas se mezclan las aguas subterráneas con las aguas superficiales en los valles aluviales.

Todas las montañas son aprovechadas como hábitat por animales silvestres. Existen muchas plantas autóctonas las que también son utilizadas como alimento en el sobrevuelo de las aves y animales migratorios.

En el Sistema Acuífero Chiquimula-Copán Ruinas (Cuenca del Río Grande de Zacapa), sus afluentes reciben aportes importantes de las aguas subterráneas por la presencia de cavernas de los suelos Karst de la zona, y por las fisuras y las diaclasas de las rocas en las zonas de actividad tectónica, tanto en la época seca como durante el período lluvioso

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Existe planificación (aún no en práctica), principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones, y también para protección de la infraestructura vial (caminos y puentes), pero ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Como tal, no existe. Las municipalidades tratan de ordenar con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana, la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

En general, el tema de cuantificación del ciclo del agua, es muy escaso. Únicamente se encuentran disponibles datos climatológicos del INSIVUMEH en algunos sitios de la Cuenca Hidrográfica del Río Grande de Zacapa (Río Copán, Río Camotán y Río Grande, constituyen el mismo río), pero los registros de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o inexistentes.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 13C/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues, en el caso de los ríos son utilizados por pequeños y medianos agricultores cuyos productos normalmente son vendidos en los mercados locales y otra parte en las poblaciones fronterizas con Honduras y El Salvador. Se tienen actividades de ecoturismo, turismo religioso, arqueológico, paleontológico y etnológico.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar de 6 a 8 meses en el año, pero para el consumo humano se depende de los manantiales y en la parte baja de los afluentes del Río Grande de Zacapa, cuando la calidad del agua lo permite, por sus características organolépticas. En caso contrario es necesaria la construcción de pequeños embalses o aguadas.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 60%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** Se colapsarían una buena cantidad de los sistemas biológicos de la red de aguas superficiales. También se afectarían las poblaciones de esta cuenca, porque dependen del agua superficial para el aprovisionamiento de caudales para los abastecimientos de agua para consumo humano e igualmente como abrevadero para el ganado y para suplir las demandas de agua para irrigación, a pesar que en varios sitios, la calidad es de aguas duras.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Las relaciones entre Guatemala y Honduras son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos. Actualmente los caudales los usan en forma lo más equitativamente posible los pobladores de los dos países.

A través de la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas), se trata cualquier posible conflicto en materia de aguas fronterizas; siempre se ha respetado el compartimiento ecuánime de las demandas de aguas entre ambas naciones para su uso y cooperación mutua.

Se cuentan con algunas evaluaciones climatológicas realizadas por el INSIVUMEH, (Guatemala) y la CILA.

Se mantienen algunas relaciones entre las municipalidades fronterizas de ambos países.

Existe buena relación entre los agricultores y ganaderos de la región.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Por ser un acuífero en el cual los caudales van de Honduras a Guatemala, no existe competencia directa por los caudales, pero los caudales los usan en forma equitativa los pobladores de los dos países.

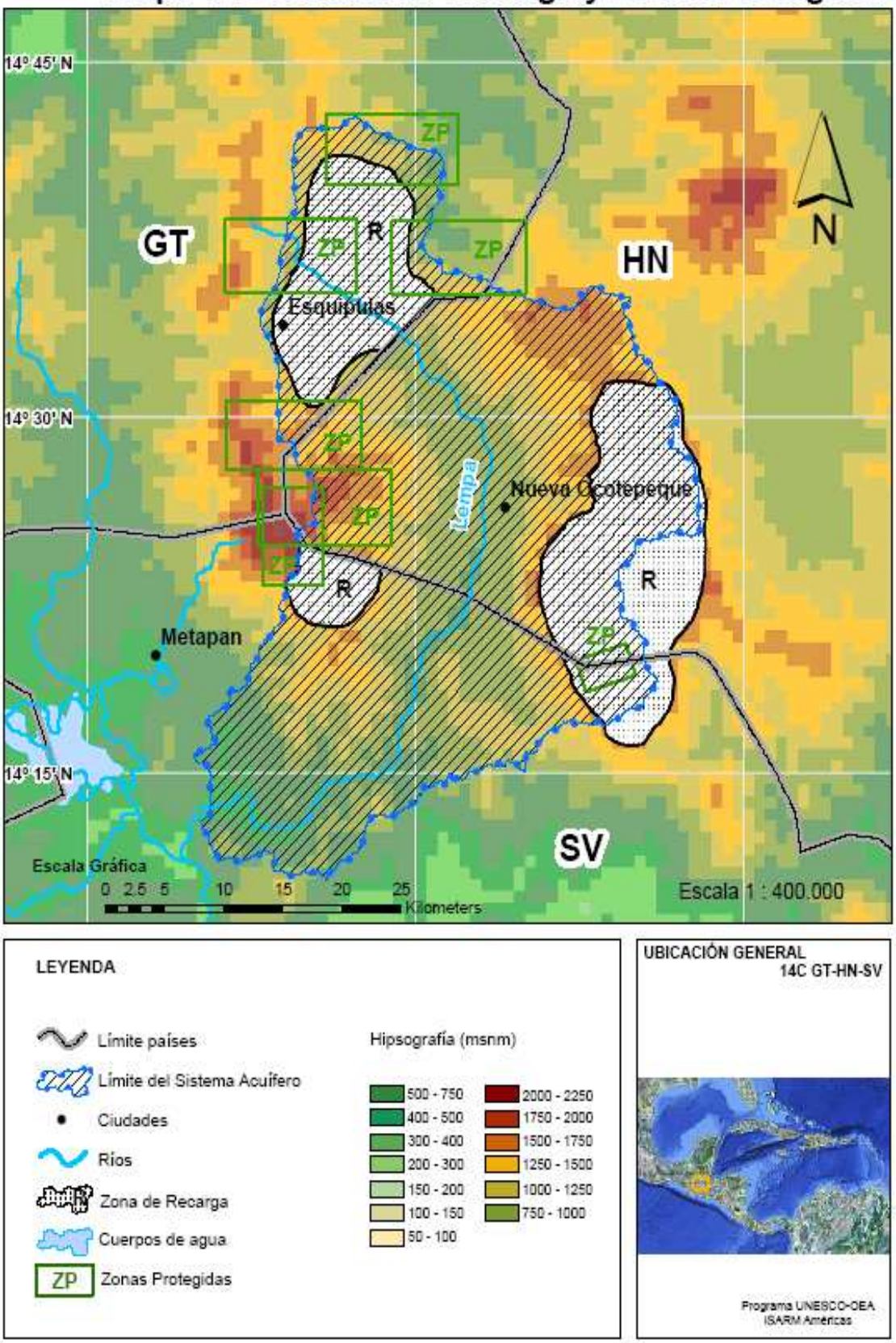
AUTORES Y FUENTES

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Esquipulas-Ocotepeque-Citalá

14C GT-HN-SV

Mapa 14C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



14C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ESQUIPULAS-OCOTEPEQUE-CITALÁ
EL SALVADOR-GUATEMALA-HONDURAS

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Esquipulas-Ocotepeque-Citalá se extiende aproximadamente a lo largo de 600 km^2 correspondiendo a los municipios de Metapán, Citalá, San Ignacio, La Palma, en el El Salvador; a los municipios de Esquipulas, Olopa, Quetzaltepeque, en Guatemala; a los municipios de Nueva Ocotepeque, Santa Fe, Concepción, en Honduras. Los elementos fisiográficos dominantes están representados por la cadena volcánica del Terciario con elevaciones de hasta 2.700 msnm.

La población estimada es de unos 100.000 habitantes en Guatemala y de unos 50.000 en El Salvador, con una extensión en éste último de 1.400 km^2.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero es un sistema multicapa, libre a confinado, siendo la condición libre la más predominante. Es de tipo poroso y fracturado, ya que está constituido por depósitos sedimentarios en valles aluviales cuaternarios, piroclastitas y lavas ácidas a intermedias-ácidas del Terciario. En muchas zonas se observa alteración hidrotermal.

El acuífero somero tiene una profundidad media de 20 m, mientras que el acuífero profundo varía de 100 a 150 m.

En El Salvador, como zonas de recarga, se incluyen las áreas urbanas de Citalá, San Ignacio y La Palma; y áreas rurales al nivel de cantones (no se cuenta con datos más detallados al nivel de comunidades o caseríos).

1.3 Explotación y caudales

No se cuenta con la información de explotación de los acuíferos, pero si es muy utilizado para abastecimiento de agua domiciliar en las zonas rurales.

Existen proyectos turísticos que son abastecidos por aguas subterráneas.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de la población a continuación.

Cuadro 14C/1: Datos de población

	El Salvador	Guatemala
• **Total:**	46.595 habitantes	100.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	8.901 hab. (19%) Citalá, La Palma, San Ignacio, Masahuat y Sta. Rosa Guachipilin	29.600 hab (29,6%)
• **Proyección (U) al 2030:**		50.550 hab.
• **Rural:**	37.694 hab. (81%)	70.400 hab (70,4%)
• **Proyección (R) al 2030:**		120.228 hab.
• **Población indígena estimada:**	0 hab. (0%)	20.000 hab. (20%) Chortí
• **Población en zonas de recarga:**	14.325 hab. (30%)	29.800 hab. (29,8%)
• **Población en zonas de descarga:**	9.782 hab. (21%)	70200 hab. (70,2%)

2.2 Usos

Guatemala presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Uso doméstico 40%
- Riego 25%
- Agroindustrias 15%
- Abrevadero 10%
- Otros usos 10%

Mientras que en El Salvador los usos se distribuyen de acuerdo a:

- Riego 50%
- Agroindustrias 40%
- Público-urbano 10%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad natural del sistema acuífero en general es buena, aunque existe contaminación por nutrientes al Río Lempa, la cual se origina en los 3 países, con el agravante que en El Salvador, por estar aguas abajo, la contaminación es mayor.

En general, los acuíferos libres que son aprovechados por la mayoría de personas en áreas rurales a través de pozos excavados, se encuentran contaminados por bacterias coliformes.

Los pozos perforados, que explotan recursos hídricos subterráneos en condiciones de confinamiento, son muy pocos y no se tiene información de la calidad de sus aguas.

La contaminación química que predomina es el hierro, aunque de origen natural. También se observan valores altos de Calcio, Sodio y más puntualmente nitratos.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En el sistema acuífero aún no existen áreas con agotamiento de aguas subterráneas. La población percibe una disminución en la cantidad de agua en los arroyos que abastecen al Río Lempa, aunque no lo relaciona con las aguas subterráneas directamente. Sí identifican que los manantiales se secan muy pronto termina la época lluviosa.

Las contaminaciones normalmente tienden a aumentar. Color, olores, sabor, salinidad y enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

El uso de pesticidas o fertilizantes para la producción de granos básicos en las zonas de recarga así como por la agro industria afectan tanto a las aguas subterráneas como a la calidad del Río Lempa.

3.3 Otras fuentes de agua

En el caso de esta región se pueden construir pequeños embalses, (lo impermeable de los suelos lo permite), para aprovechar aguas de lluvias y aguas superficiales de río.

Cabe acotar que el caudal del Río Lempa ya está siendo utilizado para el suministro de agua del Gran San Salvador y la generación de energía eléctrica, aguas abajo de la zona.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Se ha notado un aumento en las intensidades de lluvia, así como un aumento de la temperatura del aire. Además, la periodicidad de eventos extremos se ha reducido, provocando incrementos bruscos en la escorrentía. No se ha evaluado el impacto en los acuíferos aún.

El monitoreo de los recursos hídricos en la zona se inició en 2005, pero solo en el Caserío El Poy de Citalá existen pozos artesanales. El monitoreo ha sido muy irregular, no pudiéndose precisar una tendencia en la variación de niveles, ya que algunas personas no autorizaron continuar midiendo sus pozos por recelo de que se les cobren impuestos.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Por las observaciones de los últimos 30 años, siempre han existido altibajos positivos y negativos en los registros de precipitaciones. Sin embargo, la recarga en áreas de pendientes y con falta de cobertura vegetal se ve mayormente afectada por el cambio en

el uso del suelo y la deforestación, por lo que la disponibilidad hídrica se verá reducida, ya que aumenta la evapotranspiración, aumenta la erosión y se reduce la infiltración.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Esta región es semi-seca a húmeda; pero las sequías afectan la recarga, así como los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente. En esta zona existen pocos pozos excavados y perforados.

En el plan de manejo planteado en El Salvador, se propone una investigación más detallada de la utilización de los acuíferos para enfrentar períodos de sequías.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En El Salvador, las unidades de paisaje están compuestas por tierras productivas, bosques naturales, ciudades, mientras que la cobertura original es de bosques naturales.

En Guatemala, la mayor extensión es una zona semi-seca a húmeda, pedregosa, pero los valles aluviales son muy productivos y ricos. En las montañas aún se tienen áreas boscosas y plantaciones de pinos y quercus y presencia de muchos manantiales. Las poblaciones principales se encuentran en los valles y en laderas de montañas. La cobertura original es de bosques de sabana y pastos naturales en los valles.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Uso agrícola, granos básicos de autoconsumo, café, caña de azúcar y maderables, pastoreo de animales, áreas naturales protegidas (El Pital y Montecristo).

Actualmente, sobre los acuíferos se sitúan áreas agrícolas, ganaderas, agroindustrias y poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y los cafetales.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En El Salvador se tiene agricultura intensiva sostenible. No tiene ubicación específica en la zona del acuífero.

Desarrollo silvopastoril y agroforestal con conservación. Es la zona más grande de la Cuenca Alta del Río Lempa, la producción mayoritariamente es de granos básicos de autoconsumo y producción pecuaria extensiva (85% de la zona).

En Guatemala, plantaciones 60%; hatos de 5 a 20 animales/hectárea 20% y cobertura de tierras naturales 20%. Todos utilizando nivel de tecnología media.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las áreas protegidas en la región Olopa-Ocotepeque-Citalá son:

- Parque Nacional Montecristo, en Metapán (El Trifinio es el punto donde convergen las fronteras de los tres países: Guatemala, Honduras y El Salvador)
- Cerro El Pital en San Ignacio (compartido con Honduras)

En Guatemala, Laguna y Volcán de Ipala, Montañas de Olopa, Cerro Montecristo, Montañas de Chanmagua, Biosfera de la Fraternidad y Montañas de Concepción Las Minas

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Las áreas montañosas dependen de los manantiales; Laguna y Volcán de Ipala, Montañas de Olopa, Cerro Montecristo, Montañas de Chanmagua, Biosfera de la Fraternidad y Montañas de Concepción Las Minas.

Posiblemente la parte alta de las áreas naturales protegidas son zonas de recarga de las aguas subterráneas del acuífero. Todos los arroyos que alimentan al Río Lempa, reciben la descarga natural del acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Plan Estratégico Trinacional (PET), para el desarrollo ambiental, económico y social de la región del Trifinio, compartida por Guatemala, Honduras y El Salvador.

Con acciones a nivel local, municipal y regional, por país y trinacional, en 4 componentes:

I. Manejo de recursos naturales
II. Prevención y mitigación de desastres
III. Fomento a la diversificación económica
IV. Fortalecimiento institucional

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

El plan estratégico tiene como visión una cuenca trinacional en donde los servicios ambientales generados por los bosques, principalmente agua de calidad, paisajes eco

turísticos y protección de suelo, son manejados sosteniblemente por los pobladores del Trifinio, para mejorar su bienestar, teniendo acceso a tecnologías y mercados para los bienes y servicios producidos en la cuenca, y complementados con servicios básicos de salud, infraestructura y educación.

Para la elaboración de un plan específico sobre manejo de los recursos subterráneos se requiere generar mayor información.

Adicionalmente, el Proyecto PREVDA-UE, desarrolla acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad ambiental y, realizará acciones de conservación de suelos para mejora y protección del agua.

También, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), realiza actividades de reforestación y conservación de suelos.

Se desarrollarán las siguientes líneas de acción:

I. Ordenamiento municipal y comunitario para el manejo de los recursos agua y bosque.
II. Manejo integral de los desechos sólidos y líquidos.
III. Promoción de saneamiento básico en áreas rurales.
IV. Protección de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica, la cual incluye el apoyo a iniciativas locales de ordenamiento y gestión de recursos hídricos y la investigación sobre recursos hídricos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 14C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados nacionales de El Salvador, Honduras, Guatemala y exportación del café orgánico a EUA y Europa. Es muy importante el turismo religioso. **El Salvador:** Se utiliza el agua del acuífero somero para el abastecimiento a nivel de domicilio de la población que no es cubierta con sistemas de abastecimiento de agua entubado, por ende mejora la calidad de vida de las poblaciones y su mejora consecuentemente en la salud al contar con agua de mejor calidad que la encontrada a nivel superficial.Mantener los caudales del Río Lempa que genera energía eléctrica para El Salvador.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales. **El Salvador:** El abrevado de ganado, el turismo.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Guatemala:** Pobreza del 70%. **El Salvador:** Son poblaciones rurales las que se autoabastecen con pozos excavados. Poblaciones rurales donde el acceso a agua entubada se vuelve muy complicado y de altos costos de mantenimiento, donde además no se cuentan con fuentes de empleos en la zona. De la estimación porcentual de pobreza se encuentra clasificada como extrema pobreza alta a baja.

Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Guatemala:** Las mayores pérdidas serían en la Biosfera de la Fraternidad y el Cerro Montecristo porque la tendencia sería a la pérdida de la zona boscosa del área. **El Salvador:** Toda la población que es autoabastecida con pozos excavados y toda la biodiversidad que depende de los manantiales para mantener los caudales de los ríos en época seca.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En El Salvador es a través del proyecto PREVDA que en forma transnacional eleva capacidades en la gestión y prevención a riesgos que incluyen los recursos hídricos.

Con la interrelación existente entre los acuíferos y la demanda de los mismos es indispensable establecer acuerdos multilaterales para un uso sostenible de los mismos.

Aunar esfuerzos para desarrollar un plan de manejo multilateral con participación de todos los actores.

Fortalecer las redes de monitoreo en cantidad y calidad de los recursos subterráneos.
Establecer un sistema que retroalimente la información conjunta.

En Guatemala se tiene la iniciativa del Comisión Trinacional del Plan Trifinio, en la realización de planificación y organización de autoridades principalmente con las municipales.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

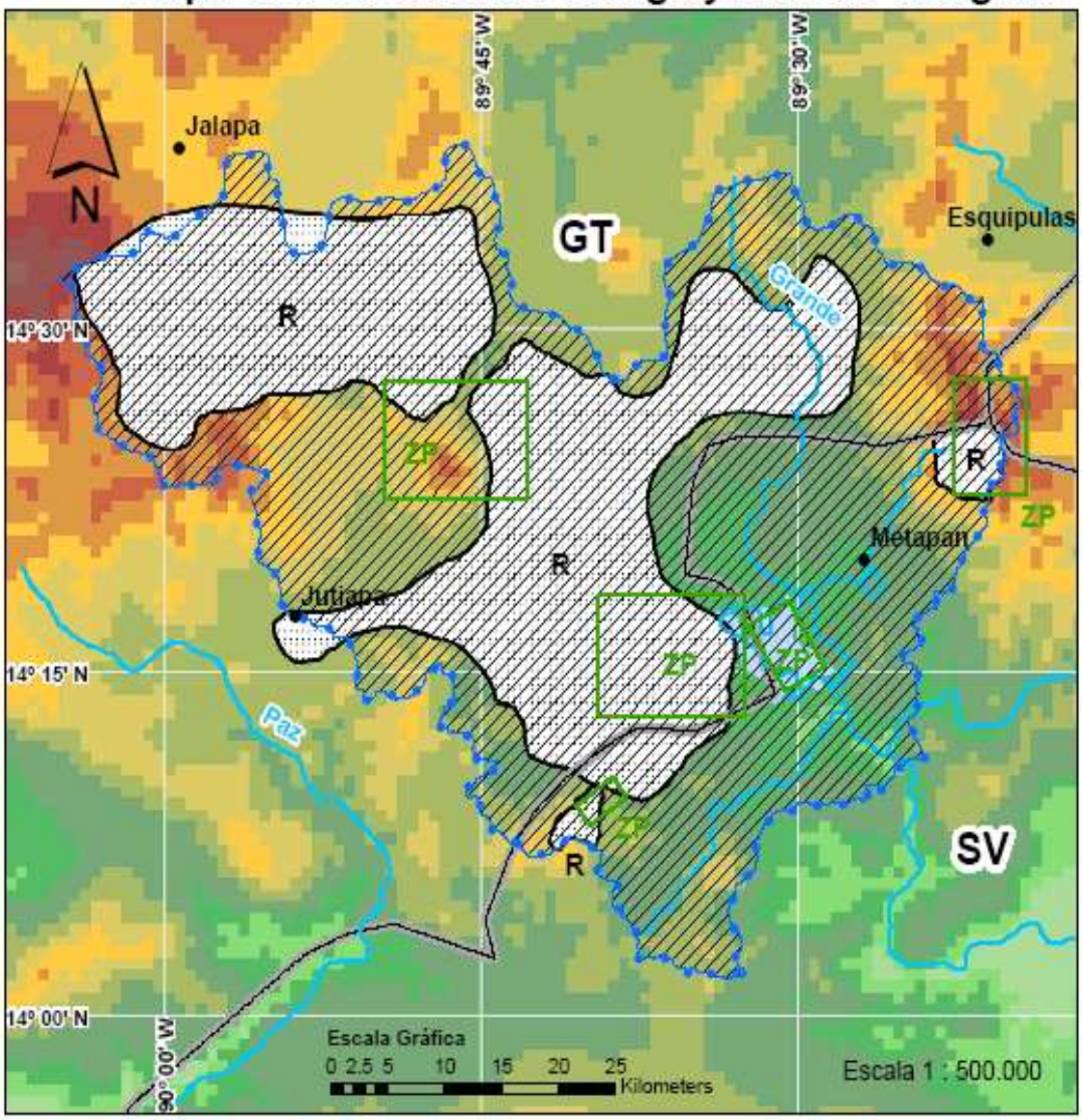
Reconocer que el agua es un recurso estratégico como fuente de abastecimiento para las zonas rurales.

AUTORES Y FUENTES

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

El Salvador: Preparado con la colaboración de: Ing. Deysi López e Ing. Elizabeth Granados, en SNET El Salvador

Sistema Acuífero Transfronterizo Ostúa-Metapám
15C GT-SV
Mapa 15C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 2250 - 2500
- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200

UBICACIÓN GENERAL
15C GT-SV

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

15C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO OSTUA-METAPÁN EL SALVADOR-GUATEMALA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Ostua-Metapán se ubica en el Municipio de Metapán en El Salvador y en los departamentos de Jutiapa, Jalapa y Chiquimula en Guatemala. Los elementos fisiográficos dominantes están representados por la cadena volcánica del Terciario con elevaciones de hasta 2.700 msnm.

El sistema se extiende a un área de 800 km^2, siendo la extensión en El Salvador de aproximadamente 650 km^2.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero es poroso y fracturado, siendo constituido por depósitos sedimentarios en valles aluviales cuaternarios en rellenos de escoria volcánica, que incluyen coladas de lavas basálticas. En algunas zonas como Asunción Mita y Metapán, se observan relativamente pequeñas y aisladas áreas de rocas calizas así como de rocas metamórficas en la zona de Concepción Las Minas. Es un acuífero multicapa libre a confinado, siendo la condición de libre la más predominante.

Presenta una profundidad máxima de 20 m para las capas acuíferas someras y de 100 a 200 m para las profundas.

1.3 Zonas de recarga

En Guatemala, en áreas boscosas de altura, áreas con roca fracturada y en los valles aluviales de la misma cuenca. En El Salvador, dentro de las zonas de recarga se incluyen las poblaciones urbanas de Metapán, San Antonio Pajonal, Santiago de la Frontera y Candelaria de la Frontera, además de población rural al nivel de cantones (no se cuenta con datos más detallados al nivel de comunidades o caseríos).

1.4 Explotación y caudales

No se cuenta con la información de explotación de los acuíferos, pero si es muy utilizado por la industria de cemento.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de la población en la página siguiente.

Cuadro 15C/1: Datos de población

	El Salvador	Guatemala
• **Total:**	101.848 habitantes (2008)	500.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	31.573 hab. (31%) Metapán, San Antonio Pajonal, Santiago de la Frontera y Candelaria de la Frontera	249.639 hab. (72,8%) Jutiapa, Progreso, Monjas, Santa Catarina Mita, Asunción mita, San Manuel Chaparrón y Agua Blanca
• **Proyección (U) al 2030:**		194.480 hab.
• **Rural:**	70.275 hab. (69%)	835.259 hab. (27,2%)
• **Proyección (R) al 2030:**		520.520 hab.
• **Población indígena estimada:**	0 (0%)	60.000 hab. (12%)
• **Población en zonas de recarga:**	74.565 hab. (73,21 %)	250.000 hab. (50%)
• **Población en zonas de descarga:**	8.775 hab. (8,62 %)	375.000 hab. (75%)

2.2 Usos

Guatemala presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Uso doméstico 10%
- Riego 70%
- Agroindustrias 2%
- Abrevadero 15%
- Otros usos 3%

Mientras que en El Salvador los usos se distribuyen de acuerdo a:

- Riego 50%
- Agroindustria 40%
- Público-urbano 10%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad del agua está dentro de las normas de agua potable e irrigación. La calidad no es aceptable en las aguas de zonas termales porque pueden contener minerales pesados.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Según el Estudio Sedimentación Global (CEL/HARZA, 1999), los principales problemas de calidad de agua subterránea en pozos cercanos al Lago de Guija son: calcio, magnesio, potasio, cloruros, hierro, grasa y aceites, amoníaco, arsénico, cromo y coliformes. Esta condición se debe a la poca profundidad que tienen (5,2 a 6,78 m). Las concentraciones de cromo y arsénico, resultaron con niveles muy altos.

En el Acuífero Ostua-Metapán existen áreas con agotamiento principalmente por los déficits de lluvia en algunos años y por la presión de las demandas, principalmente la de riego. Las contaminaciones normalmente tienden a aumentar. Color, olores, sabor, salinidad y enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

Se está ejecutando un proyecto de caracterización de los recursos hídricos en la Cuenca Alta del Río Lempa y se está formulando una propuesta de evaluación de la contaminación de los recursos hídricos para ejecutarse entre el 2009-2010, por lo que aún no se cuenta con una línea base del estado de dichos recursos.

El uso de pesticidas o fertilizantes para la producción de granos básicos en las zonas de recarga así como por la agro industria afectan tanto a las aguas subterráneas como a la calidad del Lago de Guija.

La utilización de aguas subterráneas en la industria cementera (utilización no regulada), con demandas considerables para la producción hídrica subterránea de la zona, podrían poner en riesgo las futuras disponibilidades.

3.3 Otras fuentes de agua

Aguas de lluvia y aguas superficiales de río, aunque el caudal del Río Lempa ya está siendo utilizado para el suministro de agua del Gran San Salvador y la generación de energía eléctrica, aguas abajo de la zona.

En el caso de los ríos, los más caudalosos son transfronterizos, aunque se podrían desarrollar proyectos locales de pequeños ríos, y construir pequeños embalses.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga.

Se ha notado un aumento en la intensidad de lluvia así como aumento en la temperatura del aire.

Ver www.snet.gob.sv/estudios

- Variaciones Hidroclimáticas o evidencia de cambio climático en El Salvador
- Informe de análisis de comportamiento hídrico en El Salvador

En Guatemala, durante los últimos 6 años, en por lo menos 3 se registró déficit del 50% del volumen de lluvias. La recarga se vio afectada con caudales menores durante el estiaje y profundización de los niveles de los pozos (el área es semi-árida y muy seca).

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

La disponibilidad hídrica se verá reducida, ya que aumenta la evapotranspiración, aumenta la erosión y se reduce la infiltración.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En el plan de manejo planteado se está pensando una investigación más detallada de la utilización de los acuíferos para enfrentar períodos de sequías que sirva de base para planificar y regular el uso de los recursos hídricos subterráneos.

En esta región, buena parte del año es seca, pero las sequías afectan la recarga así como los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

No existen planes de explotación, pero se está ejecutando un proyecto de caracterización de los recursos hídricos con apoyo del OIEA. Una vez se hayan caracterizado los recursos hídricos en cantidad y calidad se podrá elaborar un plan de protección y aprovechamiento.

En Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en los abastecimientos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

El Salvador: tierras productivas, bosques naturales, lagos, ciudades. Cobertura original: bosques naturales.

Guatemala: la mayor extensión es una zona semi-árida, pedregosa, pero los valles aluviales son muy productivos y ricos. En las montañas aún se tienen áreas boscosas y plantaciones de frutales deciduos y presencia de manantiales. Las poblaciones principales se encuentran en los valles.

Cobertura natural: bosques de sabana y pastos naturales en los valles.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El Salvador: uso agrícola, granos básicos de autoconsumo, café, caña de azúcar y maderables, pasteo de animales, áreas naturales protegidas (Montecristo), una pequeña parte para uso industrial (cementera).

Guatemala: actualmente sobre los acuíferos se sitúan áreas agrícolas, ganaderas, agroindustrias y poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y de frutales.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

El Salvador: producción cafetalera y forestal con alto valor agregado: En El Salvador el área es pequeña limitada a unas zonas al sur del acuífero y al norte del mismo. Es una zona de recarga hídrica.

Región boscosa del Macizo de Montecristo. Incluye mayoritariamente áreas protegidas sin manejo sostenible.

Producción forestal: es un área de bosques de coníferas con reducidas áreas bajo manejo forestal.

Agricultura intensiva sostenible, no tiene ubicación especifica en la zona del acuífero.

Desarrollo silvopastoril y agroforestal con conservación. Es la zona más grande de la Cuenca Alta del Río Lempa, la producción mayoritariamente es de granos básicos de autoconsumo y producción pecuaria extensiva (85% de la zona).

Guatemala: plantaciones 70%; hatos de 5 a 20 animales/hectárea 10% y cobertura de tierras naturales 20%. Todos utilizando nivel de tecnología media.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Las zonas protegidas de El Salvador son: Montecristo, San Diego La Barra, San Jerónimo y La Magdalena

En Guatemala se tiene: Zona Protegida del Volcán Suchitán, Lago de Guija, Laguna de Atescatempa, Laguna y Volcán de Ipala, Montañas de Quesada, Montañas de San Carlos Alzatate, Montañas de Jutiapa, Montañas de Jalapa (Miramundo), Laguna de El Hoyo, Volcán Tahual, y Laguna de Retana y Aguas Termales de Monjas y Asunción Mita.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

El Salvador: el lago y humedal de Güija dependen, por los menos en parte, del Sistema Acuífero Ostua-Metapán. Esta zona es también zona de aprovechamiento de aguas por animales y rutas de sobrevuelo de aves en la misma área (el Lago de Güija es parte de los Corredores Mesoamericanos).

Posiblemente la parte baja del área natural protegida Montecristo está alimentada por las aguas subterráneas del acuífero.

Guatemala: las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales; Laguna de el Hoyo, Lago de Güija, Laguna de Atescatempa, Laguna de Retana, Volcán de Ipala, Río Ostua y todos sus afluentes y Aguas Termales de Monjas y Asunción Mita.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

El Salvador: el Plan Trifinio es un programa con más de 15 años de funcionamiento, el cual es coordinado por las vicepresidencias de los 3 países, aunque el plan es bastante reciente (diciembre de 2004). Actualmente se están realizando partes del plan, entre ellas la investigación de recursos hídricos a través del proyecto Desarrollo Sostenible del Medio Ambiente y los Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Lempa, financiado por los gobiernos de los tres países y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

No es un plan de ordenamiento territorial propiamente dicho, lo que existe es el Plan Estratégico Trinacional (PET), para el desarrollo ambiental, económico y social de la región del Trifinio, compartida por Guatemala, Honduras y El Salvador.

Los objetivos se centran en:
a) Alcanzar un manejo sostenible de los recursos naturales renovables de la región
b) Reducir la vulnerabilidad ante riesgos naturales
c) Fomentar el desarrollo empresarial y la diversificación económica
d) Fortalecer la institucionalidad regional, especialmente de los gobiernos locales y mejorar la capacidad organizativa de las comunidades dentro de un marco de integración trinacional.

Con acciones a nivel local, municipal y regional, por país y trinacional, en 4 componentes:
I. Manejo de recursos naturales
II. Prevención y mitigación de desastres
III. Fomento a la diversificación económica
IV. Fortalecimiento institucional

Guatemala: principalmente en lo referente a la gestión de riesgo, existe planificación por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones. Ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

El plan estratégico tiene como visión una cuenca trinacional en donde los servicios ambientales generados por los bosques, principalmente agua de calidad, paisajes ecoturísticos y protección de suelo, son manejados sosteniblemente por los pobladores del Trifinio, para mejorar su bienestar, teniendo acceso a tecnologías y mercados para los bienes y servicios producidos en la cuenca, y complementados con servicios básicos de salud, infraestructura y educación.

Para la elaboración de un plan específico sobre manejo de los recursos subterráneos se requiere generar mayor información.

Adicionalmente, el Proyecto PREVDA-UE, desarrolla acciones en dos cuencas del acuífero: Nunuapa y Shushula, orientadas a reducir la vulnerabilidad ambiental de las mismas. Dicho proyecto realizará acciones de conservación de suelos para mejora y protección del agua.

También, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), realiza actividades del plan estratégico, financiándolas para conservar el agua que alimenta las presas de El Salvador y reducir los niveles de sedimentación en las mismas.

El proyecto de investigación citado (OIEA) tiene entre sus objetivos principales determinar las áreas principales de recarga de los acuíferos, utilizando técnicas hidrogeológicas tradicionales y además técnicas de investigación isotópicas. Lo que se pretende es proteger las áreas de recarga de los acuíferos o de algunas fuentes específicas de abastecimiento de agua a ciudades y comunidades.

Por otra parte, las obras de conservación de suelos y agua (agroforestería) influyen muy positivamente en la recarga de acuíferos. Esto no está documentado, pero se han observado resultados muy interesantes.

CEL actualmente está realizando acciones de reforestación y conservación de suelos. Como se mencionó anteriormente, en el PET-PTCARL, existe el Componente de Manejo de Recursos Naturales, en el cual existen varios ejes que se relacionan con el manejo adecuado de recursos hídricos, pero principalmente el de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Su objetivo es promover una adecuada regulación hídrica y ambiental de la CARL, desarrollando acciones para el manejo de áreas de recarga y fuentes de agua potable, con fines de mejorar su calidad y cantidad. Así mismo, se promoverá el manejo de desechos sólidos y líquidos para reducir la contaminación ambiental.

Para esto, se desarrollarán las siguientes líneas de acción:
1) Ordenamiento municipal y comunitario para el manejo de los recursos agua y bosque.
2) Manejo integral de los desechos sólidos y líquidos.
3) Promoción de saneamiento básico en áreas rurales.
4) Manejo de desechos agroindustriales del beneficiado artesanal de café.

Los principales propósitos son:

1. Mitigación de la contaminación, a través de manejo integral de los desechos sólidos, saneamiento básico en el área rural, manejo de los desechos agroindustriales del beneficiado artesanal del café y planes de gestión ambiental municipales.

2. Disminución de la degradación del suelo en áreas críticas por medio de intervención en fincas con obras de conservación de suelos y agua, diversificación productiva con sistemas agroforestales y silvo-pastoriles, estabilización de cárcavas y la introducción de sistemas de agricultura y ganadería conservacionista.

3. Estabilización de la cobertura forestal realizando ordenamiento forestal sostenible, protección de áreas boscosas municipales o comunitarias, fortalecimiento de los sistemas locales de control de incendios forestales y apoyo a la certificación de café orgánico y ecológico.

4. Protección de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica, el cual incluye el apoyo a iniciativas locales de ordenamiento y gestión de recursos hídricos *y* la investigación sobre recursos hídricos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 15C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**El Salvador:** se utiliza el agua del acuífero somero para el abastecimiento a nivel de domicilio de la población que no es cubierta con sistemas de abastecimiento de agua entubado. Por ende, mejora la calidad de vida de las poblaciones y su mejora consecuentemente en la salud al contar con agua de mejor calidad que la encontrada a nivel superficial. En la pesca desarrollada en el lago que genera un sustento económico para los habitantes de la zona. También la industria cementera que se ubica en Metapán utiliza aguas subterráneas profundas para su proceso productivo. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son exportados a El Salvador.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**El Salvador:** La industria cementera en la zona de Metapán, genera una demanda de mano de obra local fuerte en la zona y el proceso productivo de esta planta requiere de la explotación de las aguas subterráneas. **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 8 meses en el año.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**El Salvador:** Las poblaciones rurales se autoabastecen con pozos excavados, donde el acceso a agua entubada se vuelve muy complicado y de altos costos de mantenimiento. Además, no cuentan con fuentes de empleos en la zona. De la estimación porcentual de pobreza no hay dato. **Guatemala:** Pobreza del 30%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**El Salvador:** Toda la población que es autoabastecida con pozos excavados, toda la biodiversidad que depende de los manantiales para mantener los caudales de los ríos en época seca y la biodiversidad ligada al lago y su humedal. **Guatemala:** Las mayores pérdidas serían en el Lago de Guija, donde la actividad principal lo constituye la pesca.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Al menos dos: Programa Trinacional de Desarrollo Sostenible para la Cuenca Alta del Río Lempa y un proyecto binacional entre Guatemala y El Salvador para el manejo sostenible de la Cuenca del Lago de Güija.

Desde 1935 las relaciones entre Guatemala y El Salvador han sido sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos, puertos fronterizos, interconexión hidroeléctrica, migraciones, etc.

Existe un trabajo conjunto en el área de levantar y unificar información hidrogeológica dentro de los países. A través de proyectos tales como el de la OIEA, se desarrollan colaboraciones de tipos técnico con intercambio de información. Otro proyecto es el de PREVDA, que en forma transnacional eleva capacidades en la gestión y prevención a riesgos que incluyen los recursos hídricos.

Con la interrelación existente entre los acuíferos y la demanda de los mismos es indispensable establecer acuerdos bilaterales para un uso sostenible de los mismos.

Acciones para mejorar la colaboración: aunar esfuerzos para desarrollar un plan de manejo bilateral con participación de todos los actores.

Fortalecer las redes de monitoreo en cantidad y calidad de los recursos subterráneos.

Establecer un sistema de información que retroalimente la información conjunta.

En el Acuífero Ostua-Metapán se está realizando otro proyecto piloto de UNESCO con el Programa PCCP (De los Conflictos Potenciales a la Cooperación Potencial).

Se han creado Mancomunidades de Municipalidades de municipios de ambos países, tal es el caso de la Macomunidad del Lago de Güija, para evitar cualquier tipo de problema entre las comunidades.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Reconociendo que el agua es un recurso estratégico para el desarrollo de la actividad cementera en la zona este debe ser manejado adecuadamente y como fuente de abastecimiento para las zonas rurales.

AUTORES Y FUENTES

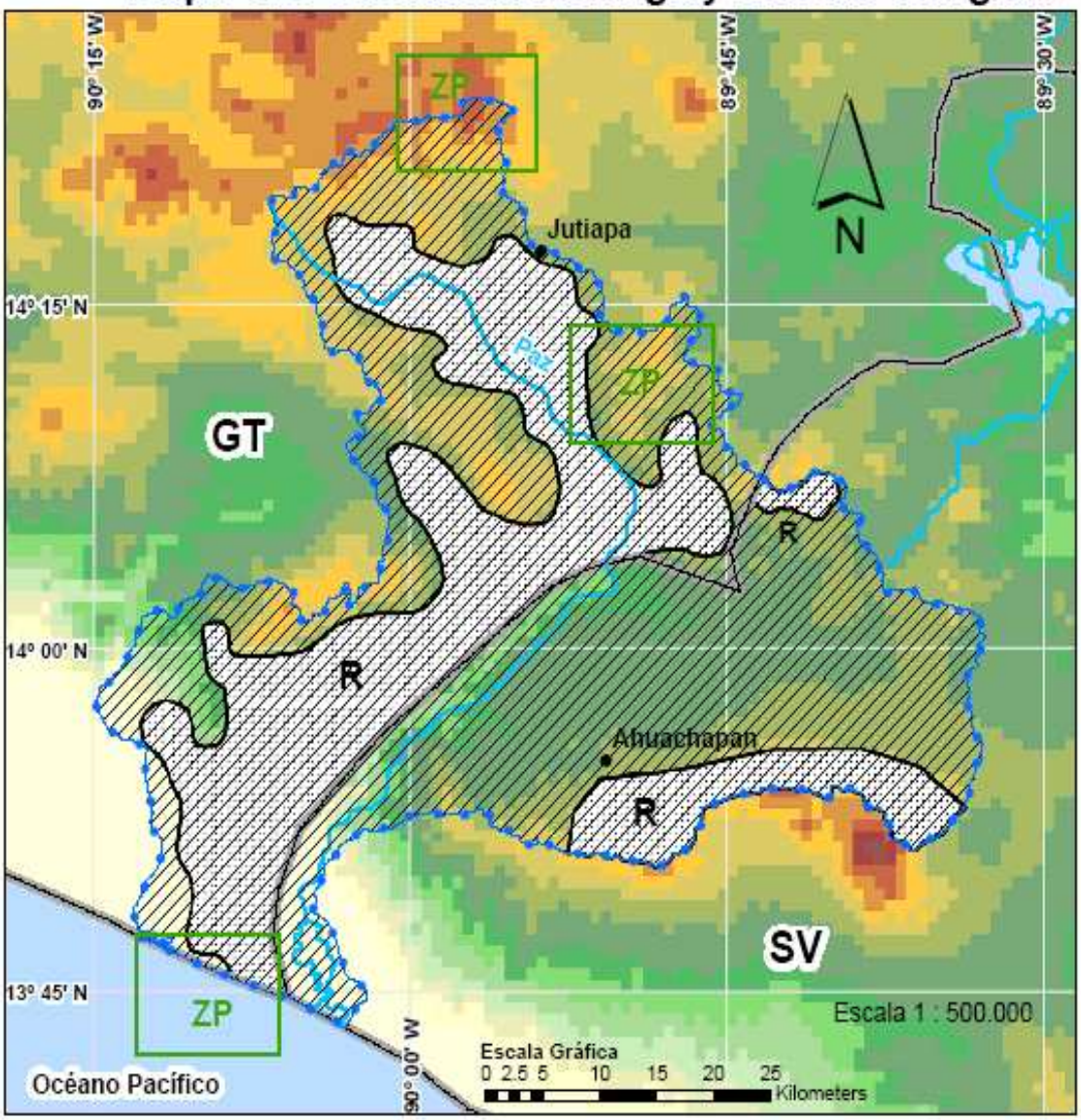
El Salvador: Preparado con la colaboración de Ing. Deysi López e Ing. Elizabeth Granados, en SNET El Salvador /julio 2008

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH.

Sistema Acuífero Transfronterizo Río Paz

16C GT-SV

Mapa 16C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

400 - 500	2000 - 2250
300 - 400	1750 - 2000
200 - 300	1500 - 1750
150 - 200	1250 - 1500
100 - 150	1000 - 1250
50 - 100	750 - 1000
0 - 50	500 - 750

UBICACIÓN GENERAL
16C GT-SV

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

16C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO RÍO PAZ EL SALVADOR-GUATEMALA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Río Paz en El Salvador se ubica en los departamentos de Ahuachapán y Santa Ana, mientras que en Guatemala drena parte de los departamentos de Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa.

Entre los elementos fisiográficos dominantes, están la cadena volcánica joven de la Sierra de Apaneca-Santa Ana, y el Volcán El Chingo en la frontera entre El Salvador y Guatemala, con elevaciones de hasta 2.200 msnm.

El área del sistema acuífero en El Salvador es de aproximadamente 920 km^2.

1.2 Características del acuífero

Se encuentran valles aluviales importantes en las áreas de Quesada, parte de Jutiapa, Las Marías, Jalpatagua y Las Pilas del lado de Guatemala y el Valle de Singüil en El Salvador, y también existen extensiones importantes de depósitos sedimentarios aluviales en la planicie costera. Se observan formaciones de origen volcánico reciente, que conforman grandes bloques en las áreas del Volcán Las Flores, Santa Gertrudis, Zapotitlán y los alrededores del sur de Jutiapa del lado de Guatemala y en la Sierra Ataco-Apaneca y complejo volcánico de Santa Ana del lado de El Salvador. También se tienen coladas de lavas basálticas y material lahárico del Terciario; algunas zonas de rocas calizas localizadas en Pipiltepeque en Guatemala y el área de San Marcos. El resto de la cuenca está constituida por tobas volcánicas y sedimento fino eólico de origen volcánico, que pueden ser terciarios o cuaternarios.

El acuífero puede considerarse de libre a confinado, siendo la condición de acuífero libre la que tiene mayor predominio en la planicie costera y en algunos valles intermontanos. Existe conexión hidráulica entre ríos y acuíferos. El flujo a través de la frontera es en la dirección noroeste - suroeste del lado de Guatemala y noreste - suroeste del lado de El Salvador.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Presenta una profundidad máxima desde 50 metros en acuíferos de bajas producciones y hasta los 100 a 200 metros para acuíferos de mayor producción.

1.4 Zonas de recarga

En Guatemala, Montañas de Quesada, Jutiapa, Jalpatagua, Yupiltepeque, los valles aluviales y las planicies costeras del Océano Pacífico.

En El Salvador, la cadena volcánica constituida por las poblaciones de Ataco y Apaneca y ciertas partes altas de Chalchuapa y Tacuba.

1.5 Explotación y caudales

No se cuenta con la información de explotación de los acuíferos, pero si es muy utilizado para el abastecimiento de agua de las poblaciones de Ahuachapán, Atiquizaya, Chalchuapa y Tacuba; y el abastecimiento para la industria de la zona de Ahuachapán. Turismo en el área de Chalchuapa.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 16C/1: Datos de población

	El Salvador	Guatemala
• **Total:**	307.898 habitantes (2007)	125.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	183.662 hab. (60%) Ahuachapan, Atiquizaya, Chalchuapa, Tacuba, San Lorenzo y El Refugio.	32.375 hab. (25,90%) Quesada, Jutiapa, Jalpatagua, Moyuta, Conguaco, Yupiltepeque
• **Proyección (U) al 2030:**	321.400 hab.	56.943 hab.
• **Rural:**	124.236 hab. (40%)	92.625 hab. (74,10%)
• **Proyección (R) al 2030:**	217.413 hab.	162.913 hab.
• **Población indígena estimada:**	0 (0%)	15.000 hab. (12%)
• **Población en zonas de recarga:**	54.192 hab. (17,60%)	45.000 hab. (36%)
• **Población en zonas de descarga:**	232.000 hab. (75%)	80.000 hab. (64%)

2.2 Usos

Guatemala presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Agroindustrias 10%
- Riego 20%
- Uso doméstico 45%
- Abrevadero 15%
- Otros usos 10%

Mientras que en El Salvador los usos se distribuyen de acuerdo a:

- Doméstico 10%
- Industrial 30%
- Público-urbano 50%
- Agroindustria 10%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad está dentro de las normas de agua potable e irrigación. La calidad no es aceptable en las aguas de zonas termales y de zonas geotérmicas porque pueden contener minerales pesados; igualmente en zonas con intrusiones marinas y en zonas de esteros.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

El uso de pesticidas o fertilizantes para la producción de granos básicos en las zonas de recarga así como por la agroindustria afectan tanto a las aguas subterráneas como a la calidad del agua superficial.

La utilización de aguas subterráneas en las poblaciones más importantes de la zona y la industria (utilización no regulada), con demandas considerables para la producción hídrica subterránea de la zona podrían poner en riesgo las futuras disponibilidades, aunque no se cuenta con estimaciones de percepción de la población lugareña.

En el Acuífero del Río Paz aún no existen áreas con agotamiento de aguas subterráneas, pero en la zona costera del Océano Pacífico ya empieza a presentarse intrusiones marinas en forma localizada. Las contaminaciones normalmente tienden a aumentar. Color, olores, sabor, salinidad y enfermedades mantienen sus niveles de acuerdo a la estacionalidad climática.

3.3 Otras fuentes de agua

Aguas lluvias, aunque no se cuenta con infraestructuras adecuadas para almacenar esta agua en las cantidades requeridas, ya que las poblaciones se abastecen a partir de pozos profundos y la captación de manantiales en zonas de la región.

En el caso de los ríos, los más caudalosos son transfronterizos, aunque se podrían desarrollar proyectos locales de pequeños ríos, en los que se podrían construir pequeños embalses, ya que lo impermeable de los suelos lo permite.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Se ha notado un aumento en la intensidad de lluvia así como aumento en la temperatura.

Ver www.snet.gob.sv/estudios

- Variaciones Hidroclimáticas o evidencia de cambio climático en El Salvador
- Informe de análisis de comportamiento hídrico en El Salvador

En Guatemala, en los últimos 5 años las lluvias se han encontrado bastante normales. La mayoría de los pozos son excavados o artesanales y la recarga no se vio afectada. En los últimos 10 años, en el período de los primeros 5 se presentaron abatimientos importantes.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Por los cambios de uso de suelo en la zona de recarga, la disponibilidad hídrica subterránea se verá reducida, ya que aumenta la evapotranspiración, aumenta la escorrentía y se reduce la infiltración, aunque en El Salvador no hay estudios específicos.

Por las observaciones de los últimos 30 años siempre habrán altibajos positivos y negativos.

La recarga en áreas pendientes y con cobertura vegetal se afecta por el cambio en el uso del suelo y por el avance de las urbanizaciones.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Esta región es semi-seca en las áreas de altura y húmeda en la parte baja. Las sequías afectan la recarga en las zonas altas, pero en las bajas las inundaciones provocan recarga, aunque aumentando la contaminación de los mismos. Los terremotos cambian el régimen de algunas capas acuíferas principalmente en zonas de fallas geológicas.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

No existen planes de explotación, pero se está trabajando en el Diagnóstico Nacional de Acuíferos que permitirá la caracterización de los recursos hídricos en cantidad y calidad y se podrá elaborar un plan de protección y aprovechamiento, incluyendo fenómenos extremos.

En Guatemala, siempre se le da los mismos usos, solo que con algunas limitaciones en abastecimientos, mientras se descontaminan naturalmente.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En El Salvador, las unidades de paisaje están compuestas por: tierras productivas, zonas cafetaleras, bosques naturales, lagunas, ciudades. Cobertura original: bosques naturales.

En Guatemala, la parte alta es una zona semi-seca con áreas montañosas importantes; la parte media es seca árida y muy pedregosa, pero los valles aluviales y la planicie costera son muy productivos y ricos. En las montañas aún se tienen áreas boscosas con plantaciones de pinos y quercus y presencia de manantiales. Las poblaciones principales se encuentran en los valles y en laderas de montañas y en la planicie costera. Cobertura original: bosques de sabana, bosques de coníferas, zonas selváticas y pastos naturales en los valles.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El Salvador: uso agrícola, granos básicos de autoconsumo, café, pastoreo de animales, áreas naturales protegidas (El Imposible), una pequeña parte para uso industrial que coincide con las áreas urbanizadas de Ahuachapán.

Guatemala: actualmente sobre los acuíferos se sitúan áreas agrícolas con cultivos anuales de maíz, sorgo, hortalizas de clima cálido, frutales tropicales, zonas con mangle, ganaderas extensivas y las urbanizaciones de las poblaciones. En las montañas, con grandes esfuerzos se trata de mantener las áreas boscosas y los cafetales.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

El Salvador: producción cafetalera y forestal (45%) con alto valor agregado. En El Salvador constituye las zonas de recarga hídrica. Agricultura intensiva (30%), no tiene ubicación específica en la zona del acuífero. Mosaico de cultivos y pastos 10%.

Guatemala: plantaciones 45%; hatos de 5 a 30 animales/hectárea 35% y cobertura de tierras naturales 20%. Todos utilizando nivel de tecnología media a baja

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En El Salvador, las áreas naturales protegidas, el Bosque el Imposible, coinciden con las partes altas del acuífero que constituyen las zonas de recarga.

En Guatemala, Montañas de Quesada y Jutiapa, Volcán Las Flores, Volcán de Moyuta, Manantiales en el Valle de Jalpatagua, Canal de Chiquimulilla y los esteros de El Jiote, La Gabina, Los Esclavos, Garita Chapina, las dunas y playas de las Lisas y El Ahumado, Lago de El Comendador y Laguna de El Chapetón.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

El Salvador indica que el caudal base del Río Paz es alimentado por las aguas subterráneas, mientras que en Guatemala, las áreas montañosas de altura dependen de los manantiales; Volcán de Moyuta, Montañas de Quesada, manantiales del Valle de Jalpatagua, Laguna de El Comendador y buena parte de los humedales del Canal de Chiquimulilla; el Río Paz en la parte media depende en gran parte de los aportes del agua subterránea.

Toda la zona costera es importantísima por la rutas de sobrevuelo de las aves migratorias.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Según indica Guatemala, en lo referente a la gestión de riesgo, existe planificación por parte de SEGEPLAN para las áreas amenazadas por deslizamientos e inundaciones (aún no en práctica). Ninguno de ellos mejorará las zonas de recarga del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Aunque no existe un plan propiamente dicho se han desarrollado acciones de protección de fuentes de agua y áreas de recarga hídrica, el cual incluye el apoyo a iniciativas locales de ordenamiento y gestión de recursos hídricos y la investigación sobre recursos hídricos, apoyados con fondos de la Unión Europea y las municipalidades, según expresa El Salvador.

Por su parte, Guatemala observa que como tal no existe un plan, las municipalidades tratan de ordenar con una incipiente planificación, principalmente en el área urbana., la cual es relativamente pequeña en comparación con el área rural.

En general el tema de cuantificación del ciclo del agua, es muy escaso. Algunos aspectos si son mencionados. Únicamente se encuentran disponibles los datos de las cuencas hidrográficas del INSIVUMEH, pero los datos de aguas subterráneas casi siempre son muy escasos o están basados en algún estudio técnico-científico histórico.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 16C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**El Salvador:** Se utiliza el agua del acuífero para el abastecimiento de las ciudades más importantes de la zona y a través de pozos excavados para el abastecimiento a nivel domiciliar de la población que no es cubierta con sistemas de abastecimiento de agua. Por ende, mejora la calidad de vida de las poblaciones y su mejora consecuentemente en la salud al contar con agua de mejor calidad que la encontrada a nivel superficial. **Guatemala:** No existen estadísticas, pues la mayoría son pequeños agricultores y los productos normalmente son vendidos en los mercados nacionales de El Salvador y Guatemala. Acá es muy importante el turismo de playa y la navegación por los esteros.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**El Salvador:** La industria en Ahuachapán genera una demanda de mano de obra y los procesos productivos requieren de la explotación de las aguas subterráneas. **Guatemala:** En la época seca depende el 100%. Esta puede durar hasta 6 meses en el año, pero para el consumo humano, se depende de los manantiales y de los pozos en toda la Cuenca del Río Paz

Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**El Salvador:** Son poblaciones rurales las que se autoabastecen con pozos excavados, donde el acceso a agua entubada se vuelve muy complicado y de altos costos de mantenimiento. Además, no cuentan con fuentes de empleos en la zona. Sus municipios están considerados como extrema pobreza alta, baja y moderada. **Guatemala:** Pobreza del 60%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**El Salvador:** Toda la población que es autoabastecida con pozos excavados, toda la biodiversidad que depende de los manantiales para mantener los caudales de los ríos en época seca. **Guatemala:** La poblaciones de esta cuenca dependen totalmente del agua subterránea para su abastecimiento e igualmente como abrevadero para el ganado. También en la parte de aprovechamiento de los recursos marino-costeros y en las áreas con proyectos de irrigación.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El proyecto PREVDA que en forma transnacional eleva capacidades en la gestión y prevención a riesgos que incluyen los recursos hídricos.

Con la interrelación existente entre los acuíferos y la demanda de los mismos es indispensable establecer acuerdos bilaterales para un uso sostenible de los mismos.

Las relaciones entre Guatemala y El Salvador son sumamente cordiales y todas las actividades se han realizado por mutua colaboración en materia de recursos hídricos y líneas fronterizas desde 1932. Actualmente los caudales los usan en forma equitativa los pobladores de los dos países.

Por ser un acuífero en paralelo existe competencia, pero actualmente los caudales los usan en forma equitativa los pobladores de los dos países.

Únicamente se cuentan con algunas estaciones de monitoreo hidrometeorológico, operadas por INSIVUMEH (Guatemala), SNET (El Salvador) y la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas)

Acciones para mejorar la colaboración: aunar esfuerzos para desarrollar un plan de manejo bilateral con participación de todos los actores.

Fortalecer las redes de monitoreo en cantidad y calidad de los recursos subterráneos.
Establecer un sistema de información que retroalimente la información conjunta.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Reconociendo que el agua es un recurso estratégico para el desarrollo en la zona este debe ser manejado adecuadamente.

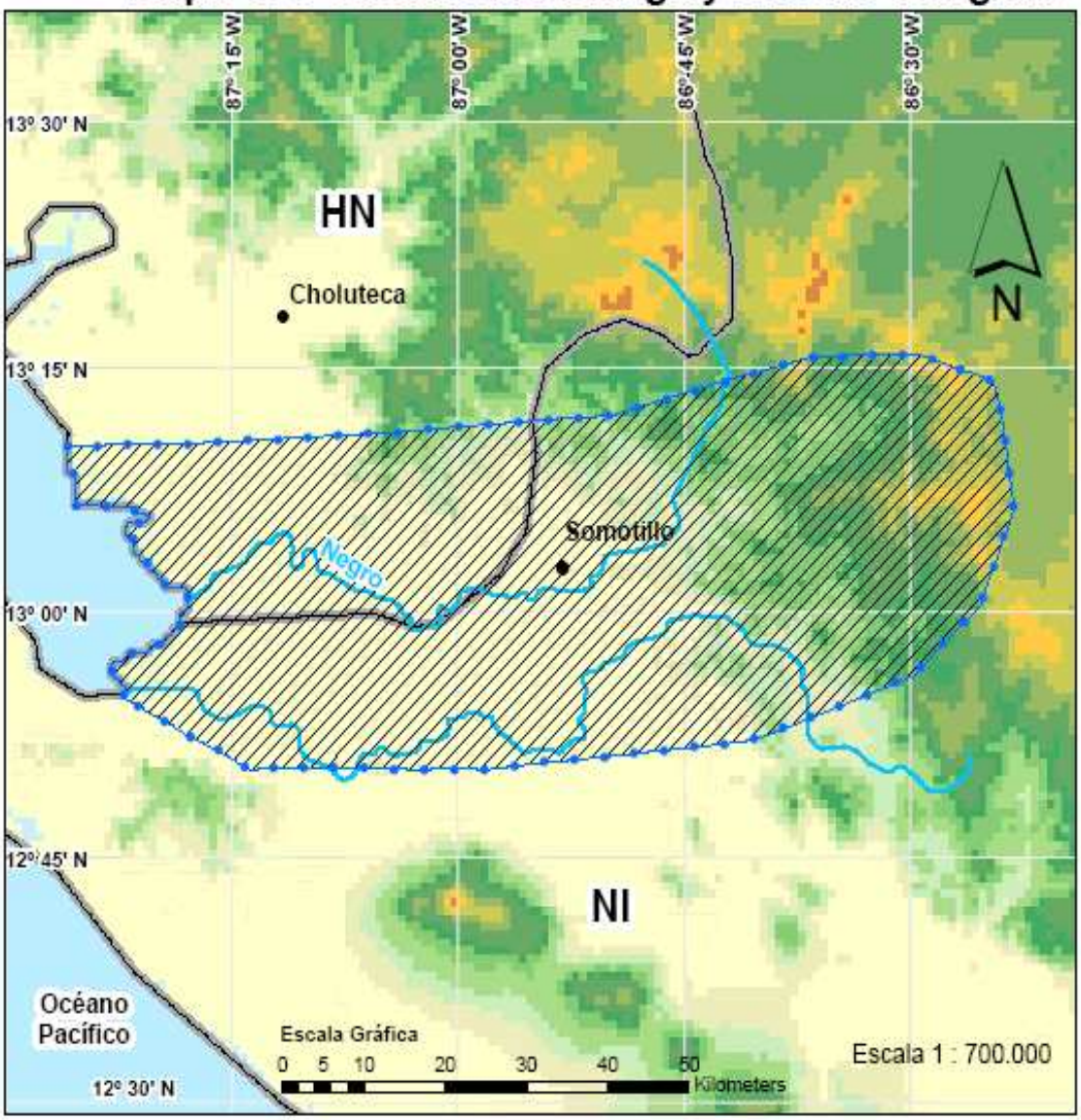
AUTORES Y FUENTES

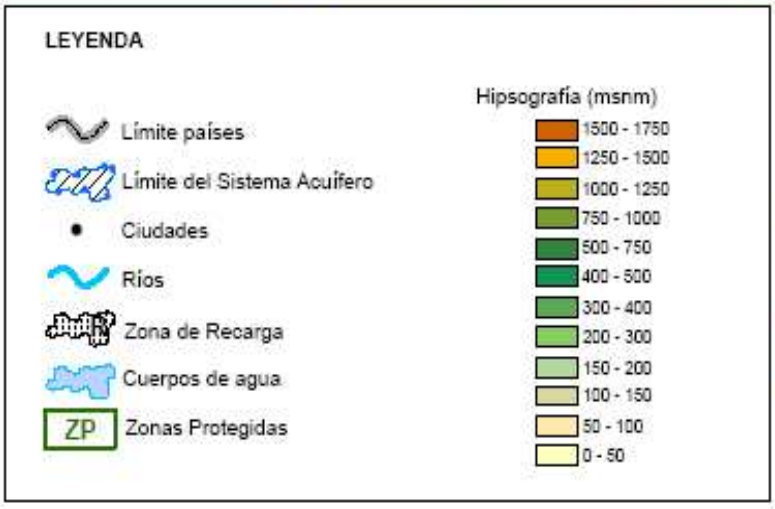
El Salvador: Preparado con la colaboración de Ing. Deysi López e Ing. Elizabeth Granados, SNET

Guatemala: Preparado con la colaboración de Fulgencio Garavito, INSIVUMEH

Sistema Acuífero Transfronterizo Estero Real-Río Negro 17C HN-NI

Mapa 17C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





17C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ESTERO REAL-RÍO NEGRO
HONDURAS-NICARAGUA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Estero Real-Río Negro está ubicado en la región de Centroamérica, al sureste de Honduras y al noreste de Nicaragua. El clima es tropical seco-húmedo, con temperaturas promedio que varían entre 27°C a 32°C.

1.2 Características del acuífero

El Sistema Acuífero Estero Real-Río Negro es un acuífero libre y la profundidad del nivel del agua varia de 5 a 60 metros. Está constituido por rocas volcánicas, depósitos aluviales y fluviocoluviales y su recarga es por precipitación y por aporte del Río Negro. El mayor potencial de extracción de agua subterránea se localiza en la zona de rocas sedimentarias. El flujo de agua va de sureste a noreste; su producción es de 7,2 a 72 m^3/hora y su disponibilidad en Nicaragua es de 90 x 10^6 m^3/día siendo el volumen de extracción de 44 x 10^6 m^3/día y su espesor del orden de los 100 a 150 m.

2. USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

Los usos principales son: doméstico, riego y ganadería incipiente.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

El mayor consumo de agua es de origen subterráneo y no existe tratamiento de potabilidad adecuado, razón por la cual el agua va perdiendo calidad, con peligro potencial para la salud de los consumidores.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

La actividad antropogénica ha originado contaminación por agroquímicos utilizados en los cultivos de granos básicos y el cultivo de algodón en la década del 70, agregándose la contaminación proveniente de nitratos generados por la ganadería extensiva y la falta de servicios de saneamiento básico.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Los efectos del fenómeno de El Niño son la principal causa de afectación y cambios en las precipitaciones.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Más del 75% del área de la cuenca se encuentra en estado de severa degradación ambiental y su influencia directa es el desequilibrio del ciclo hidrológico.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Existe una importante susceptibilidad a las inundaciones y por consiguiente a las contaminaciones por infiltración.

5 USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Cobertura y uso actual de la tierra

La cobertura actual de la tierra está compuesta por bosques latifoliados de coníferas, bosques mixtos, agricultura, suelos desnudos, pastos y matorrales, camaroneras, salineras y centros poblados.

5.2 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los principales cultivos son: maíz, frijol, sorgo (rojo, blanco, etc.) ajonjolí, café y también existe cría de ganado.

6. ZONAS PROTEGIDAS/ DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

No hay zonas protegidas en el área del sistema acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Se necesita realizar el Plan de Ordenamiento Territorial para esta cuenca.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Solamente se cuenta con un diagnóstico para un Plan de Protección y Desarrollo de la Cuenca del Río Negro entre Honduras y Nicaragua.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Ver cuadro sobre aspectos económicos relativos al uso del sistema acuífero a continuación.

Cuadro 17C/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	Consumo humano y producción.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	Agricultura y ganado mayor.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	La clasificación de extrema pobreza de los municipios que conforman la Cuenca del Río Negro, está considerada como alta.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Ambos países están implementando acciones de gestión integrada de las aguas superficiales de la Cuenca Hidrográfica Río Negro; se necesita articular estas actividades considerando la gestión integrada de las aguas subterráneas.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

Ambos países tienen interés en el uso del Sistema Acuífero Estero Real-Río Negro.

AUTORES Y FUENTES

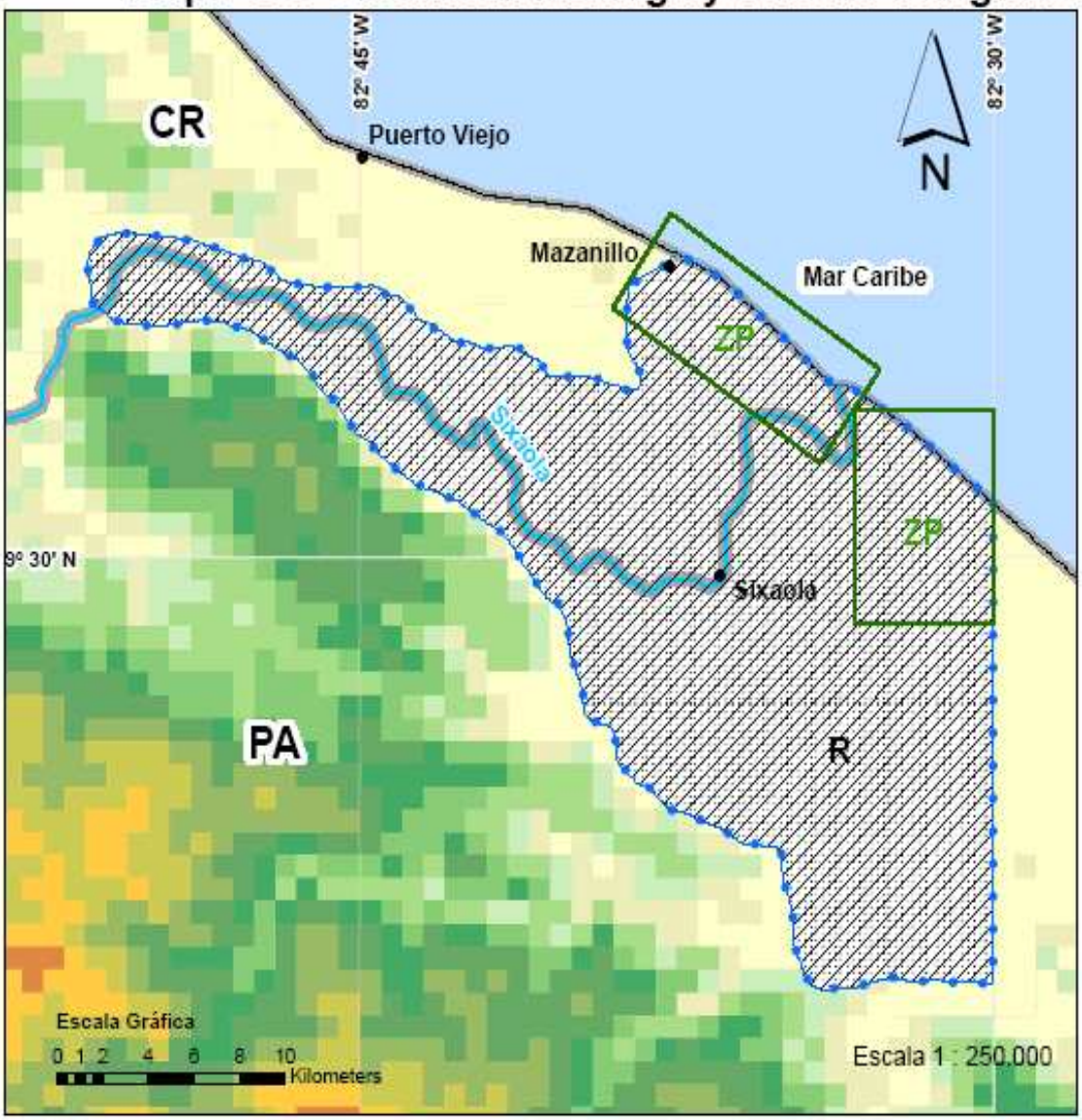
Honduras: Preparado con la colaboración de Lic. Petrona Gago

Dirección General de Patrimonio Natural (DGPN)

Sistema Acuífero Transfronterizo Sixaola

18C CR-PA

Mapa 18C Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50

UBICACIÓN GENERAL
18C CR-PA

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas

18C-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SIXAOLA COSTA RICA-PANAMÁ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Sixaola está ubicado en la Provincia de Bocas del Toro, en Panamá y en la Provincia de Limón en Costa Rica.

La población en Costa Rica es de 26.114 habitantes según datos del año 2007, mientras que la población en Panamá es de 13.927 habitantes y está distribuida en la cuenca media y baja del Sixaola.

El área estudiada del acuífero corresponde a 89 km^2 en Costa Rica, mientras que en Panamá la extensión es de 2.886 km^2.

1.2 Características del acuífero

La litología que presenta el sistema acuífero se compone en un 30% del área por materiales franco arcillosos de baja permeabilidad y un 60% limo-arenosos de alta permeabilidad.

En la zona de descarga los niveles freáticos oscilan en entre los 9 y los 29 metros sobre el nivel del mar, dependiendo de la cercanía de los pozos al Río Sixaola.

Las zonas de recarga tienen su ubicación conocida en:

1) Formación Río Banano, que abarca un 30% del área de ubicación del acuífero y allí se produce el 8% del total de la recarga.
2) Depósitos aluvionales del Río Sixaola, abarcando un 60% del área de ubicación del acuífero y donde se produce la mayor parte de la recarga total.

El nivel de explotación es bajo, alcanzando menos del 1% del total de la recarga del acuífero.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de la población en la página siguiente.

2.2 Usos

En total, se extraen solo 0,51 hm^3/año del total de la recarga del acuífero en Costa Rica.

El 49% de la extracción es para uso doméstico, y representa solamente el 0,43% de la recarga del acuífero, mientras que un 51% de la explotación es para uso en agroindustria y representa el 0,47% de la recarga del acuífero.

En total, la explotación indicada del acuífero representa únicamente el 1% de la capacidad de recarga del sistema acuífero.

Cuadro 18C/1: Datos de población

	Costa Rica	Panamá
• **Total:**	26.114 habitantes (2007)	13.927 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	1.828 hab. (7%)	2.507 hab. (18%)
• **Proyección (U):**	3.913 hab. (2037)	1.956 hab (2037)
• **Rural:**	24.286 hab. (93%)	11.420 hab. (82%)
• **Proyección (R):**	51.976 hab. (2037)	8.908 hab. (2037)
• **Población indígena estimada:**	1.828 hab (7%)	8.774 hab. (63%)

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En general, la calidad del agua es buena. Algunos sectores del acuífero presentan altos contenidos de hierro superiores a la norma.

Estudios recientes indican que en su mayoría los acueductos rurales presentan contaminación por coliformes fecales.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Costa Rica, dado que la explotación del acuífero representa únicamente el 1% de su capacidad de recarga, no se dan problemas por sobreexplotación.

Sin embargo, las aguas del sistema acuífero presentan un contenido natural de hierro superior a la norma, lo que limita su utilización.

Adicionalmente, por condiciones de permeabilidad, el acuífero es susceptible a ser contaminado por lixiviados de tanques sépticos y letrinas.

En Panamá, no se tiene información de cambios en la napa de agua, ni en la calidad química del agua. Si se conoce que existe contaminación microbiológica de los acueductos rurales, pero no todos utilizan el agua subterránea para su consumo.

3.3 Otras fuentes de agua

Las fuentes alternativas de agua se asocian con fuentes superficiales tales como el Río Sixaola (transfronterizo) y otros como por ejemplo Yorkin y Tscuí en Panamá.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

La variación no ha sido significativa, el promedio se mantiene entre 2.700 mm y 3.000 mm anuales.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En el escenario futuro del proceso de desarrollo de los potenciales cambios se prevé un aumento en la temperatura de unos 3,5°C. Se estima una disminución de la pluviosidad.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Es una zona altamente susceptible a grandes y periódicos procesos de inundación, las cuales inutilizan los pozos, limitando el acceso al recurso.

No se contemplan planes extensivos de explotación del acuífero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

Durante los procesos de inundación del área, los pozos son totalmente inhabilitados por lo que no es posible el acceso al recurso.

El acuífero representa la reserva hídrica panameña en la zona, se le dará un uso doméstico, agrícola y agropecuario.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Costa Rica, el uso del suelo es predominantemente agrícola, especialmente en el sector de la cuenca que abarca la parte baja del valle aluvial, donde se aprecian grandes extensiones de terreno cultivadas de banano. Estas tierras son utilizadas por varias corporaciones para la siembra y empacado de banano. Algunas de ellas han sido acondicionadas para el pastoreo de ganado de engorde, pero en general son extensiones pequeñas.

La vegetación original consistía en bosques densos, de composición florística mixta, con varios estratos arbóreos. Se estima que en la zona prevalecían dos o tres asociaciones vegetales, de gran volumen con una alta diversidad de especies y fauna animal muy rica. En la actualidad no quedan vestigios de este bosque.

En Panamá, las unidades del paisaje están representadas por: tierras naturales de cobertura boscosa, zonas productivas, urbanas, y rurales, mientras que las zonas bajas de sabana están cubiertas por pastizales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Costa Rica, la cobertura y uso actual de la tierra se distribuye en: bosque primario 13%, bosque secundario 21%, plantación bananera 41%, pastos 16% y área urbanizada 9%.

En Panamá, se estima un 3,5% de uso de las tierras en especial para uso agrícola.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Costa Rica, el principal cultivo es el banano con un área del 41%, mientras que en Panamá, también el principal cultivo es el de banano junto con el plátano y cacao.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la zona de ubicación del acuífero, la cual se localiza en la parte inferior la Cuenca del Río Sixaola, no se ubican áreas protegidas. Sin embargo, la Cuenca del Río Sixaola cuenta con seis áreas protegidas, las cuales cubren un área total de 143.000 hectáreas de un total de 289.000 del total de la cuenca.

Las áreas son:

- Parque Internacional La Amistad (PILA), compartido entre Panamá y Costa Rica.
- Parque Nacional Chirrido, Costa Rica.
- Reserva Biológica Hitoy Cerere, Costa Rica.
- Refugio de Visa Silvestre Gandoca/Manzanillo, Costa Rica.
- Humedales de San San Pond Sak, Panamá (con plan de manejo).
- Bosque Protegido Palo Seco, Panamá.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Costa Rica, el principal sistema natural dependiente del sistema acuífero es el Río Sixaola. Este es un río de tipo efluente, y se ha estimado que más del 75% de la descarga de acuífero se produce hacia este río.

En Panamá, se menciona el Humedal San San Pond Sak, Río Sixaola y Río San San.

En cuanto a las fuentes de agua que reciben la descarga de agua subterránea, se estima que todo el flujo base del Río Sixaola, está en función de las descargas del sistema acuífero del mismo nombre.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Costa Rica, existe un proyecto de Gestión Integrada de Ecosistemas de la Cuenca Binacional del Río Sixaola. Este proyecto conjunto entre Costa Rica y Panamá, tiene como objetivo capacitar a la sociedad civil para asegurar un manejo sostenible de los recursos, lo que incluye la parte hidrológica, tanto superficial como subterránea. Además, se promueve la adopción de modelos productivos que sean compatibles con la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales de la cuenca. Finalmente, el proyecto promueve el direccionar, los planes de gestión a la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en la cuenca.

En Panamá, existe un Programa de Titulación de Tierras (PRONAT) para regularizar las propiedades rurales y urbanas con la intención de resolver conflictos y consolidación de áreas protegidas y territorios indígenas, en lo que respecta a la Provincia de Bocas del Toro, provincia en la que se ubica el Acuífero del Sixaola. Se pretende cubrir más de 112.925 hectáreas y otorgar más de 2.584 nuevos títulos de propiedad.

Por iniciativa del BID y con la colaboración de Panamá (MEF, ANAM) y Costa Rica (MIDEPLAN, MINAE), se han ratificado, y están por ejecutarse.

El proyecto de GEF/BID para la Gestión Integrada de Ecosistemas en la Cuenca Binacional del Río Sixaola desarrollará los siguientes componentes que influirán de alguna manera en la conservación y la recarga del acuífero:

1. Fortalecimiento del marco institucional y de las capacidades técnicas y operativas para una gestión integrada.
2. Promoción de prácticas productivas compatibles con la conservación y el uso sostenible de los recursos agua y suelo.
3. Conservación y uso sostenible de la biodiversidad.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Costa Rica**:** ídem anterior (http://sixaola.epypsa.net/)

En el proyecto de Gestión Integrada de la Cuenca del Sixaola, se contempla el análisis y diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales de la cuenca y se estipula la realización de una estrategia a largo plazo para la realización de intervenciones, la cual seguiría cuatro líneas estratégicas:

- Gestión ambiental.
- Manejo sostenible de recursos naturales y reducción de la vulnerabilidad.
- Fortalecimiento institucional.

- Actividades productivas y de diversificación.
- Servicios básicos e infraestructura básica.

Panamá**:** El Humedal San San Pond Sak que está dentro de la zona de influencia del acuífero cuenta con planes de manejo que incluyen la protección de los recursos hídricos, y el mismo está en su penúltimo año.

El proyecto para la Gestión Integrada de Ecosistemas en la Cuenca Binacional del Río Sixaola es el proyecto más relevante en materia de conservación de la cuenca que se ha concretado y el mismo dentro de sus objetivos contempla el fortalecimiento de las capacidades técnicas y operativas de los actores institucionales y sociales, en el nivel local, nacional y binacional requeridas para lograr una efectiva e integral cooperación binacional siguiendo la visión y las metas comunes detalladas.

En el ámbito institucional, se fortalecerá a las instituciones claves para la gestión de cuenca entre estas: MINAE, ANAM, MAG, MIDA, Ministerio de Salud, municipalidades de Talamanca y Changuinola, en ámbitos varios relacionados con gestión territorial, manejo de espacios protegidos, control en uso de agroquímicos. Por su parte, los actores sociales serán fortalecidos en ámbitos relacionados con el manejo de recursos naturales, la gestión local de microcuencas, concientización y capitalización del conocimiento relacionado con la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, el suelo, y agua. Bajo este componente también se incluyen acciones para mejorar el financiamiento sostenible para el manejo de cuenca.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 18C/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Costa Rica:** La Principal actividad económica en la zona donde se ubica el acuífero es la producción bananera. En área producen más de 9,8 millones de cajas de banano al año. En su proceso de lavado y empacado se utilizan grandes cantidades de agua de origen subterráneo. Solo por la producción bananera se tienen ingresos por más de US$ 53.900.000 al año. **Panamá:** En la cuenca media y baja se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Costa Rica:** Dado que la principal actividad económica y por ende generadora de empleo depende de los recursos hidrogeológicos, toda el área tiene una altísima dependencia del acuífero. Si a lo anterior le sumamos que la principal fuente superficial de agua (Río Sixaola) depende también del acuífero en períodos de estiaje, la dependencia se torna aún mayor. **Panamá:** Las actividades agrícolas y ganaderas indudablemente tienen gran dependencia del recurso hídrico en la región pero no podemos determinar si su uso depende exclusivamente del agua subterránea.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Costa Rica:** Sin datos. **Panamá:** El porcentaje de pobreza se estima en un 40%.

Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Costa Rica:** La contaminación del sistema acuífero implicaría la disminución de la calidad del recurso hídrico superficial, lo que a la vez repercutiría con un impacto sobre los ecosistemas asociados a los ríos del área. Es de es esperarse una repercusión sobre las actividades asociadas a la pesca y a las actividades recreativas dependientes del río. Dependiendo del grado de afectación, se podrían tener efectos sobre los ecosistemas costeros cercanos a la desembocadura del río. **Panamá:** De afectarse negativamente el acuífero las perdidas económicas serían muy significativas, en el sector agrícola y ganadero, y en los ecosistemas de las zonas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En Costa Rica, existe el proyecto Gestión Integrada de Ecosistemas Cuenca Binacional del Río Sixaola, cuyas agencias ejecutoras son el Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE) y La Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) de Panamá.

Los objetivos del proyecto son contribuir al uso sostenible y la conservación de la biodiversidad y los recursos del suelo y agua, a través de la creación de un ambiente favorable y un manejo integral e intersegmental de la Cuenca Binacional del Río Sixaola.

Dentro de lo objetivos específicos se contempla la variable hidrogeológica. Este proyecto fue ratificado por los gobiernos de ambos países el 17 de marzo de 2006.
Referencia: http://sixaola.epypsa.net/.

Según Panamá, entre ambos países existe una comisión binacional para el manejo y conservación del Parque Internacional La Amistad (PILA), el cual forma parte de la cuenca y por lo tanto conlleva a la preservación del acuífero. También ha sido ratificado el proyecto de GEF/BID para la Gestión Integrada de Ecosistemas en la Cuenca Binacional del Río Sixaola cuyos objetivos están dirigidos a contribuir con el uso sostenible y la conservación de la biodiversidad y los recursos del suelo y agua. Este proyecto será ejecutado por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) de la República de Panamá, y el Ministerio de Ambiente y Energía de la República de Costa Rica (MINAE).

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

En Costa Rica, no se conocen conflictos o competencias por el uso del recurso.

En Panamá, desde el año 2002, se inició el Programa Nacional de Titulación (PRONAT) con el objetivo de regularizar y legalizar las tierras a nivel nacional, en lo que respecta a la Provincia de Bocas del Toro, provincia fronteriza en la que se localiza el acuífero. Se estima legalizar 112.920 hectáreas y otorgar más de 2.585 nuevos títulos de propiedad, de tierras tanto rurales como urbanas a través de los procesos de catastro y titulación, resolución de conflictos, y consolidación de las áreas protegidas y territorios indígenas. Esta acción conlleva a que los nuevos propietarios de estos títulos sean sujetos a

créditos en las entidades bancarias, y puedan desarrollar actividades agrícolas y agropecuarias, actividades que indudablemente de alguna manera le crearán carga al acuífero.

AUTORES Y FUENTES

Costa Rica: Preparado con la colaboración de Alberto Rodrigo Calvo Porras, Instituto Costarricense de Electricidad – ICE

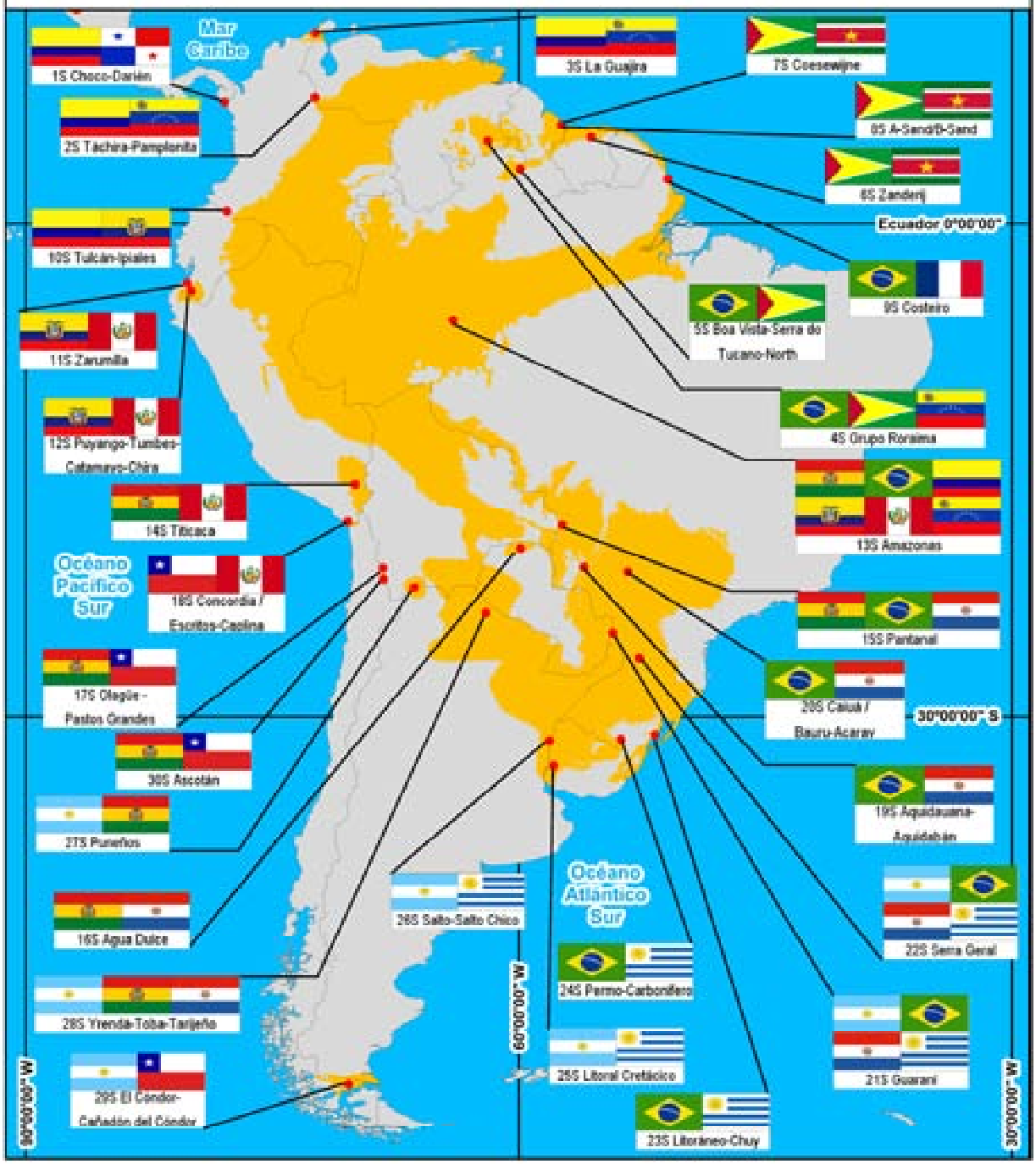
Panamá: Preparado con la colaboración de Eric Tejeira, Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá

4. Sistemas acuíferos transfronterizos de América del Sur

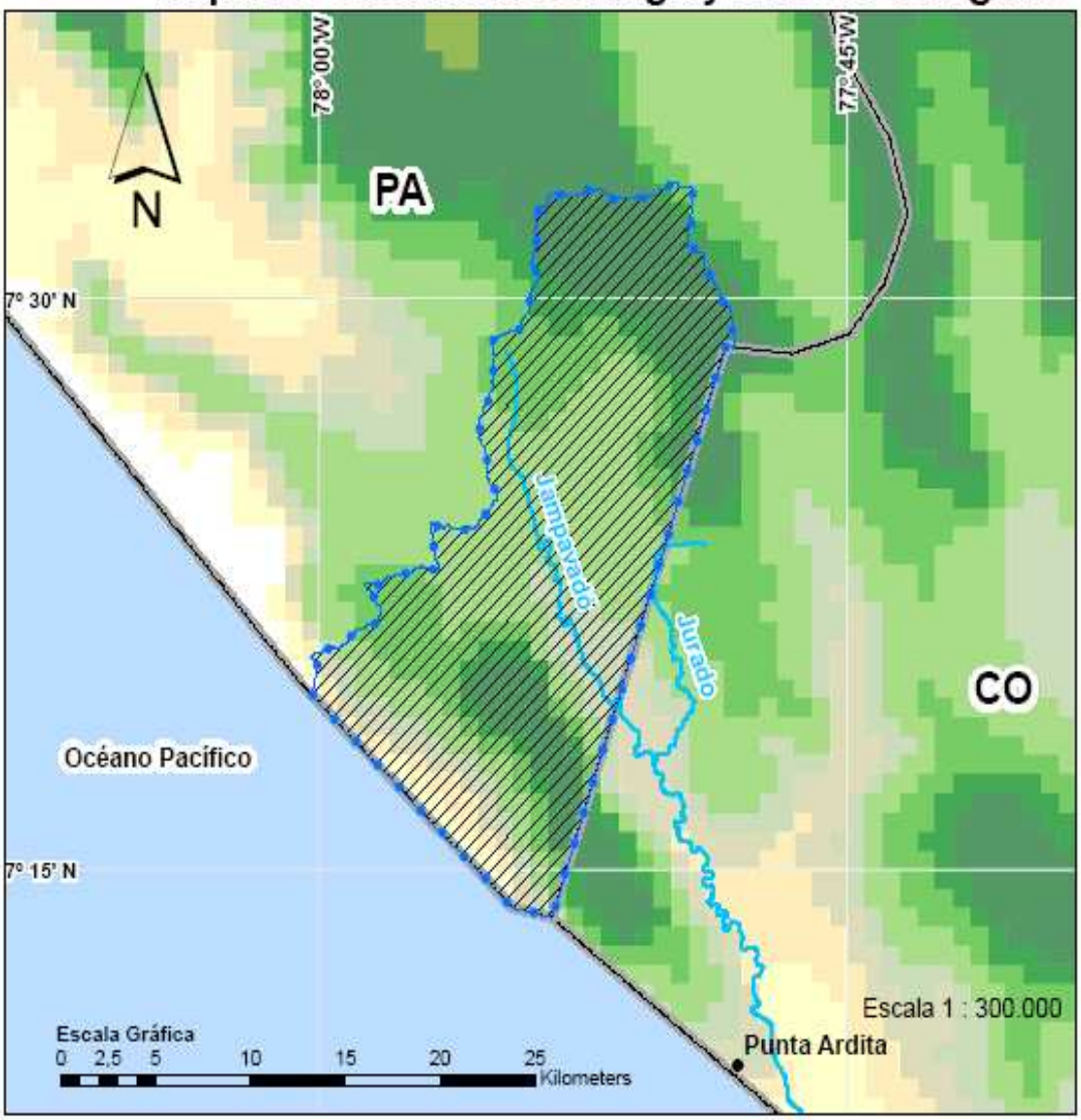
1S - Choco-Darién (Colombia-Panamá)
2S - Táchira Pamplonita (Colombia-Venezuela)
3S - La Guajira (Colombia-Venezuela)
4S - Grupo Roraima (Brasil-Guyana-Venezuela)
5S - Boa Vista-Serra do Tucano-North Savanna (Brasil-Guyana)
6S – Zanderij (Guyana-Surinam)
7S – Coesewijne (Guyana-Surinam)
8S - A-Sand/B-Sand (Guyana-Surinam)
9S – Costeiro (Brasil-Guyana Francesa)
10S - Tulcán-Ipiales (Colombia-Ecuador)
11S – Zarumilla (Ecuador-Perú)
12S - Puyango-Tumbes-Catamayo-Chira (Ecuador-Perú)
13S – Amazonas (Bolivia-Brasil-Colombia-Perú-Venezuela)
14S – Titicaca (Bolivia-Perú)
15S – Pantanal (Bolivia-Brasil-Paraguay)
16S - Agua Dulce (Bolivia-Paraguay)
17S – Ollagüe (Bolivia-Chile)
18S - Concordia-Escritos-Caplina (Chile-Perú)
19S - Aquidauana-Aquidabán (Brasil-Paraguay)
20S - Caiuá-Bauru-Acaray (Brasil-Paraguay)
21S – Guaraní (Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay)
22S - Serra Geral (Argentina-Brasil-Paraguay-Uruguay)
23S - Litoráneo-Chuy (Brasil-Uruguay)
24S - Permo-Carbonífero (Brasil-Uruguay)
25S - Litoral-Cretácico (Argentina-Uruguay)
26S - Salto-Salto Chico (Argentina-Uruguay)
27S – Puneños (Argentina-Bolivia)
28S - Yrendá-Toba-Tarijeño (Argentina-Bolivia-Paraguay)
29S - El Cóndor-Cañadón del Cóndor (Argentina-Chile)
30S – Ascotán (Bolivia-Chile)

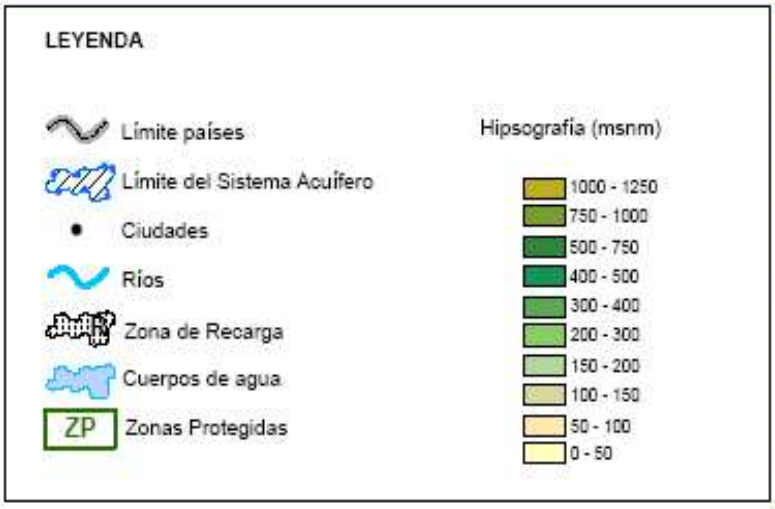
Sistemas Acuíferos Transfronterizos
AMÉRICA DEL SUR

Programa UNESCO-OEA
ISARM Américas



Sistema Acuífero Transfronterizo Choco-Darién
1S CO-PA
Mapa 1S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





1S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CHOCO-DARIÉN COLOMBIA-PANAMÁ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Choco-Darién, de extensión variable en la frontera colombo panameña, se extiende sobre el Departamento de Choco y la Provincia del Darién, ubicados al noroeste y al sureste, respectivamente. Se presenta un relieve asociado a serranías con pendientes abruptas en la parte alta y moderada a baja en la zona intermedia a plana. La población se encuentra dispersa en pequeños asentamientos humanos, las cuales se abastecen de los cursos de aguas de los principales ríos y quebradas que drenan el área fronteriza al igual que localmente de aguas subterráneas.

1.2 Características del acuífero

Geológicamente en el área fronteriza afloran rocas ígneas volcánicas en su mayoría de composición intermedia, básica y ultra básica, constituidas por andesitas, basaltos aglomerados, pillow lavas, pirodacitas, tobas, dacitas y gabros que constituyen acuíferos restringidos a zonas de fracturas con aguas generalmente de buena calidad.

También ocurren rocas sedimentarias cementadas correspondientes a calizas, areniscas, lutitas, conglomerados que conforman capas acuíferas de origen marino de naturaleza clástica con secciones ocasionales de origen bioquímico, con aguas de calidad química variable.

Las unidades acuíferas mencionadas anteriormente son poco conocidas desde el punto de vista hidrogeológico, no se ha establecido su geometría (área, espesor), al igual que su modelo de flujo para rocas con porosidad primaria intergranular o secundaria por fracturamiento que permita la identificación de las áreas de recarga tránsito y descarga; sus recursos y reservas potenciales y en general sus características hidrodinámicas (transmisividad, coeficiente de almacenamiento, conductividad hidráulica).

2. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

2.1 Calidad de Agua

No se ha caracterizado la vulnerabilidad y el riesgo asociado ante cualquier evento de contaminación. La disposición inadecuada de los residuos orgánicos y los vertimientos de aguas residuales domésticas sobre los cursos de agua constituyen una fuente de contaminación a unidades acuíferas locales de extensión variable y baja permeabilidad en rocas sedimentarias; al igual que a unidades acuíferas asociadas a rocas efusivas en su gran mayoría básicas y ultra básicas cuya permeabilidad depende de la densidad de fracturamiento.

2.2 Otras fuentes de agua

Corrientes superficiales de caudales grandes.

3. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El área se caracteriza por presentar un clima muy húmedo, con una temperatura promedio de 24º C, y una precipitación promedio del orden de 3.500 mm. En el Choco (Colombia), este promedio alcanza los 7.000 mm.

4. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

La frontera colombo panameña se caracteriza por ser una región selvática, de bosques húmedos o pluviales, en su mayoría sin intervención antropogénica de alto impacto.

4.2 Cobertura y uso actual de la tierra

La población se dedica principalmente a la pesca y a la agricultura de subsistencia.

4.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Agricultura de subsistencia (plátano, yuca, etc.).

5. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

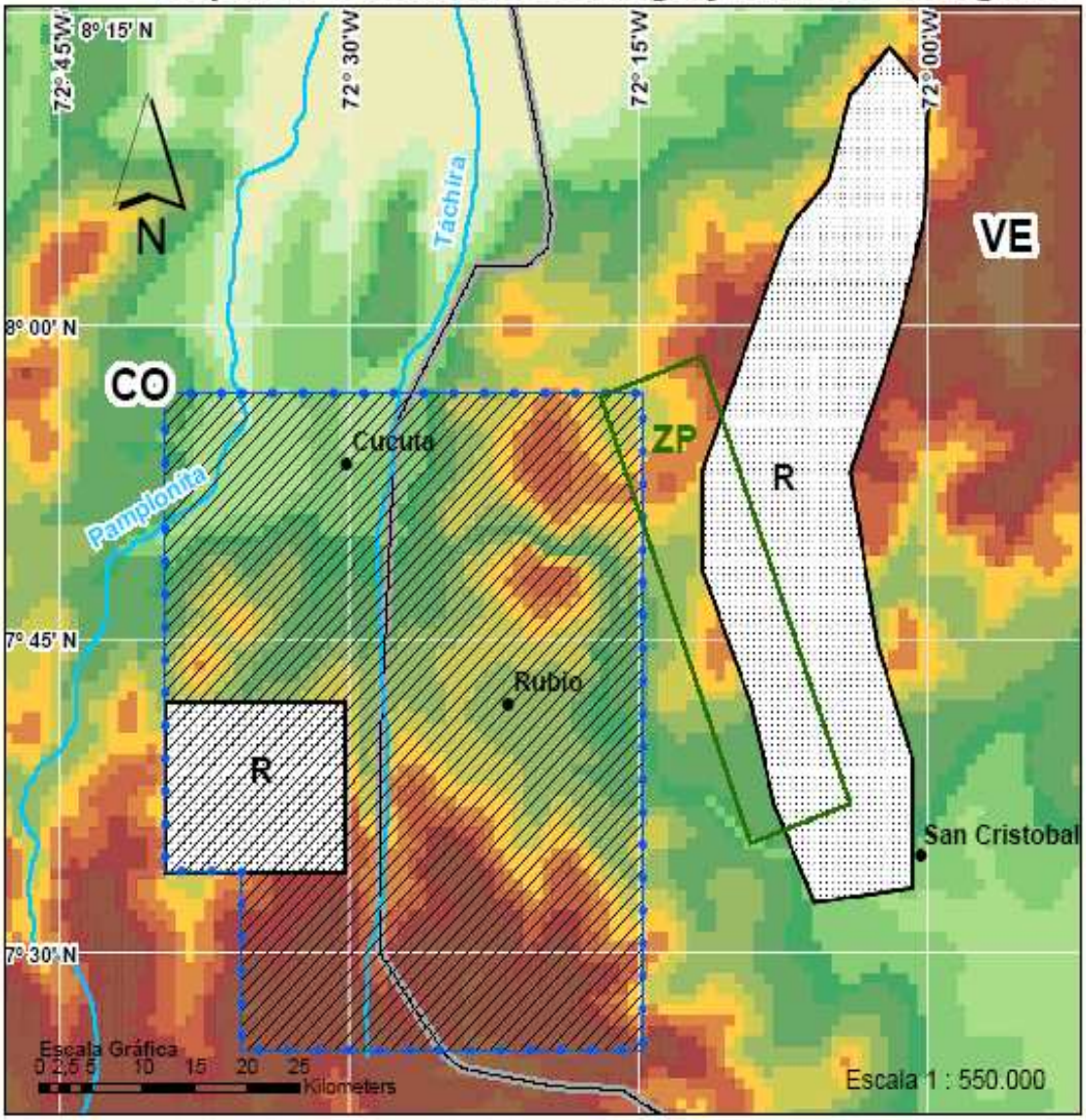
La conservación y protección de las zonas de recarga, tránsito y descarga de las aguas subsuperficiales y subterráneas de unidades acuíferas asociadas a rocas básicas y ultrabásicas fracturadas y a rocas sedimentarias asociados a granulometría fina de origen marino calcáreo, es indispensable para la conservación de la biodiversidad de este ecosistema estratégico para los dos países, y contribuye a un mejor conocimiento de la dinámica espacial y temporal del ciclo hidrológico, sus variaciones ante cambios climáticos extremos de la región; garantizando el seguimiento y monitoreo de los recursos hídricos de la misma. El Choco Biogeográfico es considerado Reserva de Biosfera.

AUTORES Y FUENTES

Colombia: Preparado con la colaboración de Nelson Omar Vargas Martínez

Panamá: Preparado con la colaboración de Eric Tejeira

Sistema Acuífero Transfronterizo Táchira-Pamplonita
2S CO-VE
Mapa 2S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

750 - 1000
500 - 750
400 - 500
300 - 400
200 - 300
150 - 200
100 - 150
2250 - 2500
2000 - 2250
1750 - 2000
1500 - 1750
1250 - 1500
1000 - 1250

UBICACIÓN GENERAL 2S CO-VE

2S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO TÁCHIRA-PAMPLONITA COLOMBIA-VENEZUELA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

Venezuela cuenta con 100.000 habitantes, sobre un área de 120 km^2, según datos del año 2001. En Colombia la población es de 672.000 habitantes de acuerdo con el censo del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en 2005 sobre un área de 165 km^2.

1.2 Características del acuífero

El emplazamiento del valle aluvial está cubierto por sedimentos del cuaternario, acuíferos someros, característicos de permeabilidad primaria de tipo libre a semiconfinado y por debajo de esta unidad están los acuíferos de permeabilidad secundaria, en sedimentos consolidados de edad cretácica y terciaria que han sufrido movimientos tectónicos predominantemente verticales, característicos de acuíferos fracturados y generalmente de tipo semiconfinado a confinado.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Existen dos acuíferos, uno superior correspondiente a los sedimentos aluviales recientes poco consolidados con espesor que varía entre 45 a 70 m, y el otro que corresponde al acuífero inferior, situado por debajo del aluvión y está constituido principalmente por areniscas. En Colombia, el aprovechamiento se realiza principalmente por medio de aljibes con profundidad hasta de 45 metros. Cerca de 10 pozos de abastecimiento tienen profundidades entre 50 y 120 metros.

1.4 Zonas de recarga

En Venezuela, los flujos provienen del este en las zonas montañosas y en el trayecto del piedemonte, conjuntamente con las quebradas al estar en contacto con el aluvión, se infiltran y representan los mayores aportes. Otra vía es por la infiltración directa de las aguas de lluvias y por aportes del Río Táchira. En Colombia la recarga se da desde las estribaciones de la cordillera oriental y adicionalmente hay recarga directa en los valles aluviales de los ríos Pamplinita, Zulia, Sardinata y Catatumbo.

1.5 Explotación y caudales

Actualmente, la explotación, en términos generales, se considera en aprovechamientos medios, estimándose alrededor de 20 mm^3/año. En Colombia, los caudales de explotación se encuentran entre 10 y 45 litros por segundo con un aprovechamiento promedio de 300 mm^3/año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 2S/1: Datos de población

	Colombia	Venezuela
• **Total:**	672.000 habitantes (2005)	88.000 habitantes (2001)
• **Urbana y principales ciudades:**	619.000 hab. (92%)	76.560 hab. (87%) San Antonio del Táchira y Ureña.
• **Proyección (U) al 2030:**	Sin estimar	136.000 hab.
• **Rural:**	53.000 hab. (8%)	11.440 hab. (13%)
• **Población indígena estimada:**	0 (0%)	< 176 hab. (< 0,2%)
• **Población en zonas de recarga:**	< 134.000 hab. (< 20%)	< 7.040 hab. (< 8%)
• **Población en zonas de descarga:**	> 538.000 hab. (> 80%)	>26.400 hab. (> 30%)

2.2 Usos

Ambos países presentan una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

Cuadro 2S/2: Usos del agua

Uso	Colombia	Venezuela
Riego	20 %	70 %
Doméstico	50 %	5 %
Industrial	10 %	5 %
Público-urbano	20 %	20 %

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Venezuela, la calidad es buena a media desde el punto de vista de su mineralización, pero en acuíferos profundos tiende a contener más sales, y hay zonas propensas a la contaminación por la intervención urbana.

Ya hay zonas localizadas que sobrepasan valores de 1.500 µs/cm de conductividad. En Colombia las aguas son bicarbonatadas cálcicas duras con alta vulnerabilidad a la contaminación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aprovechamientos intensivos han abatidos los niveles de agua en la zona noroeste del acuífero en el sector venezolano. Se experimentan aumentos de salinización a medida que se profundiza en los acuíferos en el sector mencionado.

En el sector sur (San Antonio), se han experimentado descensos promedios de 12 m en el período 1971-2005, estimando un descenso anual de 0,4 m/año.

En el sector norte (Ureña), se han registrado desde el año 1971-2005 descensos de niveles de 25 m y se estima su descenso anual de 0,8 m.

En Colombia los descensos de niveles son muy bajos.

3.3 Otras fuentes de agua

Una fuente alterna es el Río Táchira, sin embargo por ser divisoria de límite internacional, genera tensiones para su aprovechamiento entre los países, además está en constante deterioro porque en buena parte de su trayecto están concentrados los asentamientos humanos y está expuesto a la amenaza de contaminación por la incontrolada descarga de residuos de origen urbano, industrial, agrícola y desechos sólidos en sus márgenes. También hay reducción en sus caudales principalmente por la intervención indiscriminada en las áreas de captación y al gran número de tomas clandestinas.

En Colombia son fuentes alternas los ríos Pamplinita, Zulia, Sardinata y Catatumbo.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En las últimas décadas se han incrementado las precipitaciones en alrededor de 32 % y de acuerdo a los registros de las estaciones de la zona, la tendencia es aumento continuo en las precipitaciones.

El comportamiento de la precipitación en la zona ha representado aportes significativos a la recarga en los acuíferos.

4.2 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

La empresa hidrológica de la región posee campos de pozos para abastecimiento a determinadas poblaciones y también las alcaldías y la actividad privada tienen desarrollos para abastecimiento poblacional y sistemas de riego.

En Colombia se desconoce el impacto en los acuíferos por fenómenos extremos.

4.3 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Venezuela, los usos son: agrícola, abastecimiento poblacional y aguas envasadas.

En Colombia no se reporta la variación de consumo de aguas subterráneas en fenómenos extremos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje características son las zonas montañosas, piedemonte y la planicie aluvial. Hay diferentes usos: productivas, naturales, urbanas, intervenidas e invadidas. De los 84 km^2 de superficie correspondiente al acuífero, las mayores extensiones son de uso agrícola y urbano, en menor proporción los usos industrial y comercial, quedando el resto cobertura natural original.

En Colombia esta zona es urbana y en menor proporción en las zonas rurales el uso de la tierra es para aprovechamiento agrícola.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El uso actual de la tierra se distribuye de la siguiente forma:

Cuadro 2S/3: Usos de la tierra

Uso	Colombia	Venezuela
Agrícola	20 %	36 %
Urbano	70 %	17 %
Industrial	10 %	3 %
Forestal		15 %
Cobertura natural		29 %

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Venezuela, un 33% corresponde al cultivo de caña de azúcar, alrededor de un 8% a ganadería semi-intensiva, pastos e industrias, un 40% a cobertura de tierras naturales y el resto en otros renglones.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Venezuela, está la Zona Protectora del Río Táchira, (zona montañosa entre las ciudades San Antonio y Ureña) y el Parque Nacional El Tamá.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

El Río Táchira, en determinados tramos de su recorrido recibe agua de los acuíferos en época de sequía.

En Colombia, los ríos Pamplinita, Zulia, Sardinata y Catatumbo tienen alimentación subterránea en épocas secas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Sí existe plan de ordenamiento, pero las aguas subterráneas han sido poco estudiadas y ofrecen buen potencial para el desarrollo del cultivo más resaltante de la planicie aluvial, la caña de azúcar. Pertenece a la Cuenca del Catatumbo, que se maneja a través de una comisión binacional. En Colombia, se está formulando el Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Pamplinita y se cuenta con planes de ordenamiento territorial en los municipios de Cúcuta, Villa de Rosario y Los Patios.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

Existe una política de estímulo y desarrollo en el área, dadas las condiciones turísticas y de intercambio comercial entre países. Sin embargo, hay deficiencias en la disponibilidad de los recursos hídricos y la condición de zona semiárida recae en las aguas subterráneas como una variable estratégica en el desarrollo de las actividades de la zona, específicamente en la agricultura, en el rubro caña de azúcar.

No obstante, la larga y activa franja del acuífero transfronterizo, no se ha desarrollado en la proporción del dinamismo de la zona.

Existen propuestas y recomendaciones técnicas de estudios hidrogeológicos realizados en la zona.

En Colombia, el acuífero no cuenta con Plan de Manejo de Aguas Subterráneas.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 2S/4: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Colombia:** A partir del agua del acuífero, se abastece una población cercana a 150.000 habitantes para consumo doméstico. **Venezuela:** Para el año 2004 se procesaron 9.387,83 toneladas de caña en el central. Se cultivan 1.700 hectáreras y se espera 700 hectáreas como aumento.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Colombia:** Cerca del 20% del agua subterránea se utiliza para el sector agrícola e industrial. **Venezuela:** Más del 80 %, tanto agrícola como industrial y de servicios.

Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Colombia:** La población que utiliza el acuífero tiene un índice de necesidades bajas insatisfechas del 40%.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Colombia:** Se afectaría el sector de abastecimiento de agua potable principalmente y la población tendría que adquirir el agua de carro tanques con un costo muy superior. **Venezuela:** El acuífero aporta agua a unas 1.400 hectáreas de caña, otros rubros de manera directa, sin contar con las fábricas de ropas, alfarerías y comercialización de aguas envasadas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Intentos de cooperación entre países a través de entidades regionales. Se han realizado reuniones técnicas regionales e institucionales y estudios preliminares del acuífero.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

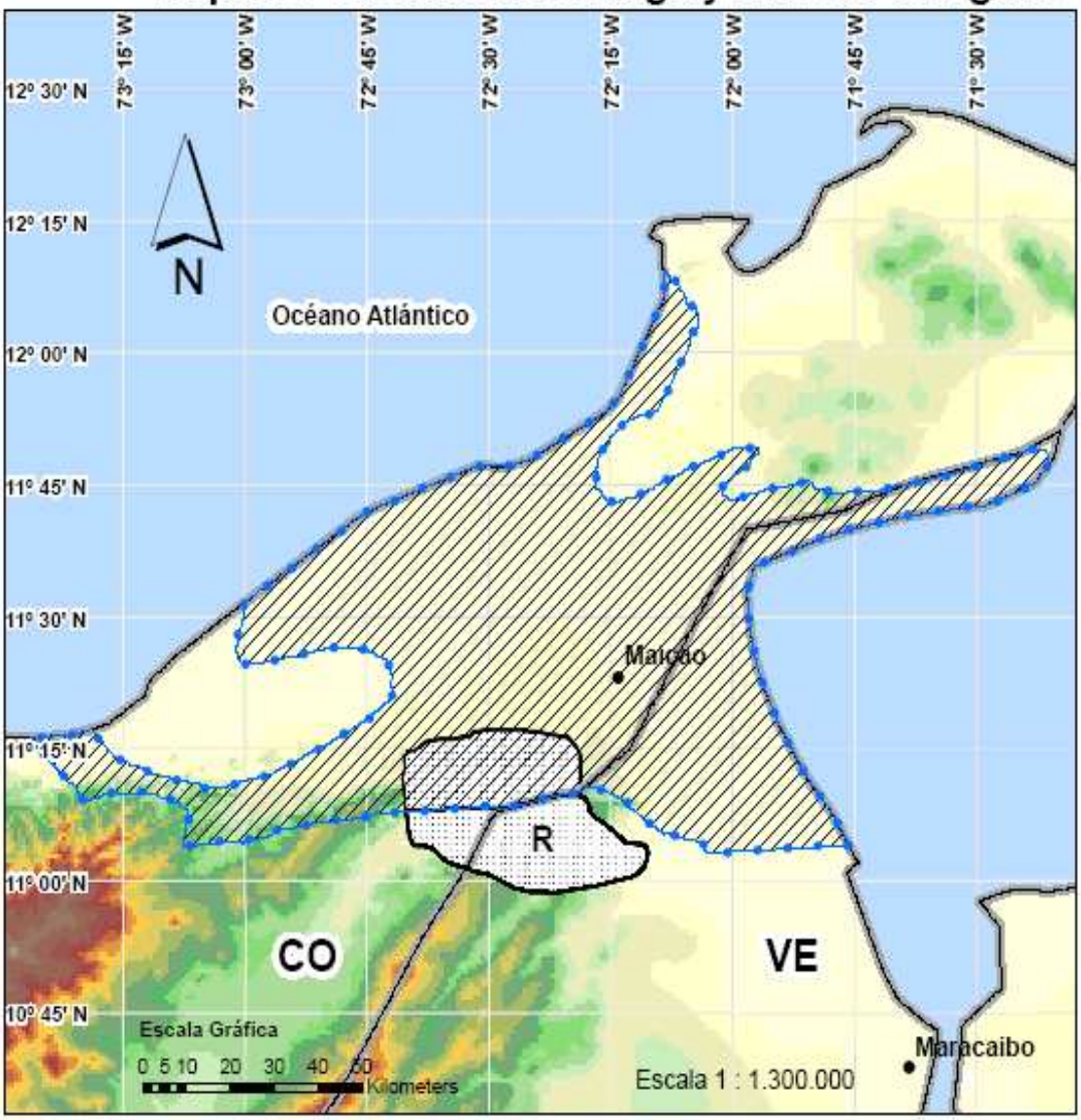
El crecimiento y dinamismo de la región ha originado usos intensivos del acuífero.

AUTORES Y FUENTES

Colombia: Preparado con la colaboración de Nelson Omar Vargas Martinez

Venezuela: Preparado con la colaboración de Fernando Decarli R.

Sistema Acuífero Transfronterizo La Guajira
3S CO-VE
Mapa 3S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

1000 - 1250	4500 - 5000
750 - 1000	4000 - 4500
500 - 750	3500 - 4000
400 - 500	3000 - 3500
300 - 400	2500 - 3000
200 - 300	2250 - 2500
150 - 200	2000 - 2250
100 - 150	1750 - 2000
50 - 100	1500 - 1750
0 - 50	1250 - 1500

3S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO GUAJIRA COLOMBIA-VENEZUELA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

Venezuela cuenta con 25.000 habitantes (según datos del año 2001), los que se ubican sobre un área de 205 km^2. En la parte colombiana en Maicao hay 123.757 habitantes y el área correspondiente es de 1.708 km^2.

1.2 Características del acuífero

De acuerdo a prospecciones geofísicas, las características litológicas de los acuíferos pueden diferenciarse en tres zonas:

Zonas someras de 25 a 70 m con sedimentos no consolidados, con posibilidades acuíferas pobres a nula.

Zonas intermedias, con profundidades entre 250 y 640 m, posibilidades acuíferas asociadas a las grietas y cavidades en areniscas y calizas terciarias y cretácicas.

Zonas profundas, que infrayacen las anteriores y presentan las mejores condiciones acuíferas.

Los pozos, aljibes y jagüeyes (pequeñas lagunas artificiales) construidos en el acuífero aluvial, tienen en su mayoría molinos instalados y la producción escasamente está en el rango de 1 l/s. Las profundidades son inferiores a 20 m y alrededor del 50% puede catalogarse en cuanto a calidad, como agua salada. Para la perforación de nuevos pozos con mejores rendimientos y mejor calidad, se estima que las profundidades deben ser mayores a 250 m en la Guajira Norte, a fin de atravesar la formación Castilletes, la cual se atribuye a los acuíferos con agua salada.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Venezuela, hay una tendencia a la disminución de los niveles de agua en el acuífero superficial. El acuífero profundo aún no ha sido aprovechado por escasa información.

En Colombia, se explotan los sedimentos recientes fluviales, eólicos y de playa que conforman acuíferos libres a semiconfinados y rocas sedimentarias detríticas terciarias que conforman acuíferos libres a confinados en las formaciones Uitpa y Monguí, con cerca de 400 pozos accionados en su mayoría por molinos de viento. Los pozos no superan los 60 metros.

1.4 Zonas de recarga

Fundamentalmente, los aportes importantes provienen del lado oeste (Colombia) y la intervención en la parte alta de la cuenca, con el desvío y captaciones de los ríos ha incidido en la merma de la recarga en los acuíferos superficiales. La recarga se realiza

en la Falla de Oca por infiltración subterránea y directa por precipitación en el área de Maicao.

1.5 Explotación y caudales

En Venezuela, existen aprovechamientos intensivos en los acuíferos superficiales a través de pozos excavados (aljibes) y jagüeyes (lagunas de almacenamiento de lluvia). Lo que se extrae fundamentalmente es para abastecimiento de la población indígena y para los animales de cría. En general son rendimientos bajos.

En Colombia, hay cerca de 150 pozos con caudales desde 1 hasta 60 litros por segundo.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 3S/1: Datos de población

	Colombia	Venezuela
• **Total:**	123.757 habitantes (2005)	25.000 habitantes (2001)
• **Urbana y principales ciudades:**	105.369 hab. (85%)	7.500 hab. (30%) Paraguaipoa, Sinamaica.
• **Rural:**	18.388 hab. (15%)	17.500 hab. (70%)
• **Población indígena estimada:**	86.630 hab. (70%)	15.000 hab. (60%)
• **Población en zonas de recarga:**	49.503 hab. (40%)	
• **Población en zonas de descarga:**	74.254 hab. (60%)	15.000 hab (60%)

2.2 Usos

Venezuela presenta una distribución en porcentaje para sus distintos usos de acuerdo al siguiente detalle:

- Abastecimiento comunidad indígena 40%
- Animales de cría 30%

Colombia presenta una distribución de acuerdo a sus usos que se muestra a continuación:

- Abastecimiento doméstico de rancherías (clanes de indígenas) y núcleos urbanos 40%
- Abastecimiento urbano 30%
- Cría de animales 10%

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Venezuela, en sequías, existen aprovechamientos intensivos y los acuíferos someros e intermedios, en su condición de cercanía a la costa, están expuestos a la salinización y sus aguas tienden a ser salobres.

En Colombia, se han identificado con geoeléctrica lentes de agua dulce pero en su mayoría son poco dulces, clorurado sódico, bicarbonatado sódico, bicarbonatado clorurado sódico y clorurado cálcico.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Se experimenta aumentos de salinización en acuíferos someros, a medida que se acercan a la línea de costa y disminución de los niveles de agua en el acuífero superficial.

3.3 Otras fuentes de agua

Hay reservorios superficiales pero muy distantes al área considerada. Hay fuentes superficiales nacionales y transfronterizas, los acuíferos son transfronterizos.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En las últimas décadas se han incrementado las precipitaciones alrededor de 19% y de acuerdo a los registros de las estaciones de la zona, el clima es de tipo árido con precipitaciones < 500 mm año y de vegetación xerófila.

4.2 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En Venezuela, en sequías, existen aprovechamientos irracionales del acuífero superficial a través de pozos excavados (aljibes) y jagüeyes (lagunas de almacenamiento de lluvia). Aún no se han establecido planes de aprovechamientos.

En Colombia, este acuífero cuenta con un Plan de Manejo de Aguas Subterráneas elaborado por la autoridad ambiental regional (Corpoguajira).

4.3 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Venezuela, se utiliza para abastecimiento de subsistencia de la comunidad indígena y animales de cría.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Por la condición de aridez, presentan zonas de carácter desértico. Fundamentalmente el paisaje está conformado por tierras naturales, coexistiendo con cultivos aislados de subsistencia y animales de cría.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En el área del sistema acuífero, el uso y la cobertura actual de la tierra está representado por 30 % de cría de animales para subsistencia y 70 % tierras naturales de ambiente árido respectivamente.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Cultivos de subsistencia (yuca, maíz).

6 ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Existen programas de desarrollo de energías alternas por fuentes eólicas, que incorporan el manejo de suelos y la protección ambiental.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Zonas de aprovechamiento de aguas por animales y plantas silvestres. En la Península de la Guajira venezolana, la red hídrica superficial es muy pobre. En Colombia, se reconocen los ríos Ranchería y Carraipia.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Venezuela, existe el Plan de Ordenamiento del Territorio Estado Zulia y entre las acciones de aprovechamiento de los recursos hidráulicos está como prioritario el desarrollo integral de la Guajira. Igualmente, en Colombia, el Plan de Ordenamiento Regional de Maicao contempla la gestión integrada del agua.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Venezuela, existen estudios básicos de los acuíferos y programas de acción subregional. En Colombia, hay plan de manejo de aguas subterráneas en el Municipio de Maicao.

Se han realizado estudios de los acuíferos en acuerdos de comisiones técnicas colombo-venezolanos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 3S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Colombia:** Abastecimiento doméstico de rancherías (clanes de indígenas) y núcleos urbanos. **Venezuela:** El beneficio es de subsistencia y para cría de animales.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Colombia:** La minería de carbón de Carrejón aprovecha aguas subterráneas. **Venezuela:** Alta dependencia por lo escaso del recurso.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Colombia:** Cerca del 60 % de la población tiene necesidades básicas insatisfechas. **Venezuela:** El porcentaje de nivel de pobreza es alto.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Colombia:** Abastecimiento doméstico de rancherías (clanes de indígenas) y núcleos urbanos. **Venezuela:** Cultivos de subsistencia y animales de cría.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Han existido reuniones internacionales para el estudio integrado y en la búsqueda de tratados, hasta ahora infructuosos. Se han realizado reuniones internacionales para tratar de dar manejo integral los recursos hídricos de ambos países. Se han realizado reuniones técnicas regionales e institucionales y estudios preliminares del acuífero.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

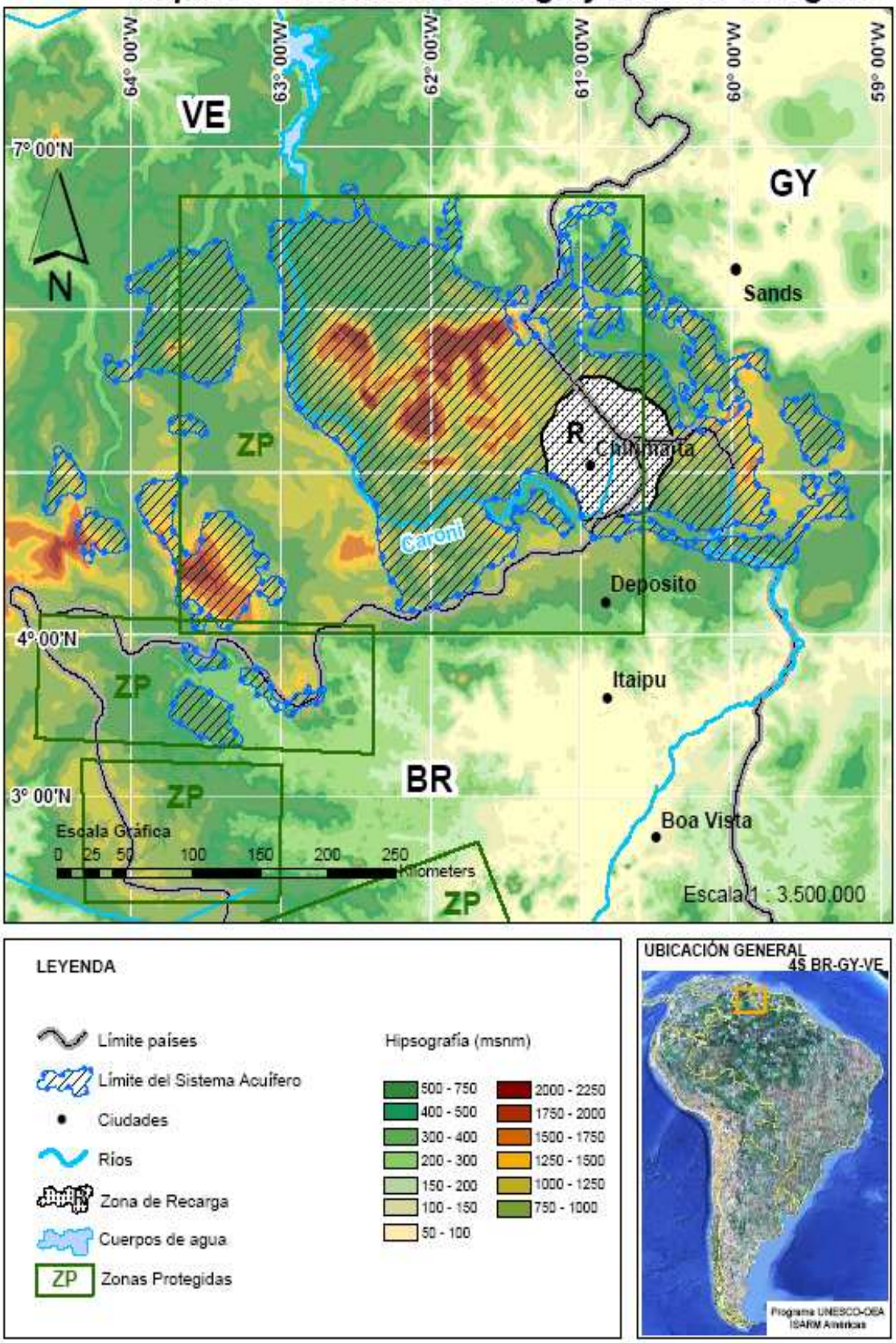
Hay constantes requerimientos de agua de la población indígena del área y hay competencia histórica por el aprovechamiento del recurso. Han habido intentos de adoptar medidas para la protección de la recarga de los acuíferos (Colombia), hasta ahora sin acuerdos.

AUTORES Y FUENTES

Colombia: Preparado con la colaboración de Nelson Omar Vargas Martinez

Venezuela: Preparado con la colaboración de Fernando Decarli R.

Sistema Acuífero Transfronterizo Grupo Roraima
4S BR-GY-VE
Mapa 4S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



4S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO GRUPO RORAIMA BRASIL-GUYANA-VENEZUELA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

La población que se encuentra sobre el sistema acuífero en Venezuela es de aproximadamente 100.000 habitantes, según datos del año 2001, considerando una extensión de 400 km^2. En Brasil, el área que abarca el Sistema Acuífero Roraima es de 70.000 km^2 y una población estimada de 20.000 habitantes (parte de los municipios de Pacaraíma y todo el de Uiramutâ, dados del Censo de IBGE, 2009).

1.2 Características del acuífero

Se trata de un acuífero local, constituido por areniscas arcósicas, tufos, siltitos y conglomerados paleoproterozoicos. No se tienen informaciones hidrogeológicas e hidrológicas.

En Venezuela, el Sistema Acuífero Transfronterizo Roraima, está localizado al sureste del Estado Bolívar, corresponde a la Cuenca Alta del Río Caroní y limita con los países Brasil y Guyana. Gran parte del área es parque nacional (Gran Sabana) y su fisiografía es de una planicie elevada a más de 1.000 m en la Cuenca del Caroní y alineadas por el Monte Roraima y la Sierra Pacarima. Desde el punto de vista hidrogeológico corresponde a la Provincia de Guayana, subprovincia Roraima, con una superficie aproximada de 400 km^2. La característica general de las aguas subterráneas son las siguientes: tienen su ocurrencia principalmente en rocas fisuradas, constituidas por areniscas y conglomerados, rocas clásticas bien cementadas, poco o no metamorfizadas, generalmente de permeabilidad variable, frecuentemente baja a media.

La recarga se produce en áreas de afloramiento.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

En Brasil, si bien no hay informaciones sistematizadas, la mayoría de la población es urbana, concentrándose en las ciudades de Uiramutã y Pacaraima respectivamente, con 7.742 y 9.019 habitantes, según el censo de IBGE de 2008. En Venezuela, mientras tanto, el 25% de la población es urbana y se encuentra en las ciudades turísticas Santa Elena de Uairen y Uadaparú.

Con respecto a la población indígena, en Brasil se ubica en unos 16.000 habitantes (destacándose la Raposa Terra do Sol). Por otra parte, Venezuela indica que el porcentaje de población indígena es alto, sin llegar a cuantificarlo.

2.2 Usos

En Brasil, en lo que respecta a los recursos hídricos subterráneos, predomina el dominio fracturado, capaz de atender pequeñas demandas de agua con buena calidad, eventualmente con alto tenor de Fe (0,3 mg/l), como en la región de Pacaraima.

En la Región Hidrográfica Amazónica, el agua subterránea es utilizada casi exclusivamente para el abastecimiento humano. Aunque no se dispone de informaciones precisas, se puede decir con cierta seguridad que el volumen de agua destinado a otros usos (riego, agropecuaria, industria, etc.) es inferior al 10% del total. (PNRH, Cuadernos Regionales, 2006).

En Venezuela, no hay aprovechamientos, solo pozos excavados artesanales para consumo doméstico, ya que el agua superficial es abundante.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Buena, pero altamente susceptible a la contaminación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Aunque constituido por rocas sedimentarias, potencialmente porosas, debido a procesos geológicos y tectónicos ocurridos a lo largo de la historia del planeta, hay tendencia a que la porosidad primaria esté disminuida, debido a la cementación de los poros, comportándose de esa forma como un acuífero intergranular/fracturado. (ZEE RCERR, 2003).

En la tierra indígena Raposa/Serra do Sol, con una población indígena de 15.834 personas (154 comunidades), hay un uso indiscriminado de agrotóxicos por plantadores de arroz localizados dentro del territorio indígena, en las vegas de los ríos Surumu y Cotingo, afectando 1.000 personas de las comunidaddes de Limão, Pedra do Sol, São Jorge, Copaíba, Juazeiro, Repouso, Jawari, Coqueirinho y Cedro. Entre los daños ambientales causados por los arrozales de la región, están el drenaje de áreas de vega, lagos y pequeños cursos de agua, y la emisión de grandes cantidades de agrotóxicos y fertilizantes con impacto sobre los recursos pesqueros y las aves.

Hay también contaminación de fuentes de agua por el mercurio de yacimientos activos y ya inactivos en las regiones del Río Mau y Quinó, afectando 1.200 personas de las comunidades de Caju, Maloquinha, Pedra Preta, Uiramutã y Lage. (INESC, junio, 2004).

3.3 Otras fuentes de agua

A escala regional, los ríos de la cuenca amazónica están relativamente libres de contaminaciones provenientes de fuentes tanto domésticas como industriales y agrícolas, principalmente debido a los grandes volúmenes de los ríos de la región. Mientras tanto, a escala local, son importantes las contaminaciones provenientes de la

urbanización, ya que en las ciudades de la región norte, apenas el 4,5% de las aguas servidas a la población son tratadas y no hay en general saneamiento básico.

En puntos específicos hay contaminación de ríos por mercurio proveniente de la actividad minera, aunque sean relatados lugares de origen natural (background). Por lo tanto, la única fuente confiable de abastecimiento es el agua subterránea, mientas sea monitoreada.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El ciclo hidrológico es considerado el principal indicador de cambios globales en la región. Las series de largo período describiendo los niveles de agua y caudales de los ríos, no indican, hasta el presente, ningún cambio atribuible a los cambios globales. Mientras tanto, es altamente probable que el ciclo en áreas intensamente deforestadas esté cambiando y tornando más seco, durante la estación seca comparada a años anteriores. (GIWA 2004).

La demostración más tangible de las alteraciones del ciclo hidrológico resultante de los cambios globales observados en la Amazonia, es la reducción significativa de la cobertura de nieve en la Montaña Antisana, en Ecuador. (Galarraga-Sanchez, inf. Pess., GIWA, 2004).
www.unep.org/dewa/giwa/areas/reports/r40b/giwa_regional_assessment_40b.pdf

Con respecto al futuro, se prevé la disminución de precipitaciones.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Brasil, el Monte Roraima, punto de frontera triple entre Brasil, Venezuela y Guyana, con altitud de 2.875 metros, constituye una característica formación geológica en forma de mesa o tepuy, cuyas escarpas verticales con más de 500 metros de altura son formadas por roca arenisca. Representa un marco de la estratigrafía del Supergrupo Roraima, una cuenca sedimentaria de edad paleoproterozoica del Escudo de las Guyanas, norte del Cratón Amazónico. Es la cabecera de importantes ríos que drenan el Brasil, Venezuela y Guyana, corroborando el nombre indígena por el cual es conocido de “madre de todas las aguas”, donde en el contacto entre las formaciones permeables e impermeables se forman diversas cascadas. (SIGEP 038, Reis, 2006).

En cuanto a la cobertura original**,** el Bosque Tropical Amazónico está compuesto de tipos complejos de vegetación, tales como bosques de altura, cerrado, campos de roraima, sabanas encharcadas y bosque encharcado.

De acuerdo con informes del Inpe (PRODES), hasta enero de 1978, el área deforestada acumulada en los estados incluidos en la Región Hidrográfica Amazónica correspondía a 85.100 km^2 (2,2% del área total). En 1999, se registraba un área deforestada de

440.630 km^2 (11,7% del total). Para los años de 1999 a 2000, las tasas de deforestación fueron de 17.259 y 19.836 km^2/año, respectivamente, habiendo superado los 23.000 km^2/año, a partir de 2001, mas en los últimos años estos valores han disminuido. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006). No hay datos específicamente para la región del acuífero.

En Venezuela, las unidades de paisaje están representadas por tierras naturales, escasas zonas productivas de agricultura y centros urbanos, Hay desarrollos de actividades mineras y navegación fluvial. Zonas de sabanas y selvas con suelos meteorizados. Por su parte, la cobertura original presentaba gran porcentaje de tierras naturales, zona selvática y macizos montañosos.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Sobre el área del sistema acuífero se presentan algunas zonas con actividad minera, turística y cultivos de subsistencia. El principal cultivo es el de arroz.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la Región Hidrográfica Amazónica (Brasil), existen cerca de 170 unidades de conservación registradas. Específicamente en este acuífero se destaca la presencia del Parque Nacional Monte Roraima.

El Parque Nacional Canaima, cubre practicamente todo el acuífero en lado de Venezuela con 300.000 ha de superficie.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Diversos ecosistemas son dependientes de las aguas subterráneas, pudiendo destacarse áreas encharcadas.

Los principales ríos que bañan la región son el Surumu, Cotingo y Parimé.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Brasil: Existe el Zoneamiento Económico-Ecológico (ZEE) de la región central del Estado de Roraima, realizado por CPRM en 2003.

Venezuela: Es una zona protectora de seguridad nacional para las fuentes hidroeléctricas.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 4S/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Brasil:** Dependencia baja del uso del agua del acuífero.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Brasil:** Agricultores, criadores de ganado, indios, poblaciones urbanas, etc. Los ecosistemas también tendrían pérdidas inestimables. No hay datos indicando valores de estas pérdidas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En el objetivo de los tratados internacionales se resalta el Tratado de Cooperación Amazónica, firmado en 1978 y en vigor desde 1980, por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. En Brasil, fue promulgado por el Decreto nº 85.050, de 18 de agosto de 1990. Este tratado tiene como objetivo el desarrollo armónico de los territorios de la región amazónica, con preservación del medio ambiente, conservación y uso racional de los recursos naturales y la investigación científica e intercambio de informaciones entre los países, a fin de ampliar el conocimiento sobre los recursos de la región.

En 1995, las ocho naciones decidieron crear la OTCA para fortalecer e implementar los objetivos del tratado. La enmienda al TCA fue aprobada tres años después y la secretaría permanente se estableció en Brasilia en diciembre de 2002. Todas las interacciones se basan en mutua colaboración.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestatales y de alcance local. Existe también en el PNRH el Programa X - Gestión Ambiental de Recursos Hídricos de la Cuenca Amazónica.

AUTORES Y FUENTES

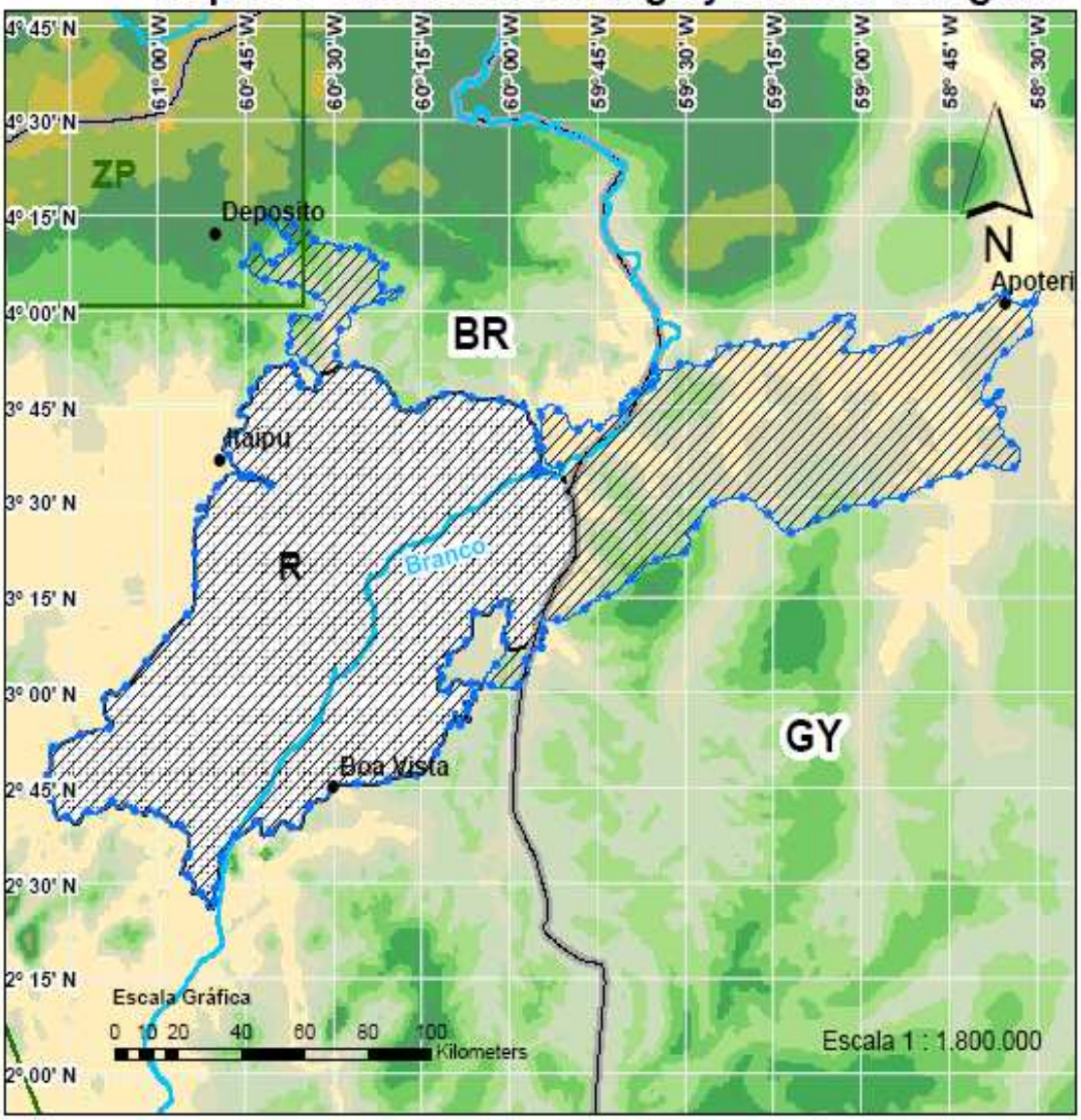
Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Thadeu Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva y Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas).

Venezuela: Preparado con la colaboración de: Fernando Decarli R.

Sistema Acuífero Transfronterizo Boa Vista-Serra do Tucano-North Savanna

5S BR-GY

Mapa 5S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50

UBICACIÓN GENERAL 5S BR-GY

5S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO BOA VISTA-SERRA DO TUCANO-NORTH SAVANNA
BRASIL-GUYANA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Boa Vista-Serra do Tucano-North Savanna se encuentra ubicado en el Estado de Roraima en la frontera con Guyana, Cuenca del Alto Río Branco (Cuenca Amazónica). Presenta una extensión aproximada de 24.000 km^2, 14.000 km^2 en Brasil y 10.000 km^2 en Guyana.

Abarca las poblaciones roraimenses de Boa Vista, Bonfim, Cantá, Alto Alegre y Normandia, y el distrito guayanense de Rupununi-Esssequibo. Aparte de estas poblaciones, también comprende las tierras indígenas (Macuxis) Manoa-Pium, Moscou, Canauanim, Moriuh, Malacacheta, Tabalascada, Jabuti, Bom Jesús, entre otras en territorio brasileño e Iupucari, Caranambo y Parishara (Uapixanas) en territorio guayanense.

En Brasil hay 266.901 habitantes en Boa Vista y 44.400 en los municipios vecinos sobre el acuífero. (IBGE, 2009).

1.2 Características del acuífero

Cuaternario**:** depósitos aluvionares, Formación Areia Branca, constituida de depósitos de dunas eólicas activas o fósiles.

Neógeno**:** Formación Boa Vista constituida de sedimentos de areniscas arcósicas, conglomerádicas, arcilla, limo y arena fina a gruesa con origen coluvio-aluvionar. La Formación Boa Vista está subyacente a la Formación Serra do Tucano (de edad Mesozoica), que está constituida por areniscas cuarzosas, arcósicas y conglomerádicas fluviales, siltitos y arcillitas. Formación Apoteri, constituida de derrames de basaltos y andesitas.

Se considera que la zona de recarga del sistema corresponde a toda su área de extensión, la cual viene siendo comprometida con la impermeabilización de la ciudad (asfaltado).

1.3 Explotación y caudales

Este sistema acuífero es predominantemente libre, con porciones semiconfinadas y presenta variaciones de caudales medios aproximados de 30 m^3/h y una elevada capacidad específica, con valores de transmisividad del orden de 1,3 a 3 x 10^{-2} m^2/s y permeabilidad de 6,7 a 8 x 10^{-4} m/s. Es bastante vulnerable, ya que en Brasil se observa una tendencia de expansión de la frontera agrícola.

El caudal de producción media de los pozos de la Companhia de Abastecimento de Roraima (CAER) en el área urbana de Boa Vista es de 50 m^3/h y el caudal específico medio es de 3,5 $m^3/h/m$ (ZEE RCERR, 2003).

En Brasil, de las 15 sedes municipales, 87% se abastecen parcial o totalmente por agua subterránea, siendo que 47% son totalmente abastecidas. 98% de la población urbana es atendida por la CAER, siendo 70% del agua subterránea. (ZEE RCERR, 2003).

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción brasileña es de 266.901 habitantes, en la ciudad de Boa Vista y de 44.400 en los municipios vecinos. La población indígena estimada es de 14.074 habitantes, distribuidos en aldeas de Makuxi, Wapixana, Yanomani y Aturaiu.

2.2 Usos

El agua subterránea es utilizada para el abastecimiento humano, principalmente de la capital de Roraima-Boa Vista (70%), siendo utilizada también para la agricultura. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006 y ZEE RCERR, 2003).

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Buena, pero altamente susceptible a la contaminación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Los cambios en la disponibilidad y calidad son verificados en puntos específicos (Boa Vista). Se trata de un acuífero libre con elevada vulnerabilidad natural y elevado potencial de contaminación debido a pozos mal construidos, ausencia o inadecuada protección sanitaria, abandono de pozos sin realizar el sellado correspondiente y carencia de saneamiento básico. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006).

Aproximadamente 17% de la población urbana de Boa Vista no tiene red de saneamiento y son comunes pozos sin tapa.

Fueron realizados levantamientos en la región de Boa Vista y la región este presenta mayores conductividades (tenor de sales disueltas), con valores de 50 µS/cm y altos índices de nitrato en la región con valores arriba de 2 mg/l, (ubicándose dentro de los más altos) lo que fue relacionado con la infiltración de aguas servidas y fosas domésticas. (ZEE RCERR, 2003).

3.3 Otras fuentes de agua

A escala regional, los ríos de la cuenca amazónica están relativamente libres de contaminaciones provenientes de fuentes tanto domésticas como industriales y agrícolas, principalmente debido a los grandes volúmenes de los ríos de la región. Mientras tanto, a escala local son importantes las contaminaciones provenientes de la urbanización, ya que en las ciudades de la región norte, apenas el 4,5% de las aguas servidas a la población son tratadas y no hay en general saneamiento básico.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El ciclo hidrológico es considerado el principal indicador de cambios globales en la región. Las series de largo período describiendo los niveles de agua y caudales de los ríos, no indican, hasta el presente, ningún cambio atribuible a los cambios globales. Mientras tanto, es altamente probable que el ciclo en áreas intensamente deforestadas esté cambiando y tornando más seco, durante la estación seca comparada a años anteriores. (GIWA 2004).

La demostración más tangible de las alteraciones del ciclo hidrológico resultante de los cambios globales observados en la Amazonia, es la reducción significativa de la cobertura de nieve en la Montaña Antisana, en Ecuador. (Galarraga-Sanchez, inf. Pess., GIWA, 2004).

www.unep.org/dewa/giwa/areas/reports/r40b/giwa_regional_assessment_40b.pdf

Con respecto al futuro se prevé la disminución de precipitaciones.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

El relieve es extremadamente plano a levemente ondulado. Localmente hay presencia de colinas.

La cobertura original viene dada por el Bosque Tropical Amazónico, compuesto de tipos complejos de vegetación, tales como bosques de altura, cerrado, campos de roraima, sabanas encharcadas y bosque encharcado.

De acuerdo con informes del Inpe (PRODES), hasta enero de 1978, el área deforestada acumulada en los estados incluidos en la Región Hidrográfica Amazónica correspondía a 85.100 km^2 (2,2% del área total). En 1999, se registraba un área deforestada de 440.630 km^2 (11,7% del total). Para los años de 1999 a 2000, las tasas de deforestación fueron de 17.259 y 19.836 km^2/año, respectivamente, habiendo superado los 23.000 km^2/año, a partir de 2001, mas en los últimos años estos valores han disminuido. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006). No hay datos específicamente para la región del acuífero.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la Región Hidrográfica Amazónica (Brasil), existen cerca de 170 unidades de conservación registradas. Específicamente en este acuífero se destaca la Reserva Particular del Patrimonio Natural de Tupaquiri.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Diversos ecosistemas son dependientes de las aguas subterráneas, pudiendo destacarse áreas encharcadas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

La principal ciudad con plan director aprobado es Boa Vista. Existe también el Zoneamiento Económico-Ecológico (ZEE) de la región central del Estado de Roraima, realizado por CPRM en 2003.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 5S/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Brasil:** Dependencia media del uso del agua del acuífero.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Brasil:** Agricultores, criadores de ganado, indios, poblaciones urbanas, etc. Los ecosistemas también tendrían pérdidas inestimables. No hay datos indicando valores de estas pérdidas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En el objetivo de los tratados internacionales se resalta el Tratado de Cooperación Amazónica, firmado en 1978 y en vigor desde 1980, por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. En el Brasil, fue promulgado por el Decreto nº 85.050, de 18 de agosto de 1990. Este tratado tiene como objetivo el desarrollo armónico de los territorios de la región amazónica, con preservación del medio ambiente, conservación y uso racional de los recursos naturales y la investigación científica e intercambio de informaciones entre los países, a fin de ampliar el conocimiento sobre los recursos de la región.

En 1995, las ocho naciones decidieron crear la OTCA para fortalecer e implementar los objetivos del tratado. La enmienda al TCA fue aprobada tres años después y la secretaría permanente se estableció en Brasilia en diciembre de 2002. Todas las interacciones se basan en mutua colaboración.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

Existe también en el PNRH el Programa X - Gestión Ambiental de Recursos Hídricos de la Cuenca Amazónica.

AUTORES Y FUENTES

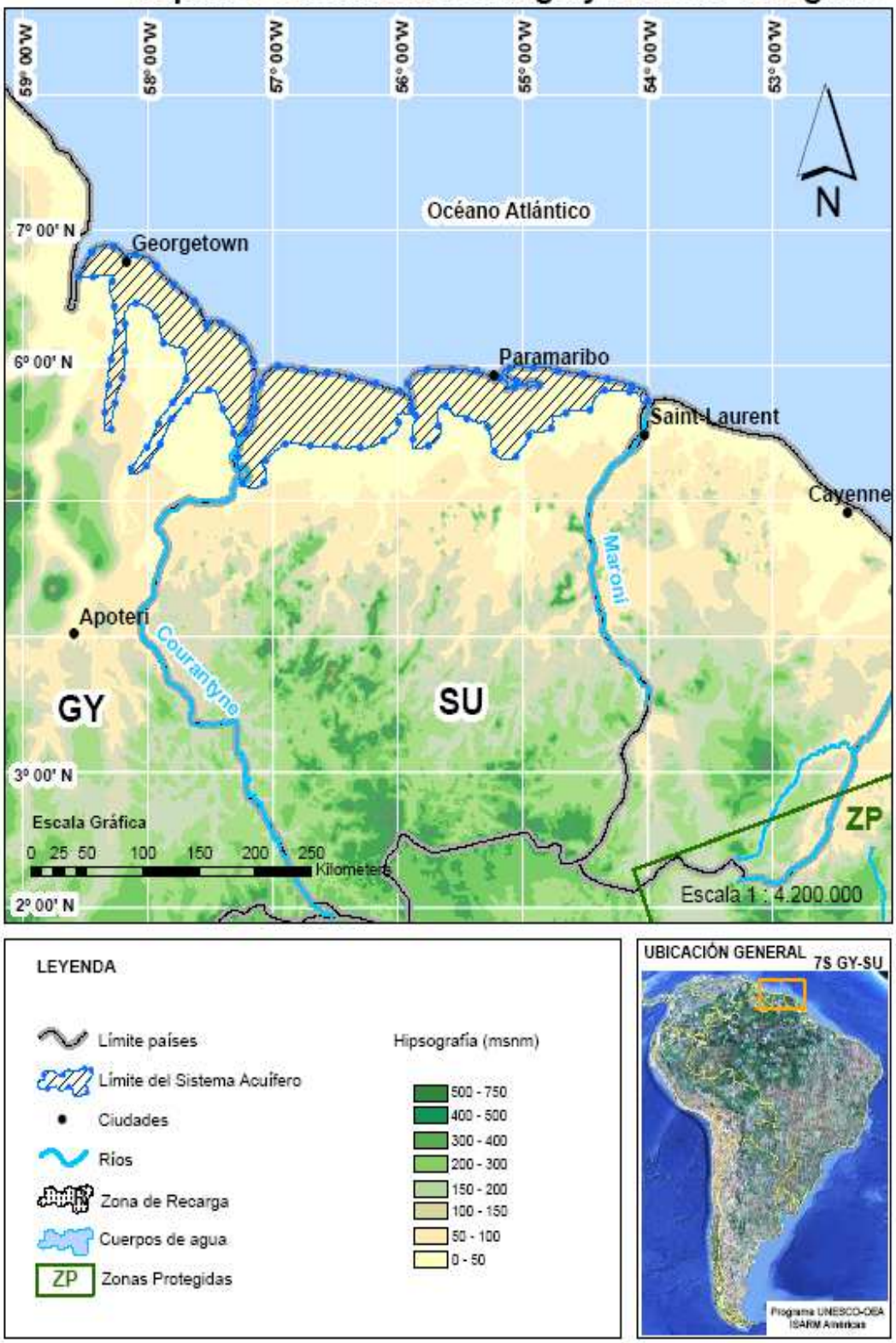
Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Thadeu Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva y Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas).

Sistema Acuífero Transfronterizo Zanderij
6S GY-SU

Mapa 6S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas

Sistema Acuífero Transfronterizo Coesewijne
7S GY-SU

Mapa 7S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



Sistema Acuífero Transfronterizo A-Sand / B-Sand
8S GY-SU
Mapa 8S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas

6S-7S-8S SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ZANDERIJ / COESEWIJNE/ A-SAND/ B-SAND GUYANA-SURINAM

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo de Guyana está ubicado al norte de Sudamérica en dos países: la República Cooperativa de Guyana y Surinam. El acuífero tiene una superficie de alrededor de 200.000 km², una mitad ubicada en el subsuelo de la costa y la otra mitad bajo el mar.

La población de Surinam es de 438.000 y en Guyana es de 768.000 habitantes.

1.2 Características del acuífero

El Sistema Acuífero de Guyana consiste en tres acuíferos, cuyos nombres son diferentes en Guyana y en Surinam (ver cuadro).

Geológicamente, el sistema es parte de sedimentos del Mesozoico-Terciario que rellenan la cuenca costera de Guyana. Los sedimentos que componen los acuíferos varían en edad, desde Oligoceno, Mioceno al Plioceno.

En la costa están cubiertos por sedimentos más recientes pertenecientes a la edad Holocena.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Cuadro 6S/1: Espesor de las unidades acuíferas

Guyana(G)	Espesor de los niveles (m)	Suriname (S)	Espesor de los niveles (m)
Arcilla superior Demarara	15-50 - 0-50	Demarara/Coropina	0-100 - 0-75
Arena Superior (*)	15-120 - 30-60	Zanderij (*)	50-150 - 0-230
Zona arcillosa intermedia	50-150 - 25-275	Coesewijne (**)	40-150 - 50-350
A-Sand (*)	15-200 - 200-300	A-Sand (*)	0-60 - 180-245
Alternancia de arena y arcilla	75-150 - 100-400	Onverdacht	50-200 - 230-500
B-Sand (*)	75 - 360-500	Sin nombre (*)	75 - 500-575

1.4 Explotación y caudales

El Acuífero Arena Superior (Upper Sand, Guyana) denominado Zanderij en Surinam, es el más superficial de los tres acuíferos; en Guyana no es usado como fuente de agua potable.

El Zanderij-S ha sido explotado desde el año 1935 en la parte que aflora y actualmente, a través de una tubería de 40 km contribuye al abastecimiento de la capital Paramaribo.

El Acuífero Coesewijne es parte de la formación constituida por alternancia de niveles de arena y arcilla (en Guyana), localizada entre los acuíferos A-Sand y B-Sand, y es utilizado para cubrir la demanda de agua en Surinam.

El Acuífero A-Sand es ampliamente usado para abastecer la demanda de agua.

El B-Sand es el más profundo de los tres acuíferos y es usado comúnmente en Guyana. En Surinam, se encuentra en la parte oeste del país a gran profundidad, por lo tanto no es utilizado para abastecimiento.

2. USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

La demanda de agua se basa principalmente sobre recursos hídricos superficiales y aguas subterráneas. Las aguas superficiales son usadas para agricultura, mientras que las aguas subterráneas son usadas solamente para consumo humano debido a su alta calidad y costos de extracción relativamente altos.

En áreas urbanas, aproximadamente el 95% de la población tiene acceso al agua potable (90% por medio de conexiones caseras). En las áreas rurales cerca del 70% de la población tiene agua potable en la casa.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

El Acuífero Arena Superior (Upper Sand, Guyana) denominado Zanderij en Surinam, presenta alto contenido de hierro (mayor a 5 mg/l) y salinidad (mayor a 1.200 mg/l).

El Acuífero A-Sand requiere tratamiento para extraerle el hierro.

El B-Sand tiene un bajo contenido en hierro, alta temperatura y trazos de sulfato hidrogenado el que puede ser tratado con aereación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Sin embargo, la explotación del agua subterránea del sistema acuífero no es una tarea sencilla y requiere de muchas precauciones, aún más por tratarse de un recurso no renovable, originado durante el Terciario y que desde entonces casi no ha sido recargado.

El ejemplo más evidente es el del Acuífero de Arena A, el cual abasteció a Paramaribo, la capital de Surinam durante medio siglo causando al final una gran disminución del nivel del agua y serias intrusiones de agua salina por el mar. Como consecuencia, hubo que buscar una nueva área de captación a 20 km al sur de la ciudad para poder asegurar la provisión de agua. Los estudios de prospección y la realización de la nueva planta de captación demoraron varios años y fueron necesarios financiamientos internacionales, entres los cuales está el del BID (Banco Interamericano de Desarrollo).

Aunque no existe riesgo de interferencia entre las áreas de captación del sistema acuífero, se necesita hacer un gran esfuerzo para asegurar un manejo consciente y bien implementado del recurso.

3.3 Otras fuentes de agua

La importancia del agua subterránea en las regiones tanto de Guyana como de Surinam es crucial y representa el único recurso de agua adecuado para abastecer a la población que está concentrada sobre todo en la región costera.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El clima es tropical, caliente y húmedo, moderado por los vientos cambiantes del noreste. Se caracteriza por 2 estaciones lluviosas, y una corta estación de lluvias - diciembre y enero en Surinam y a mediados de mayo y mediados de agosto en Guyana - y de una larga estación lluviosa. El promedio anual de precipitación pluvial es de aproximadamente 1.525 a 2.400 mm en el área costera de Guyana y la temperatura durante el día en Paramaribo (Surinam) varía entre 23° y 31° C con una temperatura promedio anual de 27° C.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

El perfil geográfico de la región se caracteriza por tener colinas redondeadas mayormente y una faja costera angosta y plana con pantanos. La vegetación está compuesta mayormente de bosque tropical con sabanas al sur de Guyana.

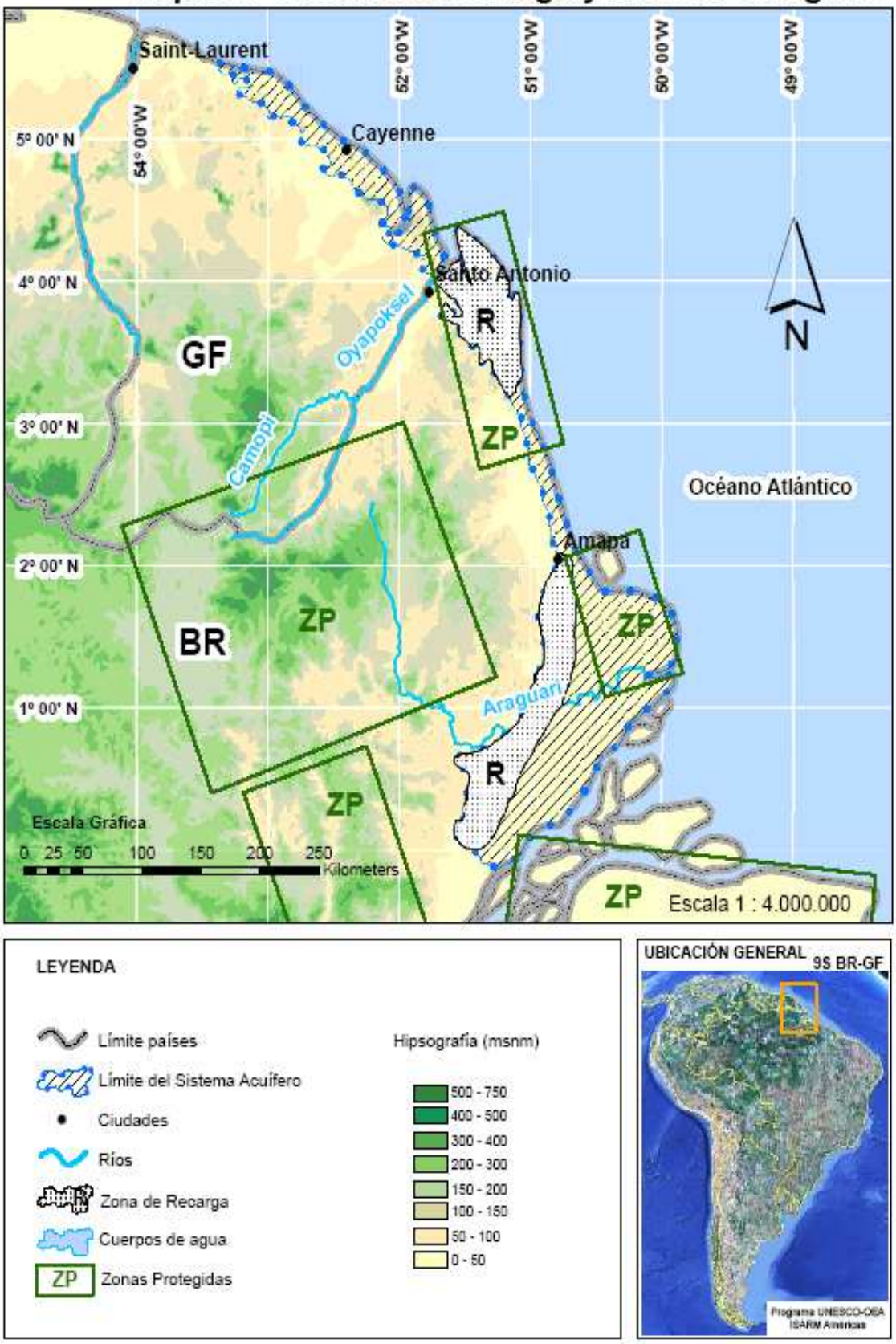
7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

En Guyana hay cerca de 15 agencias que se encargan de la administración, legislación, abastecimiento del recurso agua y sus funciones a menudo se superponen de manera directa o indirecta. En Surinam, el sistema de abastecimiento de agua en las áreas urbanas es gestionado por la Compañía de Agua de Surinam mientras que el Servicio de Suministro de Agua del Ministerio de Recursos Naturales y Energía es responsable de las áreas rurales.

AUTORES Y FUENTES

Preparado por Albert Mente, consultor en Aguas Subterráneas y Protección Ambiental.

Sistema Acuífero Transfronterizo Costeiro
9S BR-GF
Mapa 9S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



9S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO COSTEIRO BRASIL-GUAYANA FRANCESA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Costeiro se encuentra ubicado en el extremo norte de Brasil, Estado de Amapá, en la frontera con Guayana Francesa, con una extensión aproximada de 27.000 km^2. Algunos municipios de la región norte se abastecen de este acuífero.

1.2 Características del acuífero

El acuífero libre en toda su extensión con variaciones entre 20 a 200 m^3/h, está constituido por sedimentos aluvionales semi consolidados a no consolidados. En Brasil, se ha observado a nivel local la presencia de niveles de hierro elevado. La recarga se produce en áreas de afloramiento.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción brasileña está estimada en unos 54.000 habitantes según datos del 2008, siendo Macapá y Santo Antonio las principales ciudades. La principal aldea indígena es Karipuna con 3.665 habitantes.

2.2 Usos

En la Región Hidrográfica Amazónica el agua subterránea es utilizada casi exclusivamente para el abastecimiento humano.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Buena, pero altamente susceptible a la contaminación.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

El Acuífero Costeiro, como los otros acuíferos de la región amazónica, ha presentado limitaciones en términos microbiológicos principalmente en las áreas urbanas, debido a la elevada vulnerabilidad natural y elevado potencial de contaminación debido a pozos mal construidos, ausencia o inadecuada protección sanitaria, abandono de pozos sin sellar y carencia de saneamiento básico.

3.3 Otras fuentes de agua

A escala regional, los ríos de la cuenca amazónica están relativamente libres de contaminaciones provenientes de fuentes tanto domésticas como industriales y agrícolas, principalmente debido a los grandes volúmenes de los ríos de la región.

Mientras tanto, a escala local son importantes las contaminaciones, provenientes de la urbanización, ya que en las ciudades de la región norte, apenas el 4,5% de las aguas servidas a la población son tratadas y no hay en general saneamiento básico.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El ciclo hidrológico es considerado el principal indicador de cambios globales en la región. Las series de largo período describiendo los niveles de agua y caudales de los ríos, no indican, hasta el presente, ningún cambio atribuible a los cambios globales. Mientras tanto, es altamente probable que el ciclo en áreas intensamente deforestadas esté cambiando y tornando más seco, durante la estación seca comparada a años anteriores. (GIWA 2004).

La demostración más tangible de las alteraciones del ciclo hidrológico resultante de los cambios globales observados en la Amazonia, es la reducción significativa de la cobertura de nieve en la Montaña Antisana, en Ecuador. (Galarraga-Sanchez, inf. Pess., GIWA, 2004).
www.unep.org/dewa/giwa/areas/reports/r40b/giwa_regional_assessment_40b.pdf

Con respecto al futuro se prevé la disminución de precipitaciones.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

El relieve es extremadamente plano a levemente ondulado. Localmente hay presencia de colinas.

Cobertura original: el Bosque Tropical Amazónico está compuesto de tipos complejos de vegetación, tales como bosques de altura, cerrado, campos de roraima, sabanas encharcadas y bosque encharcado.

De acuerdo con informes del Inpe (PRODES), hasta enero de 1978, el área deforestada acumulada en los estados incluidos en la Región Hidrográfica Amazónica correspondía a 85.100 km^2 (2,2% del área total). En 1999, se registraba un área deforestada de 440.630 km^2 (11,7% del total). Para los años de 1999 a 2000, las tasas de deforestación fueron de 17.259 y 19.836 km^2/año, respectivamente, habiendo superado los 23.000 km^2/año, a partir de 2001, mas en los últimos años estos valores han disminuido.

(PNRH, Cadernos Regionais, 2006). No hay datos específicamente para la región del acuífero.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En la Región Hidrográfica Amazónica (Brasil), existen cerca de 170 unidades de conservación registradas. Específicamente en este acuífero se destacan el Parque Nacional Cabo Orange, Estación Ecológica Maracá-Jipioca y Área de Protección Ambiental do Arquipélago do Marajó.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Diversos ecosistemas son dependientes de las aguas subterráneas, pudiendo destacarse áreas encharcadas.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

La principal ciudad con plan director aprobado es Macapá (AP).

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 9S/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Brasil:** Dependencia media del uso del agua del acuífero.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Brasil:** Agricultores, criadores de ganado, indios, poblaciones urbanas, etc. Los ecosistemas también tendrían pérdidas inestimables. No hay datos indicando valores de estas pérdidas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En el objetivo de los tratados internacionales se resalta el Tratado de Cooperación Amazónica, firmado en 1978 y en vigor desde 1980, por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. En Brasil, fue promulgado por el Decreto nº 85.050, de 18 de agosto de 1990. Este tratado tiene como objetivo el desarrollo armónico de los territorios de la región amazónica, con preservación del medio ambiente, conservación y uso racional de los recursos naturales y la investigación

científica e intercambio de informaciones entre los países, a fin de ampliar el conocimiento sobre los recursos de la región.

En 1995, las ocho naciones decidieron crear la OTCA para fortalecer e implementar los objetivos del tratado. La enmienda al TCA fue aprobada tres años después y la secretaría permanente se estableció en Brasilia en diciembre de 2002. Todas las interacciones se basan en mutua colaboración.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero (enfoque que ha sido aprobado, motivaciones y medidas)

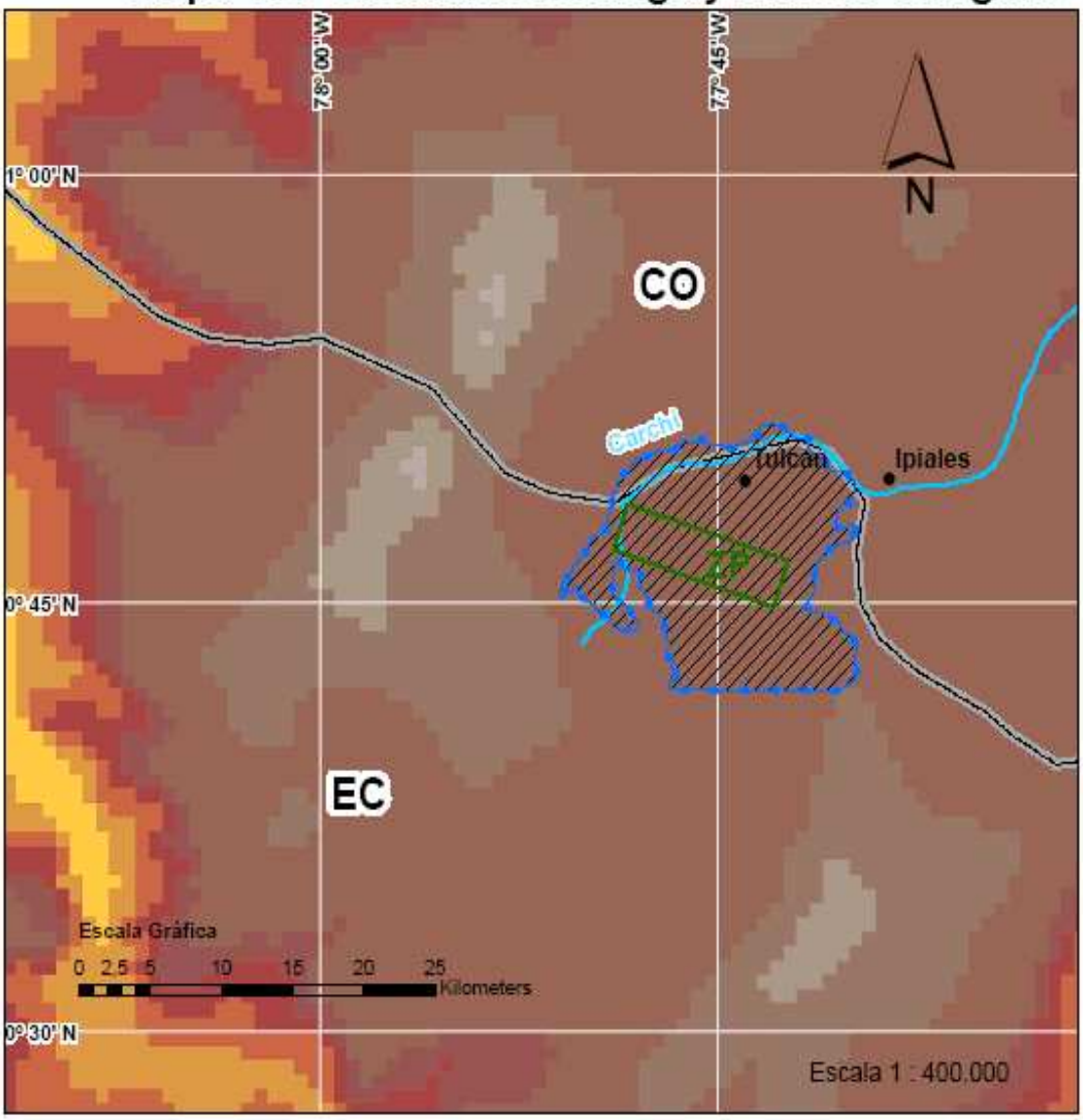
En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

Existe también en el PNRH el Programa X - Gestión Ambiental de Recursos Hídricos de la Cuenca Amazónica en elaboración.

AUTORES Y FUENTES

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeu Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva y Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas).

Sistema Acuífero Transfronterizo Tulcán-Ipiales
10S CO-EC
Mapa 10S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 4000 - 4500
- 3500 - 4000
- 3000 - 3500
- 2500 - 3000
- 2250 - 2500
- 2000 - 2250
- 1750 - 2000
- 1500 - 1750
- 1250 - 1500

10S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO TULCÁN-IPIALES COLOMBIA-ECUADOR

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Tulcán-Ipiales se localiza al sur de Colombia en el Departamento de Nariño sobre las poblaciones de Ipiales, Carlosama, Cumbal y Potosí, y al norte del Ecuador, en la Provincia del Carchi, en el Cantón Tulcán. Presenta un relieve de mesetas con pendientes generalmente moderadas. Las poblaciones en conjunto para ambos países son del orden de 150.000 habitantes, las cuales actualmente presentan déficit de agua tanto para consumo humano como para riego. El área del sistema acuífero en Colombia es de aproximadamente 1.560 km^2.

1.2 Características del acuífero

Geológicamente, en el área afloran rocas volcanoclásticas constituidas por lavas, cenizas, tobas y pumitas, intercaladas localmente con flujos de lodos originados por las glaciaciones del pleistoceno y la actividad volcánica del levantamiento de la Cordillera de los Andes. Los sedimentos de origen volcánico constituyen sistemas acuíferos de porosidad primaria o intergranular, con permeabilidades medias a bajas constituyendo potencialmente acuíferos de bajos rendimiento.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

El acuífero es poco conocido, sin embargo hay evidencias de que existe un acuífero superficial con una profundidad menor a los 30 m y otro a una profundidad superior a los 60 m.

Se estima que la recarga es por las precipitaciones sobre los 3.000 msnm, en las zonas de páramos.

1.4 Explotación y caudales

La explotación es baja. Su mayor utilización es por medio de pozos excavados con un estimado de 0,20 l/s. Las vertientes son las más utilizadas para riego y consumo humano. Existe una que abastece a Tulcán con 60 l/s.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población en la siguiente página.

Cuadro 10S/1: Datos de población

	Colombia	Ecuador
• **Total:**	128.718 habitantes	70.000 habitantes
• **Urbana:**	109.116 hab. (85%)	45.500 hab. (65%)
• **Rural:**	19.602 hab. (15%)	24.500 hab. (35%)

2.2 Usos

Las vertientes generalmente se utilizan para riego. No se conoce su producción. El agua en su mayor porcentaje es para consumo doméstico, por ejemplo Tulcán requiere aproximadamente 200 l/s y una sola vertiente proporciona ¼ del total.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Las aguas subterráneas se caracterizan por ser dulces, con baja salinidad, y presentan valores de conductividad menores a 500 µS/cm, con la excepción de los manantiales termo-minerales que tienen conductividades que superan localmente los 1.500 µS/cm.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

No se han evidenciado cambios significativos, sin embargo por ser una zona agrícola ganadera hay riesgo de contaminación.

3.3 Otras fuentes de agua

Actualmente el agua superficial es la más utilizada y al acuífero se lo considera una reserva.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Dentro de las probabilidades del cambio climático, se espera una disminución de la frecuencia en las precipitaciones pero un aumento en sus intensidades.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En la zona de recarga (mayor a los 3.000 msnm), son páramos (humedales); en la partes bajas (acuífero), son zonas productivas: agrícola (papas, maíz, hortalizas) y ganadera (leche y carne).

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los principales cultivos son el de papas, maíz, hortalizas y pastos.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Existe una amplia zona protegida (ecosistema) denominada Páramo de El Ángel.

7. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

No hay interacciones entre los países referidas a este sistema acuífero.

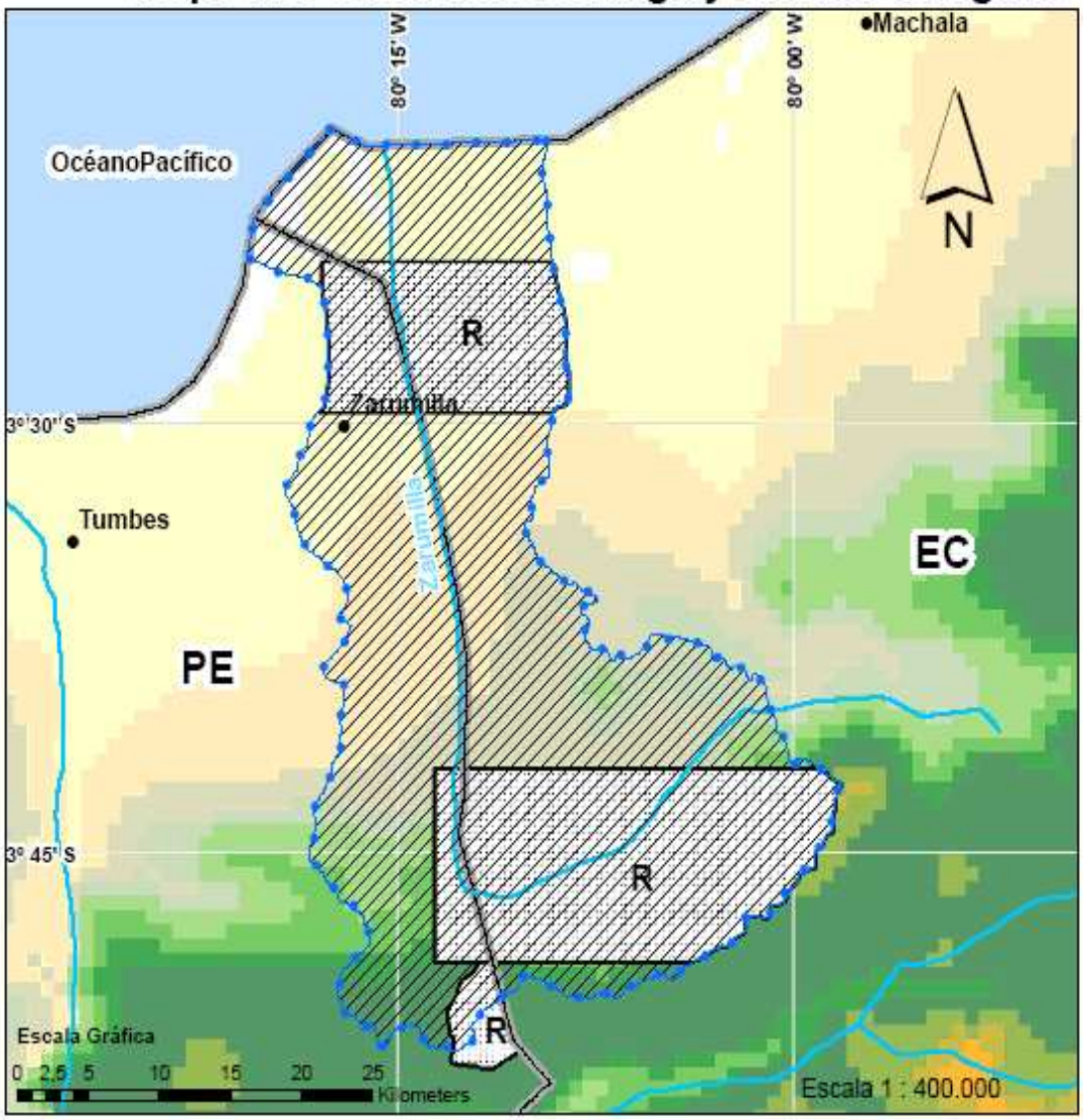
Como forma de mejorar la colaboración entre ambos, sería importante establecer las políticas y coordinar acciones necesarias para el desarrollo sustentable de las cuencas hidrográficas binacionales, con especial énfasis en las cuencas Mira, Mataje y Carchi-Guaitara.

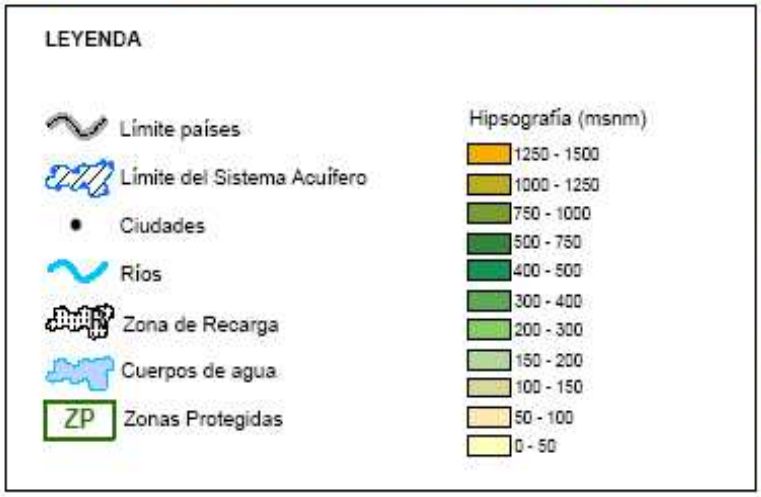
AUTORES Y FUENTES

Colombia: Preparado con la colaboración de Nelson Omar Vargas Martinez

Ecuador: Preparado con la colaboración de Napoleón Burbano O.

Sistema Acuífero Transfronterizo Zarumilla
11S EC-PE
Mapa 11S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





11S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ZARUMILLA ECUADOR-PERÚ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

Su ámbito se ha demarcado sobre la base de la Cuenca Superficial del Río Zarumilla, que involucra a los países de Perú y Ecuador, con una extensión de 374 km^2 en Perú (Provincia de Zarumilla, distritos Aguas Verdes, Zarumilla, Papayal y Matapalo) y 544 km^2 en Ecuador (Provincia de El Oro, cantones Huaquillas, Arenillas, las Lajas).

En Perú, la población aproximada sobre el área del sistema acuífero es de 26.754 habitantes.

1.2 Características del acuífero

En Perú, existen dos tipos de acuíferos. Uno de ellos es libre y superficial conformado por depósitos aluviales cuaternarios (terrazas), mientras que el otro es semiconfinado, ubicado a mayor profundidad y en depósitos terciarios de origen marino donde la napa se encuentra entrampada en horizontes no continuos y en bloques (Horst y Grabens), producto del intenso tectonismo ocurrido en épocas pasadas.

En Ecuador, bordeando a estos sedimentos se encuentran sedimentos fuertemente plegados y metamorfizados (lutitas, areniscas, cuarcita, gneis, filitas y esquistos) del Grupo Tahuin (pzt), lavas y piroclastos de la Formación Macuchi (Km). El cuaternario indiferenciado recubre casi totalmente a la unidad.

Ecuador define los siguientes componentes del sistema acuífero: acuífero del cauce aluvial (Q1), acuífero de los depósitos aluviales (Q2), complejo acuífero de los depósitos neógenos (Ng).

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Perú, la profundidad de los niveles freáticos varía entre 0,30 m y 21,32 m, llegando incluso hasta 44,96 m.

En Ecuador, la profundidad de los niveles freáticos es variable y fluctúa entre muy someros y en algunos casos superan los 20 m. El Neógeno (Ng) es considerado confinado.

1.4 Zonas de recarga

La recarga natural ocurre en las partes altas de la cuenca (sobre los 200 msnm), en territorio ecuatoriano y en forma secundaria en ambas márgenes y lecho del Río Zarumilla.

1.5 Explotación y caudales

En Perú, la explotación de las aguas subterráneas es de 6,15 hm^3/año, mientras que en Ecuador, la explotación de las aguas subterráneas es de 30 hm^3/año.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 11S/1: Población

	Perú	*Ecuador*
Población total	26.754 habitantes	45.000 habitantes
Población urbana y principales ciudades	22.870 hab. (85,48%) Concentrada en la ciudad de Zarumilla	40.500 hab. (90%) en centros urbanos Huaquilas
Población rural	3.884 hab. (14,52%)	4.500 hab. (10%)

2.2 Usos

En Perú los usos se distribuyen de la siguiente manera:

- Riego 3,60 hm^3 (58,72 %)
- Doméstico 2,53 hm^3 (4,28 %)
- Pecuario 0,02 hm^3 (0,15 %)

Mientras que en Ecuador, el acuífero es utilizado para riego y consumo humano, diferenciándose en:

- Pozos profundos: 85% consumo humano, 15% agricultura y otros
- Pozos someros: 90% riego, 10% consumo humano

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En todo el acuífero el agua del subsuelo varía de aceptable a mala calidad (1.230 – 3.930 µS/cm), según el nivel considerado. En el Neógeno (Ng) las aguas presentan buena calidad CE < 1.200 µS/cm, mientras que en el Cuaternario (Q1) los valores >3.000 µS/cm indican mala calidad, según lo indicado por Ecuador.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Perú, el acuífero es poco explotado (6,15 hm^3), debido a la complejidad que presenta. De allí que mayormente se extraiga agua del acuífero conformado por depósitos sedimentarios terciarios de origen marino, cuya napa se encuentra entrampada en horizontes no continuos y en bloques (Horst y Grabens) producto del fuerte tectonismo acaecido en épocas pasadas. Debe indicarse que mayormente las aguas son de mala calidad, aunque existen horizontes de aceptable calidad que son aprovechados.
Las aguas subterráneas explotadas del acuífero superficial están siendo contaminadas por nitritos, producto de basurales, desagües, letrinas, etc.

En Ecuador, los pozos someros del cuaternario se hallan sujetos a contaminación orgánica, ya que no cuentan con protección y por ende están más expuestos. Los pozos perforados profundos están menos expuestos a la contaminación y son usados para consumo humano.

3.3 Otras fuentes de agua

El Río Zarumilla (límite natural entre Ecuador y Perú) es el recurso principal para las actividades productivas de la región, sin embargo su caudal disminuye ostensiblemente en los períodos anuales de sequía.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El clima es árido en las zonas planas y monzón tropical en las áreas montañosas, influenciado por la zona de convergencia intertropical y la corriente antártica o fría de Humboldt. La temperatura promedio es de 25-26 ºC, mientras que en verano la temperatura se eleva hasta los 38 ºC.

El año hidrológico se divide en dos estaciones: húmeda, de diciembre a mayo (la cual recarga al acuífero superficial); y seca, de junio a noviembre.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Los pronósticos meteorológicos indican que en el Valle de Zarumilla aumentará la temperatura y en consecuencia disminuirá la precipitación pluvial, a causa del calentamiento global por lo que se reducirá la disponibilidad del recurso hídrico.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías (con meses con ausencia casi total de precipitaciones), han tenido un impacto negativo sobre la recarga del acuífero. Solo cuando se presenta el fenómeno de El Niño se producen inundaciones (desborde del Río Zarumilla) producto de las intensas y torrenciales lluvias provocando daños en todos los sectores.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Perú, la explotación del acuífero es prioritaria cuando se producen fenómenos como El Niño ya que éste provoca la destrucción de alcantarillas y todo el sistema de desagües en la ciudad.

En Ecuador, la explotación del acuífero, es en general independiente de los fenómenos naturales extremos, sin embargo su mayor uso es en época de sequía (6 a 8 meses al año).

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las principales unidades de paisaje son los bosques secos tipo sabana, de lomada y de montaña. En los bosques se desarrollan los pastos naturales y especies de flora y fauna. La cobertura natural del terreno es de carácter boscoso, muy seco tropical con montes espinosos y matorral desértico.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Para los dos países, los usos actuales del suelo son: urbano y agrícola en el valle.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Perú, los principales cultivos del subdistrito de riego del Valle Zarumilla, son:

- plátano guineo (1.197 ha) = 80,50 %
- maíz amarillo (127,27 ha) = 8,60 %
- frijol (18,85 ha) = 1,30 %
- otros (144,20 ha) = 9,60 %

En Ecuador, los principales cultivos son de ciclo corto como maíz, frijol, banano, y otros de subsistencia.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

No existe ningún plan de ordenamiento territorial, para ninguno de los dos países, así como tampoco existe un plan de manejo de los recursos hídricos para el acuífero transfronterizo.

Al no existir un plan de manejo de recursos hídricos subterráneos, no existen medidas, pero sería necesario optar por el acuífero profundo ubicado en depósitos terciarios, para mejorar e incrementar el agua.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 11S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	Para los dos países el beneficio económico lo representa la actividad productiva ligada a la agricultura, debido a que productos como el banano orgánico es exportado, para lo cual utilizan las aguas subterráneas en época de estiaje (ocho meses).
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	La economía local, para los dos países, depende principalmente de la agricultura, la cual utiliza el agua del acuífero en época de estiaje.

Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Perú:** No se tiene ninguna estimación. **Ecuador:** Las poblaciones rurales son pobres, y la población urbana en un alto porcentaje tiene niveles altos de pobreza.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	La escasez de los recursos hídricos subterráneos ocasionará deterioro económico en la población que depende de la agricultura en ambos países.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En función de lo establecido en el Acuerdo Amplio Ecuatoriano-Peruano de Integración Fronteriza, suscrito en Brasilia el 26 de octubre de 1988, y con el fin de enfrentar los requerimientos de suministros actuales de agua y satisfacer la demanda futura, organismos como la OEA y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), promueven la realización de estudios encaminados a la investigación de aguas subterráneas. Bajo esta premisa, el OIEA, en el marco del Proyecto Regional RLA/8/031, comprometen a los entes de desarrollo regional: Proyecto Binacional Puyango Tumbes en Perú y Subcomisión Ecuatoriana para el Aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacional Puyango Tumbes (PREDESUR) para que ejecuten el Estudio de Caracterización del Acuífero Binacional Zarumilla.

El intercambio de información es escaso y por lo tanto es poco lo realizado en la gestión del acuífero. En el lado peruano el Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA, hoy Autoridad Nacional del Agua, ha realizado el estudio hidrogeológico del Valle Zarumilla, incidiendo en la geofísica a través de sondeos TDEM (500 sondeos) que ha permitido investigar tanto los depósitos cuaternarios como terciarios.

Los convenios y tratados binacionales son los mecanismos idóneos que permitirán una efectiva gestión y colaboración para el desarrollo de las zonas fronterizas.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En el Perú, actualmente, ante la escasez de las aguas superficiales y al haber estudios hidrogeológicos del acuífero, el gobierno regional ha iniciado una campaña de perforación de pozos cuyas aguas serán utilizadas con fines de riego y poblacional.

Manejar eficientemente los recursos hídricos subterráneos, promoviendo el uso de técnicas isotópicas, así como promover el desarrollo de las instituciones científicas y técnicas nacionales para el uso de técnicas nucleares en el manejo de recursos hídricos.

Promover la cooperación horizontal entre los países de la región.

AUTORES Y FUENTES

Perú: Preparado con la colaboración de Edwin Zenteno Tupiño

Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA hoy Autoridad Nacional del Agua-ANA.

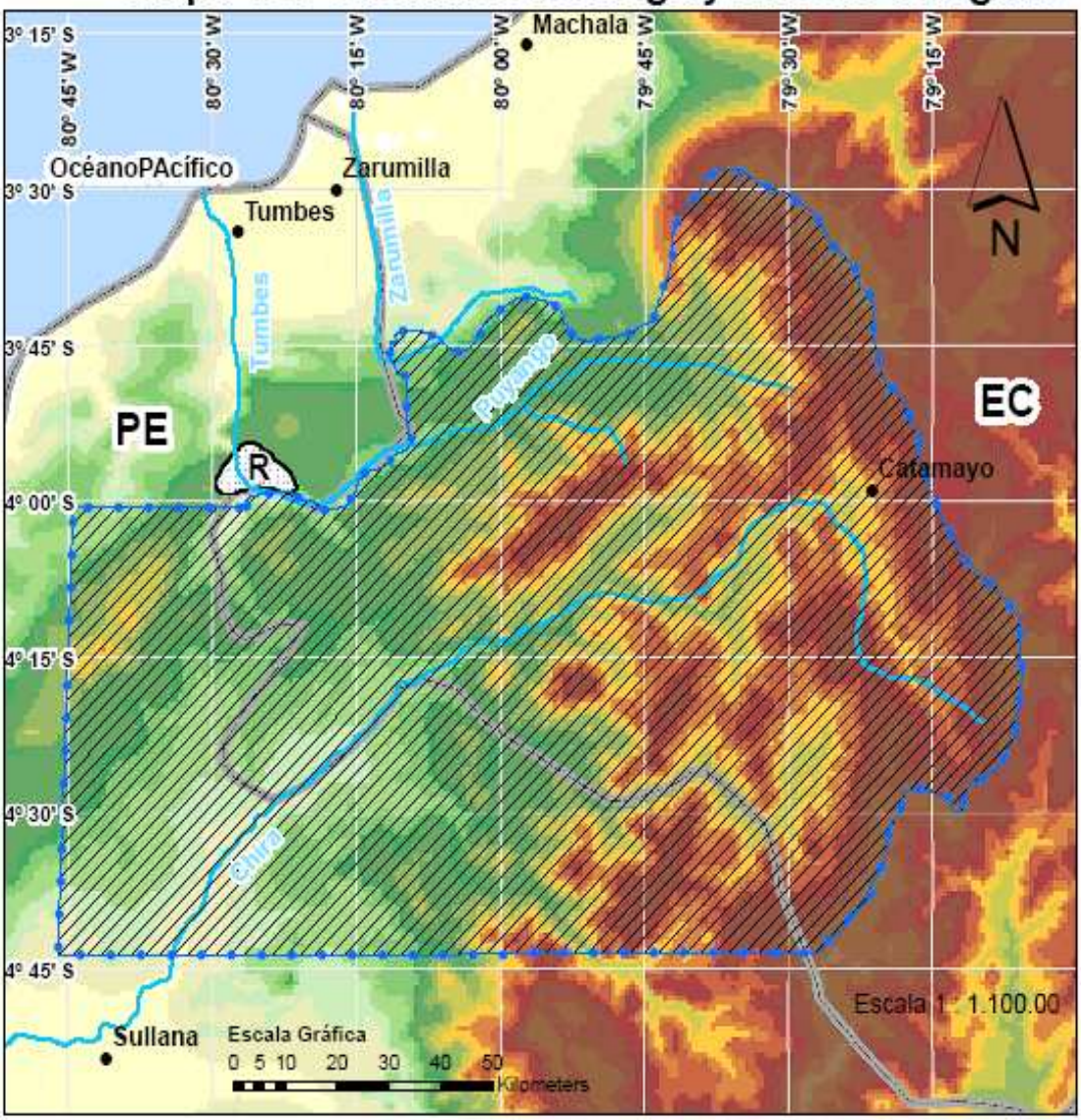
Referencias: Estudio Hidrogeológico del Valle Zarumilla-2003

Ecuador: Preparado con la colaboración de Napoleón Burbano O

Sistema Acuífero Transfronterizo Puyango-Tumbes-Catamayo-Chira

12S EC-PE

Mapa 12S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



12S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PUYANGO-TUMBES-CATAMAYO-CHIRA
ECUADOR-PERÚ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

La extensión del sistema acuífero en Perú es de aproximadamente 1.895 km^2 (Tumbes) mientras que en Chira tiene una longitud de 170 km. La población aproximada en Tumbes es de 115.406 habitantes y de 525.611 habitantes en Chira.

1.2 Características del acuífero

En Perú, en Tumbes, existe un acuífero libre y superficial en depósitos aluviales cuaternarios, y otro semiconfinado ubicado a mayor profundidad y en depósitos terciarios de origen marino, donde la napa se encuentra entrampada en horizontes no continuos y en bloques (Horst y Grabens) producto del intenso tectonismo ocurrido en épocas pasadas. En Chira, el acuífero corresponde principalmente a depósitos cuaternarios sueltos, existiendo la posibilidad de ubicar uno profundo en depósitos terciarios.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Perú, en el Acuífero Tumbes, la profundidad de los niveles freáticos varía entre 0,40 m y 18,18 m, llegando incluso hasta 38,18 m, mientras que en Chira fluctúa entre 5 y 9 m en el acuífero superficial de origen cuaternario.

1.4 Zonas de recarga

La recarga natural principal se da en la parte alta de la cuenca en territorio ecuatoriano y en forma secundaria en territorio peruano, en ambas márgenes de los ríos Tumbes y Chira y en áreas de cultivo.

1.5 Explotación y caudales

En Perú, en Tumbes, la explotación de las aguas subterráneas es de 1,82 hm^3 mientras que en Chira es de 1,32 hm^3.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción peruana está estimada en unos 115.406 habitantes en Tumbes y 525.611 en Chira, de los cuales 104.124 habitantes integran la fracción urbana, en la ciudad de Tumbes, 287.680 habitantes en Sullana y 129.396 habitantes en Talara. La población rural en Tumbes corresponde a 11.282 habitantes.

2.2 Usos

La extracción anual estimada del Acuífero Tumbes es de 1,82 hm^3: 0,07 hm^3 para riego y 1,75 hm^3 para uso doméstico. En Chira, se extrae 1,33 hm^3: 0,2 hm^3 para uso domestico, 0,02 hm^3 para uso industrial y 1,057 hm^3 para riego.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Perú, el agua que se extrae del Acuífero Tumbes varía de buena a mala calidad (410 – 3.100 µS/cm), mientras que en Chira fluctúa entre 1.000 y 5.000 µS/cm .

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En el Perú, es muy reducida la explotación del sistema acuífero (1,82 hm^3 en Tumbes y 1,33 hm^3 en Chira). En Tumbes, debido a la complejidad que presenta el acuífero mayormente se extrae agua de depósitos sedimentarios terciarios de origen marino, cuya napa se encuentra entrampada en horizontes no continuos y en bloques (Horst y Grabens) producto del intenso tectonismo acaecido en épocas pasadas. Debe indicarse que mayormente las aguas son de mala calidad, aunque existen horizontes de aceptable calidad que son aprovechados. En el Chira, la explotación del acuífero también es reducida, extrayendo agua principalmente en depósitos aluviales cuaternarios.

En la parte alta de la Cuenca del Río Puyango Tumbes, existen alrededor de 450 asientos mineros productores de oro, los cuales utilizan el mercurio como materia prima para su explotación; el cual, sin ningún tratamiento, es arrojado a las aguas de algunos ríos afluentes del Puyango (principalmente el Río Amarillo, el cual se encuentra contaminado). En la parte baja de la cuenca el Río Tumbes es contaminado por las aguas servidas de los desagües que directamente desembocan en su cauce.

3.3 Otras fuentes de agua

En parte del territorio peruano una fuente de agua complementaria para el abastecimiento a la población de la ciudad de Tumbes y ciudades de Sullana, Paita y Talara son las aguas provenientes de los ríos Tumbes y Chira.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga.

En Tumbes, el clima es semitropical, con sol casi todo el año, y temperatura promedio de 25 - 26 ºC. En época de verano la temperatura se eleva hasta los 38 ºC. Se presentan años secos y épocas excepcionalmente lluviosas en los meses de verano (diciembre – abril), el cual recarga al acuífero en forma mínima.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Los pronósticos meteorológicos indican que en el Valle Tumbes aumentará la temperatura y en consecuencia disminuirá la precipitación pluvial, a causa del calentamiento global por lo que se reducirá la disponibilidad del recurso hídrico.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías han tenido un impacto negativo sobre la recarga del acuífero. Solo el acuífero se recarga en forma mínima cuando se presenta el fenómeno El Niño, el cual con las intensas y torrenciales lluvias provoca daños en todos los sectores de la ciudad.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Tumbes, cuando se producen fenómenos como El Niño, la explotación del acuífero es fundamental ya que este fenómeno deja como consecuencia la destrucción de alcantarillas y todo el sistema de desagües en la ciudad. Es allí donde se hace uso del acuífero a través de la explotación del agua del subsuelo. En Chira, utilizan aguas que se almacenan en la Represa Poechos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Tumbes, las principales unidades de paisaje son los bosques secos tipo sabana, de lomada y de montaña, dentro de los cuales se desarrollan los pastos naturales y especies de flora y fauna. Otro paisaje serían los Manglares existentes entre el acuífero y el mar.

La cobertura natural del terreno es de carácter boscoso, muy seco, tropical, con montes espinosos y matorral desértico.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Los usos actuales del suelo son: urbano y agrícola en el valle. En este valle el uso industrial es escaso.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Los principales cultivos en el Valle Tumbes son: arroz – 3.670 ha (42,30%), plátano guineo – 2.890 ha (33,30%), maíz amarillo - 493 ha (4,70 %), frijol – 821 ha (9,50%), soya - 382 ha (3,60 %), frijol canario - 278 ha (2,80%), otros cultivos - 149 ha (3,80%).

En Chira, los principales cultivos son: arroz – 10.034 ha (36,3%), plátano – 5.152 ha (18,6%), caña de azúcar – 4.250 ha (15,38%) y limón sutil – 3.311 ha. (11,98%).

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

En este acuífero transfronterizo no existen zonas protegidas con programas de protección y conservación establecidos por el estado peruano.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

No existe ningún plan de ordenamiento territorial para la zona del acuífero transfronterizo, así como tampoco existe un plan de manejo de los recursos hídricos en la zona transfronteriza, por lo que no se pueden mencionar tampoco medidas para las aguas subterráneas, pero sí sería necesario optar en Tumbes por el acuífero profundo ubicado en depósitos terciarios para mejorar e incrementar el agua y en Chira por el acuífero superficial de origen cuaternario.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 12S/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Perú:** El beneficio económico lo representa la actividad productiva ligada a la agricultura debido a que productos como el arroz y el banano orgánico es exportado, para lo cual utilizan las aguas subterráneas en época de estiaje. En Chira, las aguas subterráneas son utilizadas en el banano orgánico.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Perú:** La economía local, depende principalmente de la agricultura, la cual utiliza tanto el agua superficial como el agua del subsuelo. En el Chira utilizan principalmente las aguas superficiales.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Perú:** No se tiene ninguna estimación.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Perú:** En Tumbes, la escasez de los recursos hídricos subterráneos ocasionará deterioro económico en la población que depende de la agricultura. Menos impacto sucederá en el Chira, debido a que existe el almacenamiento de agua a través de una represa para irrigar las tierras de cultivo.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

No existen interacciones en relación al acuífero transfronterizo.

En cuanto a las acciones para mejorar la colaboración, se apela a una mayor comunicación entre ambos países (Perú – Ecuador) a través de organismos como la Comisión Internacional de Límites y Aguas, así como también promoción de programas de intercambio de información y de proyectos binacionales.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En Perú , debido al incremento de la frontera agrícola (caña de azúcar para bio-combustible), se hace necesario el uso de las aguas subterráneas , motivo por el cual actualmente se encuentra en plena ejecución de un estudio hidrogeológico del Chira,

cuyo resultado permitirá tener un conocimiento cabal del acuífero y en especial del agua almacenada en el subsuelo.

AUTORES Y FUENTES

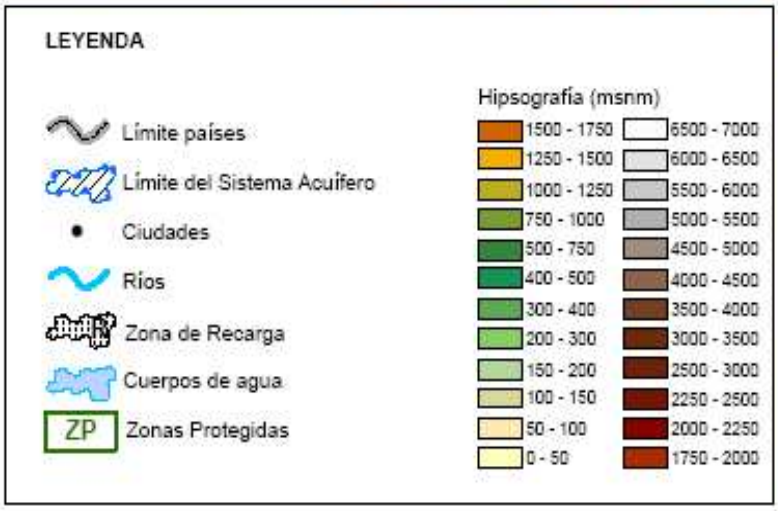
Perú: Colaboración de Edwin Zenteno Tupiño - Autoridad Nacional del Agua-ANA.
Referencias: Estudio Hidrogeológico del Valle Chira (en ejecución)

Ecuador: Preparado con la colaboración de Napoleón Burbano O

Sistema Acuífero Transfronterizo Amazonas

13S BO-BR-CO-EC-PE-VE

Mapa 13S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



13S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO AMAZONAS BOLIVIA-BRASIL-COLOMBIA-ECUADOR-PERÚ-VENEZUELA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Amazonas (ex-Solimões-Içá, incluyendo todavía la Formación Alter do Chão) comprende los países de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela quienes, analizando los mapas hidrogeológicos e integrándolos al de América del Sur a escala 1:5.000.000, consideran que es posible la existencia de un gran sistema acuífero regional denominado "Amazonas", teniendo en cuenta las características geológicas, hidrogeológicas, topográficas, geomorfológicas y climáticas. El acuífero tendría una extensión de aproximadamente 3.950.000 km^2.

Cuadro 13S/1: Extensión

Bolivia	Venezuela	Perú	Colombia
237.507 km^2	200.000 km^2	460.000 km^2	480.281 km^2

Cuadro 13S/2: Población

Bolivia	Venezuela	Perú	Colombia
<500.000 hab (2001)	2.000.000 hab (2001)	884.144 hab (2006)	2.167.265 hab. (2005)

1.2 Características del acuífero

En Brasil, el Sistema Acuífero Amazonas comprende las provincias hidrogeológicas de América del Sur denominadas Amazonas y Orinoco, en donde se ubican diversos tipos de acuíferos constituidos de sedimentos no consolidados y consolidados. El sistema acuífero se caracteriza por un espesor de hasta 2.200 m, como acuífero libre, encontrándose también en condiciones confinadas y de gran espesor.

En Venezuela, está integrado por la Provincia del Orinoco, que fisiográficamente corresponde a los llanos venezolanos, con una superficie aproximada de 200.000 km^2. Posee acuíferos con buen potencial y buenas características hidrogeológicas, así como excelente calidad en las aguas. Se caracteriza por tener porosidad intergranular, predominando gravas e intercalaciones de arenas y arcillas, con profundidades promedio de 200 m. Su permeabilidad es variable de alta a baja y frecuentemente de tipo libre.

En Bolivia, la litología sedimentaria está constituida por aglomerados, gravas y arenas, con porosidad primaria, cuyo rango de espesor es de 20 a 200 m.

En Perú, está conformado por sedimentos aluviales de edad cuaternaria, constituidos por gravas, arenas, limos, lodolitas y arcillas, entremezclados en diferentes proporciones formando horizontes de espesores variables, que se presentan en forma alternada en sentido vertical; así como por depósitos de la formaciones de edad terciaria (Pebas, Ipururo, Iquitos y Nauta miembro Inferior) conformado por rocas sedimentarias poco

compactas, es decir, varían de materiales finos (impermeables) a materiales mezclados finos y gruesos (permeables), cuya disposición se efectúa en forma irregular.

En Colombia, la cuenca está cubierta por depósitos cuaternarios fluviolacustres que suprayacen rocas sedimentarias detríticas de texturas arenosas, lutiticas y carbonatadas que se extienden desde el Paleozoico hasta el Terciario Superior. Esta secuencia descansa sobre la paleotopografia del basamento ígneo-cristalino del escudo de la Guyana que se levanta hacia el oriente. La gruesa secuencia de rocas sedimentarias detríticas conforma una estructura monoclinal fallada ligeramente y basculada hacia el occidente que se adelgaza hacia el este.

Los acuíferos constituidos por sedimentos terciarios y depósitos recientes al parecer tienen conexión hidráulica con los ríos principales en algunos puntos y en otros reciben aporte de precipitación en los sitios donde afloran las unidades de aluviones recientes en las vegas y playones de los ríos y en los paleocanales expuestos. En este acuífero superior es de esperarse que la dirección de flujo de las aguas subterráneas coincida con la dirección del drenaje original.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Venezuela, en términos generales, se han mantenido los niveles de agua. En algunos sectores, han podido descender pero sin consecuencias de agotamientos de los acuíferos.

En Brasil, los acuíferos con mejores rendimientos, están constituidos en su gran parte por unidades litológicas poco o no consolidadas con porosidad intergranular, predominando gravas e intercalaciones de arenas y arcillas, con profundidades promedio de 200 m.

En Perú, un estudio realizado en la zona de Iquitos ha determinado que los niveles de agua se encuentran casi superficialmente a profundidades entre 0,36 y 9,13 m.

En Colombia, el acuífero superior es continuo en la cuenca y por lo tanto cabe presuponer una amplia interconexión hidráulica regional, por lo menos en los primeros 500 metros de profundidad. En el área del piedemonte llanero se identifican acuíferos libres a confinados constituidos por una secuencia de terrazas y conos de deyección del cuaternario, cuyo espesor varía de 40 a 120 metros. Los niveles estáticos se encuentran entre 0,50 metros y 10 metros bajo la superficie y la producción promedio de los pozos es de 15 litros por segundo. En los municipios de Arauquita, Puerto Rondon y Cravo Norte y Arauca se han perforado algunos pozos para abastecimiento doméstico y público de los cuales solo se sabe que tienen profundidades menores de 80 metros y caudales del orden de 5-10 litros por segundo.

1.4 Zonas de recarga

En Brasil, no fueron identificadas áreas de recarga. La porción central en la frontera con Colombia, Ecuador y Perú está identificada en el Mapa Hidrogeológico de América del Sur, como área de descarga (área inundada). Probablemente buena parte de la recarga proviene de las porciones más altas al oeste (piedemonte andino y cordillera) y a través de infiltración de la precipitación directa y de las aguas de los ríos (Solimões, Juruá, Negro e Amazonas).

En Venezuela, los flujos provienen principalmente del piedemonte andino y de la cordillera centro oriental. Otra vía de infiltración es a través de la precipitación directa y de las aguas de los ríos, en la extensa fisiografía que comprende los llanos y las mesetas.

En Perú, las aguas subterráneas en la zona investigada forma parte de una napa semiconfinada debido a que los horizontes productivos, acuíferos situados a diferentes profundidades, se encuentran sellados en su base por materiales impermeables, los cuales deben tener una recarga en la parte alta de las zonas estudiadas (zonas húmedas), así como también de las infiltraciones del Río Ucayali y de la Laguna Yarinacocha. La recarga del acuífero superficial (libre) proviene principalmente de las infiltraciones de las lluvias torrenciales que ocurren en la selva peruana.

En Colombia, la recarga regional se realiza en el piedemonte de la Cordillera Oriental (Andes Colombianos). Una recarga adicional se produce de manera directa a través de arenas y gravas de planicies aluviales, y depósitos eólicos principalmente en la Orinoquia colombiana.

1.5 Explotación y caudales

En Brasil, a pesar de la gran abundancia de aguas superficiales las aguas subterráneas son ampliamente utilizadas en la región, con destaque para los estados de Amazonas, Pará y Amapá.

En Bolivia, la explotación es de carácter medio, pero se desconoce el volumen extraído.

Actualmente, en Venezuela, hacia la zona occidental de la Provincia del Orinoco, hay intensas explotaciones de aguas subterráneas. Sin embargo, en la zona oriental, donde se emplazan los mejores acuíferos del país, la explotación en la mayoría de sus sectores se considera sub aprovechada.

En Perú (Iquitos), las zonas más explotadas corresponden al Distrito de San Juan Bautista, y a los sectores aledaños del aeropuerto de esta ciudad. El volumen de agua explotada del acuífero mediante pozos fue de 425.699,01 m^3.

Caudales de explotación entre 10 y 140 l/s en la parte norte con una producción de 10 millones de metros cúbicos. Hacia el sur, la producción no alcanza los 5 millones de metros cúbicos.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de población en la página siguiente.

En Brasil, la población indígena está estimada en 38.000 habitantes, en Bolivia se estima que es < 30% y en Venezuela es un 1%.Venezuela estima que la población en zona de recarga es de un 30% y en zonas de descarga un 20%.

Cuadro 13S/3: Población

	Bolivia	Venezuela	Perú	Colombia
1. Total:	500.000 habitantes	2.000.000 habitantes	> 400.000 habitantes	2.167.665 habitantes
2. Urbana y principales ciudades:	>300.000 hab.	La población urbana representa menor porcentaje pero con ritmos de crecimiento y dinamismo en las ciudades. Tucupita, Maturin, El Tigre, Anaco, Pto La Cruz, Ciudad Bolívar, Ciudad Guayana, Calabozo, San Fernando, San Carlos, Acarigua, Guanare, Barinas.	Iquitos: 287.429 en la zona urbana, principales ciudades: Iquitos, San Juan Bautista.	1.021.655 hab.
3. Rural:	< 200.000 hab.	El mayor porcentaje de la población es rural, dispersa.	Iquitos: 106.067 en la zona rural	1.146.000 hab.

2.2 Usos

En Brasil, en la Región Hidrográfica Amazónica, el agua subterránea es utilizada casi exclusivamente para el abastecimiento humano. Igualmente se puede decir que el volumen de agua destinado a otros usos, como riego, ganadería, industria, es inferior al 10% del total. El uso industrial está concentrado en las mayores ciudades, como Manaus. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006).

Las aguas subterráneas representan un 40% del total de la demanda. En el Estado de Acre, 18.7% de las localidades utilizan este recurso, en Rondônia, un 25%, en Pará, 79,4% de las localidades y en Amapá 64% muestran un predominio de las aguas subterráneas en el abastecimiento. Sin embargo, es el Estado de Amazonas el que utiliza el mayor volumen de agua subterránea, con cerca del 25% del total global disponibilizado en toda la región hidrográfica. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006).

La ciudad de Caracaraí (RR) es totalmente abastecida por el Acuífero Içá, siendo que los pozos funcionan ininterrumpidamente, llegando a un total de 7,5 millones de litros por día para el abastecimiento de la población. Probablemente, el Distrito de Nova Colina, Municipio de Rorainópolis es abastecido por este mismo acuífero. (ZEE RCERR, 2003).

En Bolivia, los principales usos son: doméstico, industrial, y público-urbano.

En Venezuela, un 70% es para riego, y un 30% es para uso doméstico.

En Perú, los usos se distribuyen de la siguiente forma:

1.	Doméstico	360.036 m^3	84,57 %
2.	Industria 1	64.269 m^3	15,10 %
3.	Pecuario	1.275 m^3	0,30 %
4.	Agrícola	117 m^3	0,03 %

En Colombia, el agua subterránea es utilizada casi exclusivamente para el abastecimiento doméstico. El volumen de agua destinado a otros usos, como riego, ganadería, industria, es inferior al 10% del total.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Brasil, la calidad de agua es buena, y altamente susceptible a la contaminación.

En Bolivia, la calidad es buena.

En Venezuela, las concentraciones del total de sólidos en la mayor parte de la Provincia del Orinoco es inferior a los 1.000 ppm, siendo un agua potable de buena calidad y apta para el consumo humano y doméstico. Solo en pequeñas zonas se encuentran concentraciones superiores a 1.000 ppm y valores superiores a 1 ppm de contenido de hierro. Practicamente en toda la provincia las aguas son aptas para la agricultura.

En Perú, las aguas, generalmente se califican como de calidad buena a permisibles. Desde el punto de vista agrícola son aptas para el riego y en cuanto a su uso potable son consideradas de pasables a buenas. En muy pocos sectores se han encontrado aguas de mala calidad consideradas salobres.

En Colombia, el agua es ligeramente dura pero practicamente buena para todo uso.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

El Acuífero Solimões presenta limitaciones en términos microbiológicos, principalmente en las áreas urbanas, debido a la alta vulnerabilidad natural(acuífero freático con nivel de agua somero, próximo a la superficie), y elevado potencial de contaminación debido a pozos mal construidos, ausencia o inadecuada protección sanitaria, abandono de pozos sin sellado y carencia de saneamiento básico. (PNRH, Cadernos Regionais, 2006).

En general, el problema, es el mismo para todo el sistema acuífero, principalmente en las áreas urbanas, destacándose Manaus, Santarém, Rio Branco, Macapá, Ilha de Marajó y Porto Velho y para la región del entorno de los principales ejes de conexión (canal del Río Amazonas en el trecho Manaus-Santarém y a lo largo de la carretera Cuibá-Porto Velho).

En Bolivia, se presume que existe contaminación del tipo urbano, aunque no se cuenta con la información necesaria. Se desconocen, igualmente, la disponibilidad, el cambio en calidad, y las características físicoquímicas del agua.

En Venezuela, la disponibilidad de agua subterránea ha sido estable por la subutilización de la fuente subterránea, pero en términos generales se han mantenido los niveles de agua, en algunos sectores ha podido descender pero sin consecuencias de agotamientos en los acuíferos. La calidad del agua por lo general es buena.

La selva peruana presenta un clima tropical, el cual está asociado a la presencia de abundantes lluvias las cuales recargan constantemente los acuíferos existentes en esa zona, por lo que la explotación de las aguas subterráneas no genera significativos descensos de los niveles freáticos. Por otro lado, los estudios efectuados demuestran que la calidad del agua es considerada como de buena a pasable, tanto para su uso agrícola como potable.

En Colombia, no hay presión actualmente sobre los acuíferos por su limitado aprovechamiento.

3.3 Otras fuentes de agua

En Brasil, en escala regional, los ríos de la cuenca amazónica están relativamente libres de contaminaciones provenientes de fuentes tanto domésticas, como industriales y agrícolas, principalmente debido a los grandes volúmenes de los ríos de la región. Entretanto, en escala local, son importantes las contaminaciones provenientes de la urbanización, ya que en las ciudades de la región norte apenas 4,5% de las aguas servidas a la población son tratadas y no hay en general saneamiento básico.En puntos específicos hay contaminación de ríos por mercurio derivado de la actividad minera, aunque se han reportado lugares donde su origen es natural (background). Por lo tanto, la única fuente confiable de abastecimiento es el agua subterránea, siempre que sea monitoreada.

En Bolivia, la zona cuenta con gran riqueza de agua superficial, tanto fluvial como lacustre.

En Venezuela, una fuente alterna es el Río Orinoco, pero por su distancia y tratamiento es muy complejo y costoso el transporte del fluido a las áreas de desarrollo.

En Perú, el principal río de la selva peruana es el Amazonas, pero existen numerosos ríos que también tienen vital importancia en el comportamiento de este sistema acuífero, comportándose del mismo modo. Como afluentes, los más importantes son: Marañón, Huallaga, Napo, Tigre, Ucayali, Mantaro y Perené.

En Colombia, hay una densa red de ríos caudalosos que corren de occidente a oriente hacia los ríos Orinoco y Amazonas, Se destacan los ríos Arauca, Caqueta, Meta, Guaviare, Putumayo, Guainia, Vaupes, Apoporis, Tomo y Vichada.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga.

El ciclo hidrológico es considerado como el principal indicador de cambios globales en la región. Las series de período largo que describen los niveles de agua y flujos de los

ríos no indican, hasta el presente, cualquier cambio atribuible a los cambios globales. Entretanto, es altamente probable que el ciclo en áreas intensamente desforestadas esté cambiando y volviéndose más seco durante la estación seca comparada a los años anteriores. (GIWA, 2004).

La demostración más tangible de las alteraciones en el ciclo hidrológico resultante de los cambios globales observados en la Amazonia, es la reducción significativa de la cobertura de nieve en la Montaña Antisana, en el Ecuador. (Galárraga-Sánchez, inf. Pess, GIWA, 2004).
www.unep.org/dewa/giwa/areas/reports/r40b/giwa_regional_assessment_40b.pdf

En Bolivia, la cantidad de precipitación permanece igual, la intensidad es mayor y la frecuencia ha disminuido.

En Venezuela, la tendencia es un incremento de alrededor del 10% en las precipitaciones. El comportamiento de la precipitación en la zona, ha representado aportes significativos a la recarga en los acuíferos.

En Perú, los departamentos de Loreto y Ucayali, que cubren casi la totalidad de la selva peruana, presentan lluvias casi todos los meses del año, lo cual genera una recarga constante de los acuíferos existentes en estas zonas, ayudando a conservar los ecosistemas y el hábitat de la región.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En Brasil, se espera una disminución de las precipitaciones. En Bolivia, la frecuencia de precipitación disminuirá, la intensidad aumentará y la recarga efectiva se reducirá. No se tienen pronósticos cuantitativos, al igual que en Perú. En Colombia, se espera una disminución de los valores de precipitación en los próximos años.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En Brasil, no hay datos sistematizados

En el caso de Bolivia, la zona se inunda anualmente, cada año con mayor severidad, reduciendo la recarga. La región no es sísmica. No existen planes de explotación. Se conoce que la explotación es arbitraria y se incrementará por personas particulares y comunidades.

En Venezuela, se están elaborando planes de manejo de los acuíferos, en función del eje de desarrollo del área de la franja de la Faja Petrolífera del Orinoco.

En Perú, durante los meses de verano, de diciembre a marzo, existen desbordes de algunos ríos por la intensidad de las lluvias existentes perjudicando áreas agrícolas y poblados adyacentes. La región no es sísmica. No existen planes de explotación. Por los estudios efectuados en las zonas de Iquitos y Ucayali, se conoce que la explotación de los acuíferos no es muy significativa por contar mayormente con agua superficial.

En Colombia, se presentan inundaciones de planicies en las épocas lluviosas.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Bolivia, no se hace ningún uso particular por fenómenos extremos.
En Venezuela, el aprovechamiento principal es para riego de la agricultura, en eventos extremos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 13S/4: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Brasil	El relieve se caracteriza por ser extremadamente plano a levemente ondulado, localmente con ocurrencia de colinas.	El Bosque Tropical Amazónico esta compuesto de tipos complejos de vegetación, tales como bosques de altitud, cerros, sabanas encharcadas y bosques encharcados.
Bolivia	Menos del 10% de la superficie del acuífero es utilizada para ganadería (pastizales naturales y terreno habilitado por deforestación). El 5% son centros poblados dispersos (ciudades pequeñas y comunidades rurales). El 15% son tierras boscosas naturales. No existe un mapa de usos de suelos disponible	Bosques. La deforestación extensiva para habilitación de pastizales comenzó en 1970.
Venezuela	Posee grandes espacios con características topográficas favorables y poca competencia de uso. El área posee producciones agropecuarias, extensivas y zonas plantaciones forestales. Existen zonas con vía de comunicación por transporte fluvial.	Vegetación de sabanas, pastizales y ganadería extensivas.
Perú	La mayor parte del área de la selva peruana está cubierta por vegetación, áreas naturales y bosques. Existen ciudades con relevancia como es la ciudad de Iquitos, que representa el principal puerto fluvial de la región, la ciudad de Pucallpa, Tarapoto, que constituye un gran atractivo turístico, así como zonas industriales que se dedican a la extracción de petróleo, gas natural y zonas madereras. Muy importantes son las comunidades nativas existentes en la región las cuales mantienen sus costumbres y tradiciones.	La llanura amazónica está representada por su extensa vegetación y variedad de bosques, los cuales se han ido degradando debido al avance desmesurado de la deforestación.

Colombia	Hacia el norte se reconoce una altillanura con altitudes entre 90 y 120 m y una inclinación muy suave hacia el oriente. Este sistema se caracteriza por la presencia de formas heredadas como son los diques aluviales, cubetas de inundación y ejes de drenaje parcialmente colmatados y conocidos como "esteros". Las acciones eólicas dejaron modelados testigos de su acción en la altillanura plana. En la llanura aluvial, se reconocen terrazas altas ubicadas cerca a la cordillera, con alturas relativas que alcanzan hasta 30 o 50 m y entre ellas corren ríos trenzados y terrazas bajas que no superan, en general, los 5m de altura en relación con los cauces menores de los ríos principales, aunque en algunos casos se aproximan a los 10 m. Hacia el sur, esta planicie corresponde a un bosque húmedo tropical con densa vegetación.	Bosque húmedo tropical compuesto por una alta biodiversidad de vegetación, en bosques y sabanas encharcadas.

En Brasil, de acuerdo con los informes de Inpe (PRODES) en enero de 1978, el área desforestada acumulada en los estados de la Región Hidrográfica Amazónica corresponde a 85.100 km^2 (2,2 % del área total). En 1999, se registró un área desforestada de 440.630 km^2 (11,7% del total). Entre los años 1999 y 2000, las tazas de desforestación fueron de 17.259 y 19.836 km^2/año, respectivamente, teniendo superado los 23.000 km^2/año, a partir del 2001. De todos modos, en los últimos años estos valores se han visto disminuidos. (PNRH, Cuadernos regionales, 2006). Igualmente no existen datos para la región del acuífero.

5. Cobertura y uso actual de la tierra

En Brasil, en la Región Hidrográfica Amazónica predomina el extractivismo vegetal y animal, principalmente pesca (84%), agricultura comercial y de subsistencia (10%), extractivismo mineral (principalmente mineros artesanales) y mineral empresarial, incluyendo gas y petróleo (6%), pecuaria extensiva, en mayor grado, pecuaria intensiva, en menor, e industria de transformación en escala mucho más pequeña.

En Bolivia, menos del 10% de la superficie del acuífero es utilizada para ganadería (pastizales naturales y terreno habilitado por deforestación). El 5% son centros poblados dispersos (ciudades pequeñas y comunidades rurales). El 15% son tierras boscosas naturales.

En Venezuela, actualmente se desarrolla el proyecto de la FPO, el cual ocupa gran parte del área de la Provincia del Orinoco. Existen desarrollos forestales madereros, actividades mineras, ganadería extensiva, sistemas de riegos, entre otros. Se espera, con el impulso de la FPO a mediano plazo, el incremento de la actividad urbana, industrial y petrolera.

En Perú, los bosques tropicales amazónicos, incluyendo los de la Orinoquia, Guyana, Surinam y la Guayana Francesa, comprenden cerca de 8 millones de kilómetros cuadrados, de los que se han intervenido o colonizado cerca del 12%, o sea, entre 0,8 y 1 millón de kilómetros cuadrados.

La distribución actual aproximada del uso de la tierra en la Amazonia es la siguiente:

1. Tierras ocupadas/colonizadas	0,8 millones (km²)
1.1 Uso agropecuario y forestal actual	40%
1.2 Tierras abandonadas cubiertas con bosques secundarios o degradadas	60%
2. Tierras poco o nada intervenidas «Amazonia de pie»	7,2 millones (km²)
2.1 Áreas protegidas estrictas	0,46 millones (km²)
2.2 Tierras indígenas	1,2 millones (km²)
2.3 Otras áreas de tratamiento especial (bosques nacionales, etc.)	0,2 millones (km²)

En Colombia, hacia el norte, los suelos se utilizan para ganadería, cultivos de plátano, arroz, yuca, sorgo y explotación petrolera. Hacia el sur, no hay uso pues corresponde a la selva húmeda del Amazonas que tiene escasa intervención.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Brasil, se destacan la agroindustria (granos: soja, maíz, café, poroto y arroz, además de pimienta del reino, maracujá, banana, guaraná, juta, malva, cacao, dendé y cítricos), pecuaria, exploración maderera, y en menor escala el extractivismo vegetal, marcadamente de castaña, andiroba y dendê. (Caderno da Região Hidrográfica Amazõnica, 2006).

En Perú, los principales cultivos de la selva peruana están representados por la variedad de frutales, destacándose el plátano y los cítricos, entre otros, así como el arroz, el café, el maíz, el algodón y plantas de uso medicinal. Los principales ecosistemas lo constituyen los bosques tropicales cuya extracción maderera es en gran medida indiscriminada por la gran variedad de especies que existen en la zona.

En Venezuela, se conoce que alrededor del 40% está cubierto por ganadería extensiva, recursos forestales, cultivos y áreas industriales, así como actividades petroleras. Entre el 50 y 60 % restante lo conforman las áreas naturales.

En Colombia, el 40% del suelo se utiliza para ganadera extensiva y actividades petroleras, un 20% se destina a cultivos de arroz, sorgo, plátano y yuca. El resto es área natural con escasa a nula intervención.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Brasil, en la Región Hidrográfica Amazónica existen cerca de 170 unidades de conservación. Específicamente en este acuífero se destaca la presencia de:

- 15 Florestas Nacionales: Caxiuanã, Saracá-Taquera, de Pau Rosa, Itaituba, Pari-Cachoeira II, Taruacá, Piraiaura, Icana, Xié, Ciaiani, Amazonas, Roraima, Santa Rosa dos Purus, Mapiá-Inauini y Tefé.

- 4 Parques Estaduales: Corumbiara, Serra de Ricardo Franco, Guajará-Mirim y Rio Negro.
- 7 Parques Nacionales: Jaú, Amazônia, Pico da Neblina, Serra do Araçá, Serra da Mocidade, do Viruá y Serra do Divisor.
- 8 Reservas Extractivistas: Rio Cajari, Tapajós-Aripiuns, Verde para Sempre, Alto Juruá, Baixo Juruá, Alto Taruacá, Riozinho da Liberdade y Médio Juruá.
- Reservas Biológicas: do Guaporé y de Uatumã.
- Estaciones Ecológicas: Jutaí-Solimões y Juanu-Japuriá.
- 2 Reservas de Desarrollo Sustentable: do Amanã y de Mamirauá..

En Bolivia, por su parte, existen zonas protegidas. No existen mapas disponibles. No existen zonas con programas de protección y/o restauración de suelos

En Perú, existen las siguientes áreas protegidas:

- Parques Nacionales: Manu (Madre de Dios), Río Abiseo (San Martín), Cordillera Azul (San Martín, Loreto, Ucayali), Alto Purús (Ucayali, Madre de Dios).
- Reservas Nacionales: Pacaya Samiria (Loreto), Tambopata (Madre de Dios).
- Reservas Comunales: Purús (Ucayali-Madre de Dios).
- Bosques de Protección: Alto Mayo (San Martín).
- Zonas Reservadas: Gueppi (Loreto), Santiago-Comaina (Amazonas-Loreto), Cordillera de Colán (Amazonas), Pacacuro (Loreto), Sierra del Divisor (Loreto-Ucayali).

En Colombia, Reserva de la Macarena, Parque Natural del Río Tomo, Santuario de Fauna y Flora del Arauca, Parque Natural Amacayacu.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Brasil, diversos ecosistemas son dependientes de las aguas subterráneas, pudiendo destacarse áreas encharcadas.

En Venezuela, arroyos**,** ríos, humedales, lagunas, bosques chipriotas, zonas de aprovechamientos de aguas por animales y plantas silvestres, ruta de sobrevuelo de las aves. Los acuíferos del área en su margen izquierda, contribuyen como aportes parciales al Río Orinoco y al Río Apure.

En Colombia, ríos, humedales, lagunas, bosques, áreas de interés ecológico por presencia de animales y plantas silvestres. Los acuíferos del área contribuyen como aportes parciales sistema hídrico superficial.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Brasil, las principales ciudades con planes directores aprobados son: Santana (AP), Manaus (AM) y Macapá (AP). Las ciudades de Santarém (PA) y Porto Velho (RO) están revisando sus planes directores.

En Venezuela, el área está formada parcialmente por cuatro estados o entidades federales, teniendo cada uno un plan de ordenamiento territorial. No obstante, han existido diferentes planes para esta zona, comenzando con la Faja Petrolífera del Orinoco (FAPO), el Proyecto Orinoco Apure. (PROA). Proyecto Apure Orinoco (PRAO) y actualmente el Proyecto Magna Reserva de la faja del Orinoco, el cual está certificando las reservas de petróleo.

Está por iniciarse el Plan de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO).Existe el Tratado de Cooperación Amazónica, el cual por limitaciones de tiempo no se revisó.

En Colombia, hay planes y esquemas de desarrollo del territorio en los 102 municipios que comprenden el área del SAT. Planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas en cinco cuencas del SAT.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas.

En Venezuela, el plan contempla el desarrollo de sistemas de ciudades, refinerías, industrias y desarrollos agrícolas, en toda la faja que integra más del 80% de la Provincia Hidrogeológica del Orinoco (Sistema Amazonas) y fundamentalmente la fuente para abastecimiento son las aguas subterráneas.

La participación del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente en el Proyecto de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO), como ente rector de los recursos hídricos, afianzará la protección y conservación en las zonas de recarga de los acuíferos.

Está planteada la evaluación de los recursos hídricos subterráneos desde el diagnóstico, inventario, evaluación de los acuíferos y la instalación de redes de pozos de observación en toda el área del proyecto, así como diferentes escenarios de aprovechamiento mediante la aplicación de modelos hidrodinámicos de flujo y transporte.

5. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 13S/5: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua	**Brasil**: Debido al alto índice de uso de las aguas subterráneas en la región y falta de calidad de las aguas superficiales en diversos lugares los beneficios económicos son altos. **Bolivia**: El poco uso del agua subterránea es principalmente humano consuntivo y de forma local y particular, por lo que los beneficios económicos son reducidos. **Venezuela**: Es significativo y espera incrementarse con la implantación del proyecto. **Perú**: El beneficio económico lo representa en menor proporción la actividad productiva ligada a la agricultura y ganadería, para lo cual utilizan las aguas subterráneas en áreas no muy representativas. **Colombia**: Abastecimiento público de por lo menos 10 municipios del área y actividad petrolera.

Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua	**Brasil: Dependencia media a alta del uso del agua del acuífero.** **Bolivia: No existe dependencia de la economía respecto del agua subterránea.** **Venezuela: Dado el desarrollo y la dinámica que hay en la zona, es alta la dependencia del recurso agua.** **Perú**: La economía local, depende principalmente de la actividad maderera, la cual utiliza en su mayoría los recursos de agua superficiales. **Colombia**: No existe dependencia de la economía en relación con el agua subterránea.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente	**Brasil**: Agricultores, ganaderos, indios, poblaciones tradicionales y urbanas, etc. Los ecosistemas también tendrían pérdidas inestimables. No hay datos indicando valores de estas pérdidas. **Venezuela**: Las pérdidas serían cuantiosas, hay una gran reserva de agua que está asociada al sistema de las aguas subterráneas. **Perú**: La escasez de los recursos hídricos subterráneos ocasionará deterioro económico en la población que depende de las actividades agrícolas y ganaderas. **Colombia**: Afectación a caudales y calidad de ríos.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En el alcance de los tratados internacionales se resalta el Tratado de Cooperación Amazónica, firmado en 1978 y en vigor desde 1980 por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. En Brasil, fue promulgado por el Decreto nº 85.050, de 18 de agosto de 1990. Este tratado tiene como objetivo el desarrollo armónico de los territorios de la región amazónica como la preservación del medio amiente y conservación y uso racional de los recursos naturales y la investigación científica y de intercambio de informaciones entre los países, como fin de ampliar el conocimiento sobre los recursos de la región.

En 1995, las ocho naciones decidieron crear el OTCA para fortalecer e implementar los objetivos del Tratado. La enmienda a TCA fue aprobada tres años después y la secretaría permanente se estableció en Brasilia en diciembre de 2002. Todas las interacciones se basaron en una mutua colaboración.

En en caso de Brasil y Colombia, por otra parte tienen un acuerdo para la Conservación de la Flora y la Fauna de los Territorios Amazónicos (ratificándose el Decreto Legislativo nº 72, de 03-12-1973, según la promulgación del Decreto 78.017, de 12-07-1976).

En Venezuela, existen comisiones técnicas bilaterales en aguas superficiales.

En Perú, por su parte, no existen interacciones en relación al acuífero transfronterizo. Como forma de mejorar las interacciones se podría fomentar una mayor comunicación

entre los países (Brasil – Bolivia – Colombia - Perú – Ecuador - Venezuela) a través de organismos como la Comisión Internacional de Límites y Aguas, así como también con la promoción de programas de intercambio de información y de proyectos interinstitucionales.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En el Brasil, en el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local. Existe también en el PNRH el Programa X - Gestión Ambiental de Recursos Hídricos de la Cuenca Amazónica.

Con respecto a Venezuela, en la zona limítrofe no existe competencia de aguas subterráneas, por la cantidad de aguas superficiales y por la inseguridad de la zona, mientras que en el sistema de acuífero nacional es de alta importancia.

AUTORES Y FUENTES

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva e Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas).

Bolivia: Preparado con la colaboración de: SERGEOTECMIN

Venezuela: Preparado con la colaboración de: Fernando Decarli R.

Perú: Preparado con la colaboración de: Edwin Zenteno Tupiño

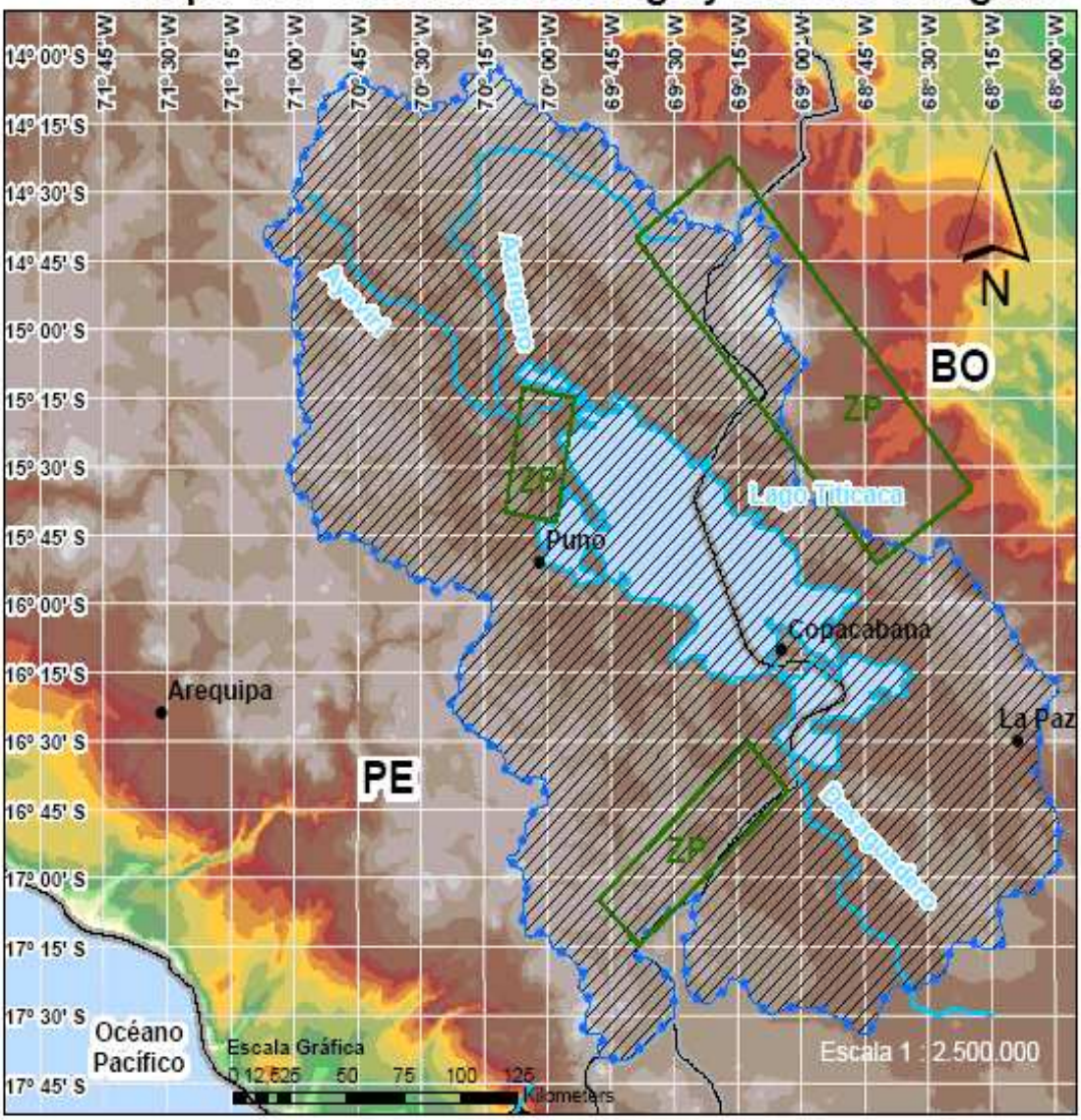
Ecuador: Preparado con la colaboración de: Napoleón Burbano O.

Colombia: Preparado con la colaboración de: Nelson Omar Vargas Martínez

Sistema Acuífero Transfronterizo Titicaca

14S BO-PE

Mapa 14S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

1500 - 1750	6500 - 7000
1250 - 1500	6000 - 6500
1000 - 1250	5500 - 6000
750 - 1000	5000 - 5500
500 - 750	4500 - 5000
400 - 500	4000 - 4500
300 - 400	3500 - 4000
200 - 300	3000 - 3500
150 - 200	2500 - 3000
100 - 150	2250 - 2500
50 - 100	2000 - 2250
0 - 50	1750 - 2000

UBICACIÓN GENERAL 14S BO-PE

14S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO TITICACA BOLIVIA-PERÚ

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Titicaca está localizado entre las repúblicas de Perú y Bolivia. Corresponde a un clima frío de alta montaña (4.000 msnm.), con altos topográficos y depresiones endorreicas.

En Bolivia, abarca una superficie de aproximadamente 19.172 km^2, siendo ocupado por una cantidad algo menor a los 2.000.000 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2001).

En Perú, de acuerdo a la información con que se cuenta, hay unos 222.208 habitantes en Ramis y unos 221.097 habitantes en Coata según el censo de 1993.

1.2 Características del acuífero

La geología del sistema acuífero está representada por depósitos cuaternarios (aluviales, fluviales, glacio-fluviales y lacustres). Se observa la presencia de areniscas, cuarcitas y lutitas correspondientes al Devónico; el Carbonífero está representado por areniscas y limolitas. En Perú, se menciona además la existencia de formaciones geológicas como Azangaro cuyos depósitos pueden almacenar agua en sus horizontes.

En Bolivia, el rango de espesor del sistema acuífero es de 20 a 100 m.

En Perú, en Ramis, los pozos presentan profundidades de acuerdo a su tipo, así, en los tubulares llega hasta 50 m y en los excavados varían entre 2,95 m y 17,60 m. En Coata; los pozos excavados tienen profundidades de 0,30 m a 22,70 m y los tubulares de 1,40 m a 48,00 m.

1.3 Zonas de recarga

En Bolivia, se produce la recarga en el piedemonte de la Cordillera Oriental, mientras que en Perú, tanto en Ramis como en Coata las zonas de recarga están determinadas por el área de influencia de ríos, pequeñas quebradas, zonas de cultivo y canales de riego sin revestir.

1.4 Explotación y caudales

En Bolivia, la explotación es media, desconociéndose los caudales extraídos.

En Perú, en Ramis, el volumen total explotado del acuífero mediante pozos es de 789.922 m^3 (0,79 hm^3), que equivale a un caudal continuo de explotación de 0,025 m^3/s. Del total explotado, 28.632 m^3 (3,62 %) se efectuó mediante pozos tubulares y 761.290 m^3 (96,38 %) a través de tajos abiertos. En relación al uso de las aguas subterráneas explotadas, principalmente es doméstico, con 774.790 m^3/año (98,8 %), seguido por el

agrícola con 7.004 m^3 (0,89 %), 6.625 m^3 (0,84 %) al uso pecuario y 1.502 m^3 (0,19 %) al uso industrial, esta última utilizada en la industria quesera.

En Coata, el volumen total explotado del acuífero es de 146.326 m^3/año (0,146 hm^3), de los cuales 142.890 m^3/año fue mediante pozos a tajo abierto, 2.296 m^3/año con pozos tubulares y 1.139 m^3/año con pozos mixtos. El volumen explotado es principalmente para fines de uso doméstico y pecuario: para uso doméstico fue de 98.958 m^3/año (67,63%), para uso pecuario: 37.606 m^3/año (25,70%), para uso industrial: 9.709 m^3/año (6,64%) y finalmente para uso agrícola: 52,14 m^3/año (0,04 % del volumen total).

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 14S/1: Datos de población

	Perú	Bolivia
• **Total:**	449.305 habitantes	< 2.000.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	Ramis: 74.974 hab. Coata: 155.862 hab.	1.000.000 hab
• **Rural:**	Ramis: 147.234 hab. Coata: 65.235 hab.	< 1.000.000 hab.

En Bolivia, la población en zonas de recarga es de 173.704 habitantes, mientras que en zonas de descarga se estima en 192.542 habitantes. Finalmente la población indígena está estimada en algo menos que el 30%.

2.2 Usos

En Bolivia los usos son: doméstico, riego, industrial y público-urbano.

En Perú, en Ramis, las aguas del subsuelo son de uso doméstico, industrial, agrícola y pecuario, mientras que en Coata, son de uso doméstico, industrial, agrícola y pecuario.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Bolivia se estima que la calidad natural del agua es buena.

En Perú, en Ramis, la calidad de las aguas para riego según su conductividad eléctrica varía de buena a permisible, mientras que según el RAS y la C.E, son principalmente C_2S_1 y en menor proporción, la C_3S_1. La primera es de buena calidad y apta para ser utilizada en la agricultura, mientras que la segunda puede utilizarse pero bajo ciertas condiciones. En Coata, la calidad de las aguas con fines de riego según la conductividad eléctrica, es mayormente permisible y se clasifican como aguas tipo C_3S_1, que pueden utilizarse en la agricultura bajo ciertas condiciones, seguida en importancia por el agua tipo C_2S_1, que son

de buena calidad y aptas para la agricultura y finalmente el agua tipo C_1S_1 que son aguas de buena calidad y aptas para el riego.

En relación a la potabilidad de las aguas, estas varían mayormente de buena a mala.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Bolivia, se tiene evidencia de descenso del nivel freático, mientras que con respecto a la calidad existe contaminación por desechos sólidos y líquidos que son transportados mediante los ríos que desembocan de la ciudad de El Alto. Igualmente, algunos afluentes de la Cordillera Oriental, aportan aguas contaminadas por actividad minera.

En Perú, se tiene evidencia de ligeros descensos de agua, tanto en Ramis como en Coata, mientras que con respecto a la calidad se presentan pequeñas variaciones en cuanto a los valores de conductividad eléctrica, en ambas regiones.

3.3 Otras fuentes de agua

En Bolivia, como fuentes alternativas de agua se tiene la cosecha de lluvias y recarga artificial de acuíferos. El almacenamiento de agua superficial no es favorecido por la topografía y la evaporación.

En Perú, en el Departamento de Puno, donde se encuentran las cuencas de Ramis y Coata existen manantiales y pequeños lagos que se pueden considerar como fuentes alternativas de agua, pero se encuentran en su mayoría en las partes altas alejados de las zonas urbanas.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Bolivia, la cantidad permanece igual, la intensidad es mayor y la frecuencia ha disminuido.

En el Perú, en el Departamento de Puno las precipitaciones pluviales ocurren entre los meses de octubre y abril, las cuales mantienen regularmente su intensidad y periodicidad, cuya influencia en las zonas de recarga generalmente es la misma.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En Bolivia se prevé que la frecuencia de precipitación disminuirá, la intensidad aumentará, la recarga efectiva se reducirá. No se tienen pronósticos cuantitativos.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Bolivia indica que la zona presenta sequías de mayor severidad cada año. No se registran eventos sísmicos. No existen planes de explotación. Se conoce que la explotación es arbitraria y se incrementará por personas particulares y comunidades, especialmente para riego por inundación.

En Perú, el Departamento de Puno sufre cada año de un invierno extremo con temperaturas que alcanzan medidas por debajo de los cero grados, lo que puede influenciar en la recarga del acuífero.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Bolivia, la cobertura natural original está compuesta de vegetación arbustiva escasa de paisaje semi árido.

En Perú, la región Puno cuenta con unidades geográficas como los Andes, que representa aproximadamente el 70% de la superficie departamental y está conformada por el altiplano, laderas, áreas intermedias y la cordillera. La selva, que representa el 25% de su territorio, es poco habitada y está escasamente integrada a la economía departamental.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Bolivia, más del 70% de la superficie del acuífero es utilizada para agricultura (riego por inundación) y ganadería. El 10% son centros poblados ya sean ciudades grandes, ciudades pequeñas ó comunidades rurales. El 20% son tierras áridas naturales.

En el Perú, en la Cuenca del Río Ramis, se tienen aproximadamente 5.832 hectáreas de cultivos mientras que en Coata 3.032,60 hectáreas bajo riego, predominando en ambas cuencas las cosechas de papa y pastos naturales, pero utilizando las aguas superficiales (precipitaciones pluviales).

Las tierras de aptitud para pastos se encuentran en la zona altiplánica donde la gran mayoría está compuesta de pastos naturales y en ciertas áreas mayormente de manejo empresarial se cuenta con pastos cultivados y forrajes, lo que da lugar a la actividad pecuaria que constituye la principal actividad la cual significa una de las fuentes que mayores ingresos aporta al productor.

El predominio de la actividad pecuaria sobre las demás, se manifiesta debido a la existencia de condiciones ecológicas y recursos favorables para su desarrollo, criándose principalmente el ganado ovino y también el vacuno. Los camélidos sudamericanos (alpaca y llamas) han sido desplazados a zonas de mayor altura con respuestas favorables para su adaptabilidad.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Bolivia, los principales cultivos son la quínoa, la patata, y otros tubérculos. Forraje y algunas especies de legumbres y verduras.

En Perú, papa, olluco, oca, habas, alfalfa, avena, cebada, maíz y pastos naturales.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Perú, existe la Reserva Nacional del Lago Titicaca.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Bolivia, se considera que las especies de fauna y flora contenidas en el Lago Titicaca, pueden verse afectadas, como consecuencia de los descensos en el nivel de las aguas, por disminución del aporte de agua subterránea.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 14S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Perú:** El uso del agua subterráneo es mínimo. La actividad ganadera es la más beneficiada por el desarrollo de los pastos naturales propicio para la crianza de todo tipo de ganado y de camélidos. **Bolivia:** El agua subterránea es utilizada en su mayoría para actividad ganadera y agrícola, por lo que el beneficio económico es de consideración. En una menor proporción, es utilizada para abastecimiento de 2 millones de habitantes en zonas urbanas y rurales.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Perú:** La industria ganadera es la que más esta supeditada al recurso agua, mientras que la agricultura lo hace en menor proporción. **Bolivia:** Las actividades ganaderas y agrícolas intensivas dependen de la provisión de agua subterránea.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Bolivia:** Todas las poblaciones asentadas en proximidades al Lago Titicaca, pueden verse afectadas si el sistema acuífero es afectado de alguna forma.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

En Perú, existe el Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT), pero hasta la fecha no hay proyectos de trascendencia en coordinación con ambos países.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Existe interés de Bolivia y Perú en utilizar con mayor intensidad estos recursos. A la fecha, el aprovechamiento no es coordinado.En Perú, hay interés por parte del estado para realizar coordinaciones y llevar a cabo proyectos que permitan la sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos en la vertiente del Lago Titicaca.

AUTORES Y FUENTES

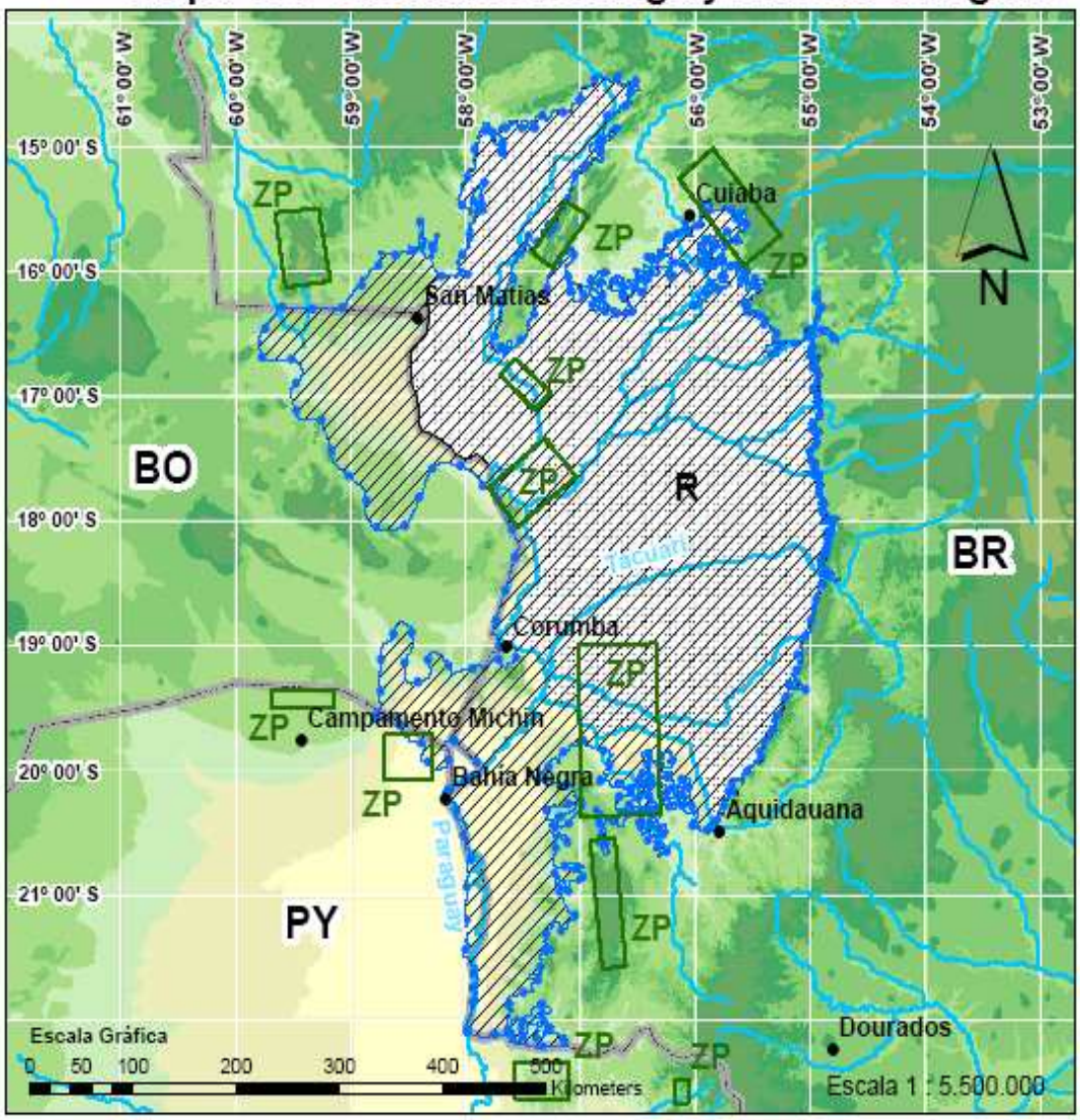
Perú: Preparado con la colaboración de Edwin Zenteno Tupiño;
Fuente: Instituto Nacional de Recursos Naturales-INRENA hoy Autoridad Nacional del Agua-ANA
Referencias: Inventario de Fuentes de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Río Ramis (2003) e Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en la Cuenca del Río Coata (2007).

Bolivia: Preparado con la colaboración de SERGEOTECMIN y complementado por el Ing. Mayel Sunagua.

Sistema Acuífero Transfronterizo Pantanal

15S BO-BR-PY

Mapa 15S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50

15S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PANTANAL BRASIL-BOLIVIA-PARAGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Pantanal está localizado en la Cuenca Hidrográfica del Río Paraguay. El área estimada del acuífero es de aproximadamente 141.500 km^2 (102.000 km^2 en Brasil, 21.500 km^2 en Bolivia, 18.000 km^2 en Paraguay).

La población estimada sobre el área del acuífero es de aproximadamente 400.000 habitantes en Brasil, menos de 10.000 habitantes en Bolivia y 5.000 habitantes en Paraguay.

1.2 Características del acuífero

En Brasil, el acuífero se caracteriza por ser libre, conformado por un sistema multicapa, freático y está constituido por sedimentos tercio-cuaternarios no consolidados y semiconsolidados, predominantemente arenosos. La dirección del flujo, en general, es hacia lo Río Alto Paraguay, aproximadamente hacia suroeste desde el lado brasilero, y sureste desde el lado boliviano y paraguayo.

En Bolivia, la litología se caracteriza por ser sedimentaria, aglomerados, gravas y arenas, en parte limoso y arcilloso, cuya porosidad es primaria. La mayoría de los acuíferos es de tipo libre a semiconfinado.

En Paraguay, también constituye un acuífero libre y la litología corresponde a un acuífero sedimentario, integrado por conglomerados y areniscas, en parte limoso y arcilloso.

La dirección preferencial del flujo subterráneo, se presume de oeste a este. El cuerpo de agua principal, de recepción de la descarga del acuífero es el Río Paraguay.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Según Brasil, los resultados de estudios audiomagnetotelúricos (AMT) muestran que la Cuenca del Pantanal posee una geometría asimétrica de tipo hemigraben, con polaridad hacia el oeste. La profundidad máxima de la cuenca alcanza hasta los 800 m, próximo al Río Paraguay. Fuente: Shimeles, F.

En Bolivia, se indica que el rango de espesor varía de 20 a 200m, mientras que en Paraguay tiene un espesor variable.

1.4 Zonas de recarga

Los tres países indican que siendo el acuífero de tipo freático, toda la planicie de inundación se caracteriza por ser el área de recarga. Aparte de eso, existen áreas de recarga regional en el borde sur-occidental del Sistema Acuífero Guaraní.

1.5 Explotación y caudales

En los tres países se considera que es un acuífero poco explotado, pero con una inmensa importancia para la preservación de los ecosistemas del Pantanal.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 15S/1: Datos de población

	Brasil	Bolivia	Paraguay
• **Total:**	400.000 habitantes	< 10.000 habitantes	5.029 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	Urbana, entre 15% y 30%. Ciudades más importantes: Corumbá, Poconé y Barão de Melgaço.	No existe población urbana	1.696 hab. Bahía Negra (capital del Dept. Alto Paraguay) y Fuerte Olimpo
• **Rural:**	Rural entre 85% y 70%	<10.000 hab	3.333 hab.
• **Población indígena estimada:**	El 2,2 % de la población en el área de afloramiento del Acuífero Pantanal es indígena		3.222 hab. (87%)
• **Población en zonas de recarga:**	El Acuífero Pantanal es del tipo libre, de esta manera, la población que está ubicada sobre las áreas de afloramiento es la misma que la total	Se considera población dispersa	Se presume que la recarga se produce en la zona de inundación del Río Paraguay. Las ciudades asentadas son Bahía Negra y Fuerte Olimpo
• **Población en zonas de descarga:**	Aproximadamente 230.000 hab.		El total de la población

Primeramente, como el Acuífero Pantanal se trata de un sistema libre, buena parte de las áreas de recarga coinciden con las de descarga. El cálculo presentado se basa en el levantamiento realizado en el Caderno Regional Bacia Hidrográfica do Paraguai del PNRH (2007). Fue hecha una estimativa de las áreas de las subcuencas que coinciden con el área de afloramiento del acuífero calculándose posteriormente la población referente a esta porción, siendo por tanto, un cálculo meramente ilustrativo.

2.2 Usos

En Brasil, el uso del agua es para pequeñas poblaciones en el medio rural por medio de pozos someros y/o cisternas.

En Bolivia, los usos preponderantes son domésticos y ambientales.

En Paraguay, en la actualidad, la totalidad del agua que se extrae del Sistema Acuífero Pantanal se utiliza para satisfacer las necesidades básicas como consumo, higiene, bebida de animales, riego de huertos de las poblaciones asentadas sobre el acuífero.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Brasil, los sedimentos de las planicies, en varios lugares, son ricos en hierro y materia orgánica en descomposición, dejando las aguas subterráneas con turbidez elevada, además de sabor y olor desagradable. La utilización de fertilizantes causa altos nutrientes y contaminación química. En algunos puntos hay presencia de altos tenores de sal.

En Bolivia, la calidad del agua es en general buena, y localmente salina y/o contaminada por metales.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Estudios realizados en Brasil, muestran el agravamiento del proceso de polución de las aguas causado por el lanzamiento directo de efluentes en los cursos de agua, actividades mineras y por el uso de agrotóxicos.

3.3 Otras fuentes de agua

Según Brasil, cualquier contaminación de este acuífero va a inviabilizar el uso de fuentes superficiales (ríos, lagos, etc.), ya que en esta región todos los cursos de agua superficiales tienen una fuerte interacción con el flujo subterráneo.

Bolivia, por su parte, expresa que la zona cuenta con una riqueza considerable de agua superficial.

En Paraguay, como fuente de agua se utilizan las cosechas de lluvias, tajamares, aljibes (aguas nacionales), y cursos de aguas internos con tratamiento (nacional), captación del Río Paraguay (transfronterizo), y la captación de otros acuíferos a profundidad con desalinización (nacional).

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Según Brasil, en los últimos 30 años las precipitaciones sobre la Cuenca del Plata aumentaron entre 10 y 15 %. Las precipitaciones se ven condicionadas por los fenómenos de La Niña y El Niño.

Las condiciones climáticas de la región son influenciadas por las corrientes de Brasil y de las Malvinas. Las proyecciones son de aumento de temperatura, hasta alcanzar un aumento de 2 a 5 grados, hasta el año 2100.
Fuente: Programa Marco.

Por otra parte, Paraguay indica que la tendencia es el incremento de las precipitaciones en el área del acuífero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En Brasil, la previsión es de aumento de las precipitaciones.

Según Paraguay, en el área directa del acuífero no se dispone de la información solicitada, sin embargo en una estación al sur Puerto Casado (22º17' latitud sur; 57 º 56' longitud oeste) se ha llevado el registro de la cantidad de precipitación entre 1964 a 1999.

En función de las tendencias las precipitaciones tendrán un aumento paulatino.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Según Brasil, al ser un acuífero del tipo libre, sufre mayores impactos de sequías e inundaciones.

En Bolivia, la zona se inunda anualmente, cada año con mayor severidad afectando la recarga. La zona no es sísmica. No existen planes de explotación. Se conoce que la explotación es arbitraria y se incrementará por personas particulares y comunidades.

También en Paraguay, las inundaciones tienen efecto sobre la recarga del mismo. No existen planes, pero se prevé que el uso se intensifique en los períodos de sequía.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Paraguay, el agua del acuífero se utiliza para satisfacer las necesidades básicas.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 15S/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Brasil	El Pantanal es una planicie inundable de formación reciente, cuya altitud media es de aproximadamente 110 metros. Es, por tanto, una depresión relativa situada entre los planaltos Central, Meridional y el relieve pre-andino. Periódicamente, la planicie del Pantanal es inundada por el Río Paraguay y sus afluentes.	Desde el punto de vista fitogeográfico, el Pantanal presenta un mosaico integrado de paisajes, con influencia predominante de cerros, al este. Recibe también la influencia florística de la Selva Atlántica, al este de la Amazonia, al norte del Chaco y al oeste. En determinadas áreas se encuentran fragmentos de vegetación agreste. En los planaltos predominan los cerros.
Bolivia	Más del 80% es bosque natural.	Bosques.
Paraguay	La zona en cuestión esta clasificada como de producción ganadera extensiva y semi extensiva, se basa en la no transformación de la cobertura vegetal natural, sistema de producción donde la intervención sobre el ambiente es menor y por ende la presión sobre los recursos forrajeros también (fuente: mapa de ordenamiento ambiental del territorio de los departamentos Alto Paraguay y Boquerón, octubre 2006).	Zonas bajas inundables del área de la planicie de inundación del Río Paraguay.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Brasil se tienen tierras productivas, tierras naturales (cerrado, campos, y bosques), así como también áreas urbanas, pastoreos, y áreas agrícolas.

En términos de ocupación de las tierras, la actividad más intensa se refiere a la ganadera, seguida por la actividad agrícola. Parte de la ganadería extensiva también se aprovecha en parte significativa de los campos naturales, especialmente en la planicie pantanera, que corresponde al 25,7% del área de los establecimientos agropecuarios, y en pastoreos artificiales, 38,8% de las tierras ocupadas por la actividad. (Caderno Regional da Região Hidrográfica do Rio Paraguai, 2006).

En Bolivia, el uso actual de la tierra está orientado a la ganadería extensiva, siendo igualmente limitado el uso de suelo para la agricultura.

En Paraguay, el uso actual de las tierras es ganadería extensiva y semiextensiva.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Brasil, los cultivos más importantes en términos de unidad de área en hectáreas, en los municipios que integran la región hidrográfica son: soja (1.103.630), maíz (416.342), caña de azúcar (68.486), trigo (98.096), arroz (41.610) y algodón (56.810).

En Paraguay, la zona en cuestión está constituida en su totalidad por pastizales de praderas inundables.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Este punto se resume en el cuadro siguiente:

Cuadro 15S/3: Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Brasil	Parque Nacional Pantanal Matogrossense Estación Ecológica de Taimã Estación Ecológica Serra das Araras Parque Estadual de las Aguas Calientes Parque Estadual Sierra de Sta Barbara Parque Estadual del Pantanal del Río Negro Camino Parque Transpantaneira 7 Reservas Particulares del Patrimonio Natural
Bolivia	Existe una zona protegida llamada San Matías, que incluye las sabanas inundables del Pantanal y Bosque Seco Chiquitano.
Paraguay	Existen dos áreas protegidas en el acuífero de referencia, Parque Laguna Inmakata con 246.925 ha y la Reserva Científica Estrella (referencia 36 y 46, respectivamente mapa adjunto del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas Paraguay SINASIP, noviembre 2003, escala 1:3.500.000 www.seam.gov.py

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Brasil, Lagoa Uberaba, Lagoa Gaíba, Lagoa Mandioré, Lagoa Baía Vermelha, Lagoa Jacadigo, Rio Paraguai, Vazante do Corichão (Piaguás), Vazante do Tendal, Rio Taquari Vazante do Corichão (Nhecolândia), Rio Negro, Rio Capivari, Rio Miranda.

En Bolivia, se considera los ecosistemas y la biodiversidad como posibles factores en amenaza si ocurren cambios en los acuíferos y el sistema hídrico en general.

En Paraguay, en la zona de influencia se encuentran ríos, arroyos y humedales, rutas de sobrevuelo de aves, zonas de aprovechamiento de aguas por animales y plantas silvestres.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Brasil, existen planes de ordenamiento territorial (uso y ocupación del suelo municipales) en Mirassol D' Oeste (aprobado antes de 1996), Cáceres (revisión en curso) y Barra do Bugres en Mato Grosso y Corumbá (aprobado) en Mato Grosso do Sul.

En Bolivia, existe el Plan de Uso de Suelos del Departamento de Santa Cruz.

En Paraguay, existe en la Dirección de Gestión Ambiental de la Secretaría del Ambiente un Proyecto de Ordenamiento Ambiental del Territorio de los Departamentos de Alto Paraguay y Boquerón apoyado por la Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco, Agencia de los EUA para el Desarrollo Internacional USAID y la UE.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Brasil, es importante citar los planes de acciones estratégicas para el Gerenciamiento Integral del Pantanal y de la Cuenca del Alto Paraguay, que abarca la región del acuífero, formulado por la ANA/GEF/PNUMA/OEA, pero que no es específico para el Acuífero Pantanal.
http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/ProgramasProjetos/docs/Sintese_Pantanal_Port.pdf)

Este plan prevé algunas acciones en la región de ocurrencia del acuífero, pero que no son específicas para este. Estas acciones tratan de una forma general de evaluaciones de recursos hídricos en regiones específicas (Taquarí y Corumbá), estudios de metales pesados, (Alto Paraguay), protección y creación de unidades de conservación, gestión de suelos y erosión (Taquarí), gerenciamiento ambiental urbano (Miranda y Apa). Rehabilitación de tierras degradadas (Poconé) y ampliación de la red de monitoreo (inclusive de aguas subterráneas).

Los Planes Estaduales de Recursos Hídricos del Estado de Mato Grosso y Mato Grosso do Sul, están, respectivamente, aprobado y en fase de aprobación.

En Paraguay, en la actualidad, con la promulgación de la Ley 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implantando una reorganización del sector, así como la reglamentación de dicha ley por la cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una gestión integrada de los recursos hídricos GIRH.

Existe en la Dirección de Gestión Ambiental de la Secretaría del Ambiente un Proyecto de Ordenamiento Ambiental del Territorio de los Departamentos de Alto Paraguay y Boquerón apoyado por la Fundación para el Desarrollo Dustentable del Chaco, Agencia de los EUA para el Desarrollo Internacional USAID y la UE.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 15S/4: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Brasil:** no hay datos sistematizados, pero debido al uso en pequeñas poblaciones en el medio rural, el beneficio social es reducido, pero el ambiental es muy grande. **Bolivia:** El uso del agua subterránea es principalmente humano consuntivo y de forma local y particular, por lo que los beneficios económicos son reducidos. **Paraguay:** Si bien existe un beneficio económico debido al uso del agua, en general para la ganadería extensiva y semi extensiva los mismos no están cuantificados.

Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Brasil:** Es altamente dependiente. **Bolivia:** No existe dependencia de la economía respecto del agua subterránea. **Paraguay:** La economía local ganadera depende directamente del uso del agua para su desarrollo.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Brasil:** El rendimiento medio anual en Mato Grosso es US$ 1.654,00 y en Mato Grosso do Sul US$ 1.752,00 (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004). **Paraguay:** El ingreso medio estimado para la zona de influencia es de US$ 120 mensuales por persona.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Brasil:** Agricultores, ganaderos, indios, poblaciones urbanas y rurales, etc. No hay datos sistematizados indicando valores de estas pérdidas. **Paraguay:** Se verán afectados, especialmente, las comunidades indígenas, la flora y la fauna silvestre.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Para los tres países, entre los tratados y normas merece destaque, el Tratado de la Cuenca del Plata que fue firmado en Brasilia (Brasil), en 1969, por cancilleres de los cinco países de la cuenca y tiene como objetivo "permitir el desarrollo armónico y equilibrado, así como el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región y asegurar su preservación para las generaciones futuras por medio de la utilización racional de los aludidos recursos".

Entre Brasil y Paraguay, se destaca el Acuerdo de Cooperación para el Desarrollo Sustentable y la Gestión Integrada de la Cuenca Hidrográfica del Río Apa, del 11 de septiembre del 2006, que procura la promoción del desarrollo sustentable de la cuenca mediante la gestión integrada de los recursos hídricos fronterizos y crea una comisión mixta de los dos países con la competencia de identificar iniciativas y proyectos de interés bilateral.

En cuanto a las acciones para mejorar la colaboración, se encuentra la implementación de los acuerdos y tratados existentes, y el desarrollo de un proyecto conjunto entre Brasil, Bolivia y Paraguay para el gerenciamiento y desarrollo sustentable del Acuífero Pantanal, que deberá considerar los aspectos institucional, ambiental, técnico, social y económico de la explotación, actualmente en análisis por el GEF.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Según Brasil, en el ámbito del Proyecto del Sistema Acuífero Guaraní - PSAG, que tuvo como propósito apoyar a Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay en la elaboración de un marco común institucional, legal y técnico de gerenciamiento y preservación del Acuífero Guaraní, algunos estudios indicaron que existe un aporte del SAG en dirección al Pantanal.

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental,

capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

Existe también en el PNRH el Programa XI – Programa de Conservación de las Aguas en el Pantanal, en especial en sus Áreas Húmedas.

En Bolivia, existen políticas de conservación del ecosistema del Pantanal, lo cual incluye los acuíferos.

En Paraguay, la política nacional de recursos hídricos apunta a la gestión integrada del recurso conforme a la Ley 3239/07 de los recursos hídricos.

AUTORES Y FUENTES

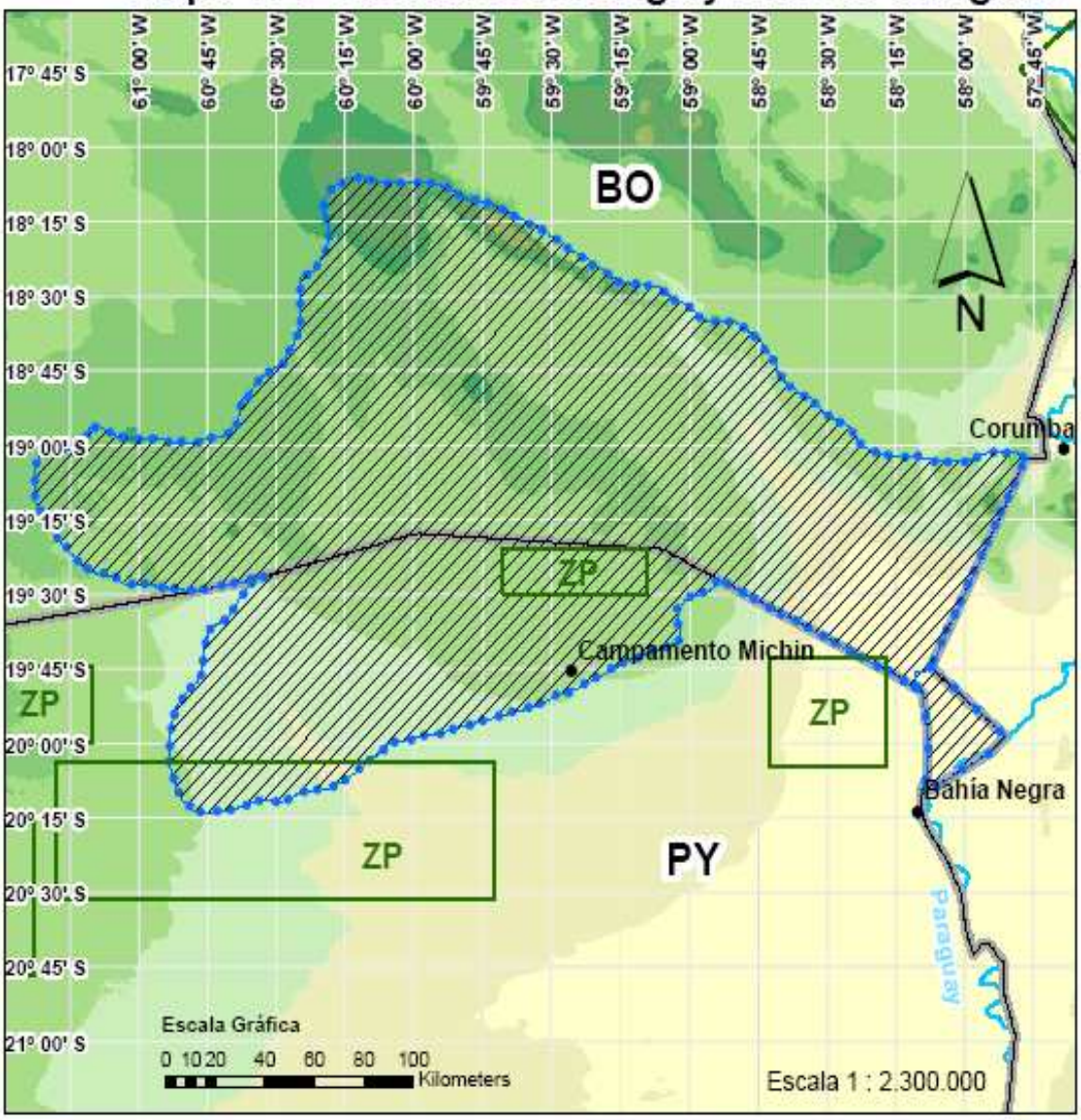
Brasil: preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva e Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas)

Bolivia: preparado con la colaboración de: SERGEOTECMIN, complementado por Mayel Sunagua

Paraguay: preparado con la colaboración de Ana María Castillo Clerici y Félix Carvallo

Sistema Acuífero Transfronterizo Agua Dulce
16S BO-PY

Mapa 16S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100

16S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO AGUA DULCE PARAGUAY-BOLIVIA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Agua Dulce es parte de una cuenca hidrogeológica regional compartida por Paraguay y Bolivia y se ubica en la porción norte del Gran Chaco Paraguayo.

En Bolivia, el acuífero está ubicado en el extremo y sureste de Bolivia que junto a su área de influencia conforma distintas formaciones acuíferas. Tiene una extensión de 35.271 km^2.

El acuífero en Paraguay tiene una superficie aproximada de 30.000 km^2.

1.2 Características del acuífero

En Paraguay, se destacan los acuíferos del Carbonífero y Cretácico. Las unidades paleozoicas confinadas mineralizadas y termales. Los acuíferos de agua dulce del Cretácico son de naturaleza granular compuesto de areniscas rojas, masivas y mal seleccionadas, además de acuíferos constituidos por areniscas friable, fina a media, confinado por capa de arcilla plástica, a veces semiconsolidada, del Terciario.

En Bolivia, la litología del mismo se caracteriza por ser sedimentaria, aglomerados, gravas y arenas, con una porosidad primaria, y los acuíferos son libres y semiconfinados.

La profundidad en Paraguay, es variable de acuerdo a las diferentes formaciones geológicas.

En Bolivia, la zona de recarga se encuentra en la Serranía de la Chiquitanía y los humedales de Otuquis o Tucavaca.

1.3 Explotación y caudales

En Paraguay, los datos de pozos del área indican un caudal de hasta 18 m^3/h en acuíferos del período Carbonífero y de 36 m^3/h, de muy buena calidad en acuíferos del Cretácico. Se lo califica como un acuífero regional de gran potencial hidrogeológico muy poco explorado.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población a continuación.

Cuadro 16S/1: Datos de población

	Paraguay	Bolivia*
• **Total:**	433 habitantes	>20.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	232 hab	20.000 hab. Puerto Suarez
• **Rural:**	101 hab.	<1.000 hab.
• **Población indígena estimada:**	3.220 hab No están contemplados en la población total porque son itinerantes.	<1.000 hab
• **Población en zonas de recarga:**		20.000 hab.
• **Población en zonas de descarga:**		<1.000 hab.

**** Datos de Bolivia según el Instituto Nacional de Estadística INE - 2001***

2.2 Usos

En la actualidad, la totalidad del agua que se extrae del Acuífero Agua Dulce en Paraguay se utiliza para satisfacer las necesidades básicas de los habitantes asentados sobre el acuífero (consumo, higiene, riego de huertas), ganadería semiextensiva.

En Bolivia, el agua del acuífero es empleada en el abastecimiento para consumo doméstico, agricultura y ganadería, como segunda fuente luego del uso de agua superficial.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

El agua extraída del acuífero cretácico es de muy buena calidad.

En Paraguay, las fuentes alternativas son: cosecha de lluvias, tajamares, aljibes (aguas nacionales), cursos de agua intermitentes (en épocas lluviosas) -con tratamiento- (nacionales).

Captación de otros acuíferos a profundidad – con desalinización- (nacional).

Según Bolivia, la zona es rica en agua superficial lacustre y humedales como el caso del Otuquis o Tucavaca.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Según Paraguay, las sequías prolongadas en la región afectaran notablemente la recarga del acuífero y consecuentemente aumentaría la tendencia a la salinización de las aguas.

El uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos, en Paraguay es para satisfacer necesidades básicas y ganadería semi extensiva.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Paraguay, en la zona en cuestión se encuentran dos tipos de paisajes. El primero, tierras naturales, conformado por bosques primarios altos, y zonas bajas de lagunas, cauces y paleo cauces que son alimentados en épocas de lluvia. El segundo tipo relacionado al paisaje es tierra productiva de ganadería semi extensiva. (Fuente: Mapa de Ordenamiento Ambiental del Territorio de los Departamentos Alto Paraguay y Boquerón, octubre 2006).

Como cobertura natural, se encuentran, los bosques primarios altos y arbustos soto bosques, y lagunas naturales.

En Bolivia, la cobertura natural original es de bosques primarios altos y arbustos en la Serranía de la Chiquitanía.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El uso actual de las tierras es de ganadería semiextensiva y, en parte, extensiva.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

La zona en cuestión no tiene agricultura, la ganadería tiene en algunos casos cultivo de pastura exótica a la región.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Por parte de Paraguay, existen cuatro sistemas de áreas protegidas en el acuífero de referencia, Parque Defensores del Chaco, con 780.000 ha, Monumento Nacional Cerro Chovoreca, de 2.472 km^2, Parque Nacional Río Negro, con 123.786 ha.

El área también se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera (UNESCO) que tiene en su totalidad 4.707.250 ha. (Referencia N° 1, 4, y 5, respectivamente. Mapa adjunto del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas Paraguay (SINASIP), noviembre 2003, escala 1:3.500.000) - www.seam.gov.py.

En Bolivia, toda el área del acuífero forma parte del Parque de Manejo Integrado Otuquis (según datos del Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP), el cual contiene uno de los humedales de mayor importancia mundial, el Otuquis. Además, contiene una diversidad biológica importante.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Paraguay, en la zona de influencia se encuentran ríos, arroyos, lagos, humedales, y rutas de sobrevuelo de aves. Como fuente de agua que recibe una importante descarga se encuentra el Río Timane, el Lago Palmar de las Islas, los arroyos y lagunas del área de influencia que reciben descarga del acuífero de referencia.

En Bolivia, la biodiversidad contenida en los humedales contiene una riqueza faunística (reservorio pesquero, pasturas naturales y plantas acuáticas) que puede verse afectada por cualquier cambio en el régimen del acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Paraguay, existe un Plan de Ordenamiento Ambiental del Territorio promovido por la Secretaría del Ambiente, en la parte de la Región Occidental o Chaco específicamente para los departamentos de Boquerón y Alto Paraguay. Este programa está en ejecución. Además, existe un Programa de Acción Subregional para el Desarrollo Sostenible del Gran Chaco Sudamericano, promovido por los países que lo integran y la agencia de cooperación alemana GTZ, el cual también se encuentra en ejecución.

En Bolivia, el Plan de Uso de Suelos del Departamento de Santa Cruz, contiene las bases fundamentales para la planificación del territorio en el área del acuífero.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Paraguay, en la actualidad, con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector, así como la reglamentación de dicha ley por la cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Existe el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio a nivel nacional implementado por la Secretaría del Ambiente y con la implementación de la Ley Nº 3139 de julio de 2007, se pretende mejorar el manejo de las aguas.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 16S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**Paraguay:** Si bien existe un beneficio económico debido al uso del agua, en general, para la ganadería semi extensiva y extensiva, los mismos no están cuantificados. **Bolivia:** La población del Puerto Suarez y las actividades productivas que se desarrollan en la zona, son los beneficiarios directos del uso de los recursos hídricos.

• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Paraguay:** La economía local ganadera depende directamente del recurso agua para su desarrollo. **Bolivia:** No existe dependencia de la economía respecto del agua subterránea.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**Paraguay:** El ingreso medio estimado para la zona de influencia es de US$ 120 mensuales por persona.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Paraguay:** Se verán afectados los indígenas que habitan en el área, la flora y la fauna silvestre. **Bolivia:** Los ecosistemas presentes en la zona pueden verse afectados.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Ambos países mencionan el Tratado de la Cuenca del Plata y Paraguay suma al MERCOSUR en relación a la protección de los recursos naturales y en particular los acuíferos.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En relación al uso del acuífero se tiene el Tratado de la Cuenca del Plata. Por otra parte, no existe colaboración entre los países para la gestión del acuífero. Se debe encarar en forma urgente un convenio específico sobre el acuífero a nivel binacional, y las acciones a tomar se refieren a la implementación del tratado existente.

AUTORES Y FUENTES

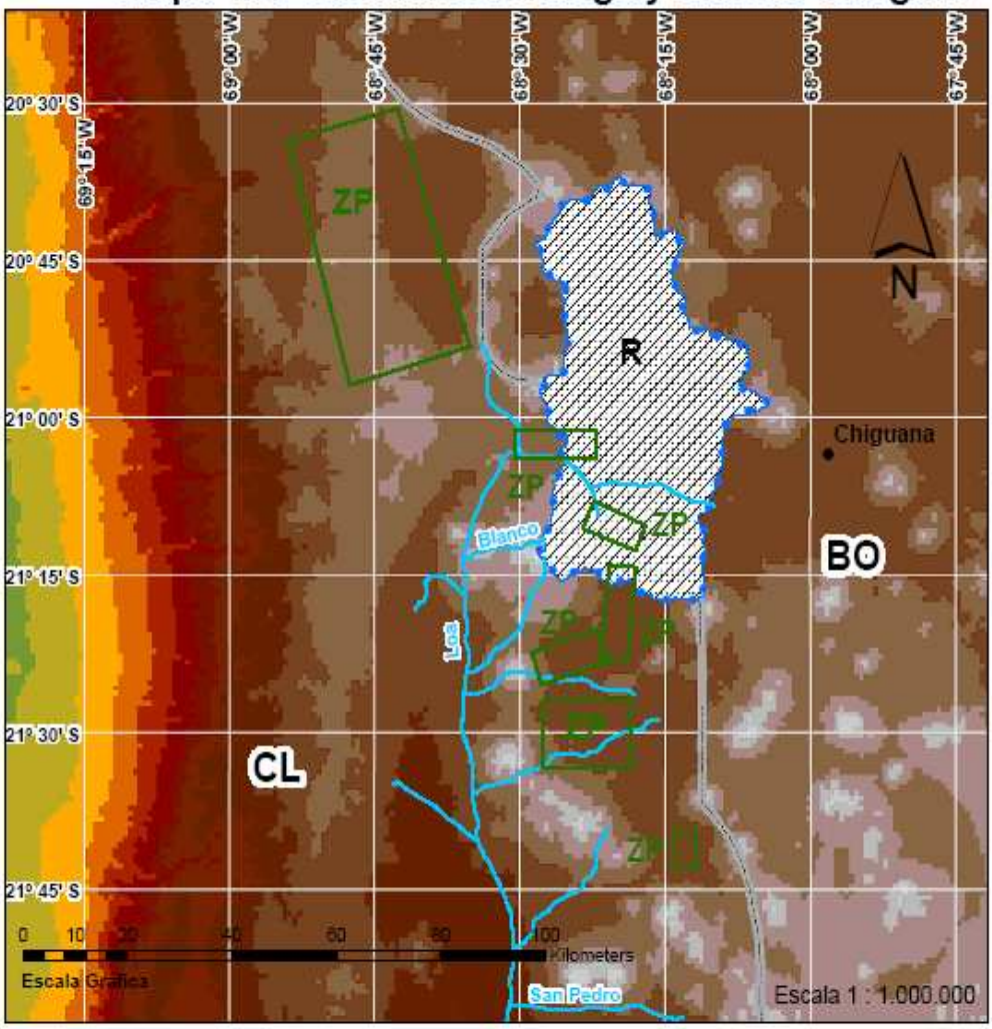
Paraguay: Preparado con la colaboración de Ana María Castillo Clerici, Félix Carvallo

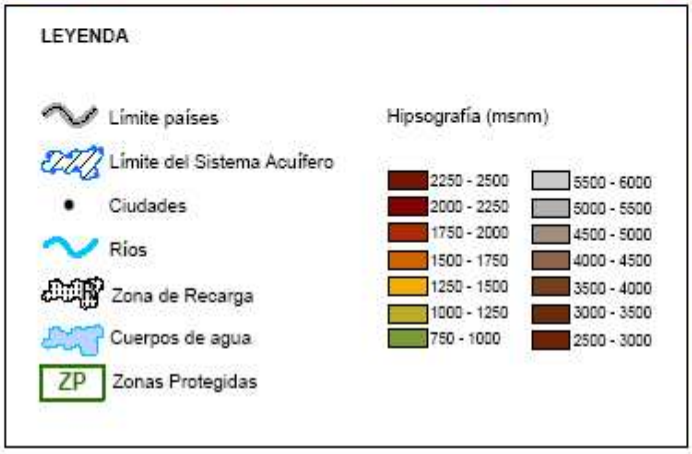
Bolivia: Preparado con la colaboración de SERGEOTECMIN y complementado por Mayel Sunagua

Sistema Acuífero Transfronterizo Olagüe

17S BO-CL

Mapa 17S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





17S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO OLLAGÜE-PASTOS GRANDES
BOLIVIA-CHILE

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Ollagüe-Pastos Grandes se ubica en la región fronteriza entre Bolivia y Chile. Se encuentra en la cordillera occidental, al sudeste de Bolivia, Departamento de Potosí, limitando por el oeste con Chile.

El área total del acuífero es de 1.956 km^2, correspondiendo 550 km^2 a la porción chilena, con unos 300 habitantes según datos del 2002 y 1.407 km^2 al lado boliviano, con una población menor a 1.000 habitantes. En detalle, se distinguen dos acuíferos, uno central que en Chile cubre 20,59 km^2, y uno secundario que cubre 1.878 km^2 aproximadamente. El área total del acuífero corresponde practicamente a la de la cuenca.

1.2 Características del acuífero

Los acuíferos son libres a confinados y se presentan en rocas fracturadas de edad terciaria, y en sedimentos cuaternarios (permeabilidad primaria y secundaria). En la región se presentan rocas volcánicas, dacitas, andesitas e ignimbritas. También depósitos de morrenas, conformados por bloques, gravas y cantos.

El acuífero central está compuesto por una cubeta mayoritariamente sedimentaria de porosidad primaria, y corresponde practicamente al área del salar; el acuífero secundario está compuesto mayoritariamente de roca volcánica con porosidad secundaria, y corresponde a toda el área en torno al salar.

El rango de espesor del sistema acuífero es de 20 a 100 m, encontrándose el nivel estático en torno a los 20 metros, y la máxima profundidad de pozos en alrededor de 250 metros.

1.3 Zonas de recarga

En Bolivia, se indica que la zona de recarga está ubicada en los estratovolcanes, que se encuentran cubiertos de nieve gran parte del año, siendo el sistema de recarga muy lento.

Según Chile, el área de recarga corresponde practicamente a la cuenca en su totalidad. Con Bolivia se comparte el acuífero primario y secundario. Para el caso del acuífero primario, no se cuenta con la delimitación total del salar.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 17S/1: Datos de población

	Chile	Bolivia
• **Total:**	300 habitantes	<1.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	0 hab.	0 hab.
• **Rural:**	300 hab. (100%)	<1.000 hab. (100%)
• **Población indígena estimada:**	300 hab. (100%)	700 hab. (70%)
• **Población en zonas de recarga:**	300 hab. (100%)	

2.2 Usos

Los principales usos son el doméstico y ganadero.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Bolivia, la calidad del agua es buena.

Según Chile, la cuenca se caracteriza por la mala calidad de sus aguas. Se han encontrado solamente 2 fuentes de calidad aceptable para el consumo humano, ambas superficiales, y con necesidad solo de cloración, las que se encuentran al oeste de la cuenca.

3.2 Otras fuentes de agua

En Chile, el Acuífero de Ascotán, la Cuenca del Río Loa, y cuencas cerradas de Alconcha, Michincha y Coposa.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

En términos generales, se han apreciado ciclos decadales húmedos y secos. Lo anterior afecta los afloramientos de orilla del salar (vertientes) y niveles de acuífero.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Bolivia, más del 80% de la superficie del acuífero es paisaje árido natural.

El Plan de Uso de Suelos del Departamento de Potosí, determina la zona como tierras de protección con uso restringido. La cobertura natural original está compuesta por vegetación arbustiva escasa, típica de clima árido.

En Chile, se presentan tierras naturales y paisaje altiplánico.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Según Bolivia, como se indicó en el párrafo anterior, más del 80% es paisaje árido natural y clasificado como uso ganadero extensivo limitado.

En Chile, hoy en día, no se le da uso industrial. Existen áreas de pastoreo asociadas a las zonas de vegas y/o bofedales. Las áreas de cultivos son de extensión mínima, y para autosustento.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Habas, zanahorias, cebollas, ajos, quinua, y la papa andina.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Chile, las vegas y acuíferos protegidos corresponden a una facultad de la DGA que limita cualquier explotación en esas zonas. Las áreas de restricción, restringen el uso del agua, pero no lo limitan totalmente.

- Chaquisienaga, Casca, Vicuñería
- Puqios
- Causisa, Cienaga Redonda
- Coasa
- Aguadita
- Palpana, Amincha
- Chaco, Quebrada del Inca
- Calixto o Carcote, Laguna el León, Sapunta, Ojo Caliente, Cuchicha

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Chile se indican como ecosistemas dependientes de aguas subterráneas a:

-Salar de Ollagüe
-Quebrada El Quince
-Quebradas al noroccidente del salar

7. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 17S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Bolivia:** El uso es practicamente nulo, por lo que el beneficio económico actual es muy bajo. **Chile**: Relevante, estaría asociado a la minería.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Bolivia:** No existe dependencia de la economía respecto del agua subterránea. **Chile**: La economía local es de muy pequeña escala, y no depende de las condiciones del acuífero, sin perjuicio de la existencia del PAT.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Chile**: La economía local es de muy pequeña escala, y no depende de las condiciones del acuífero, sin perjuicio de la existencia del PAT.

AUTORES Y FUENTES

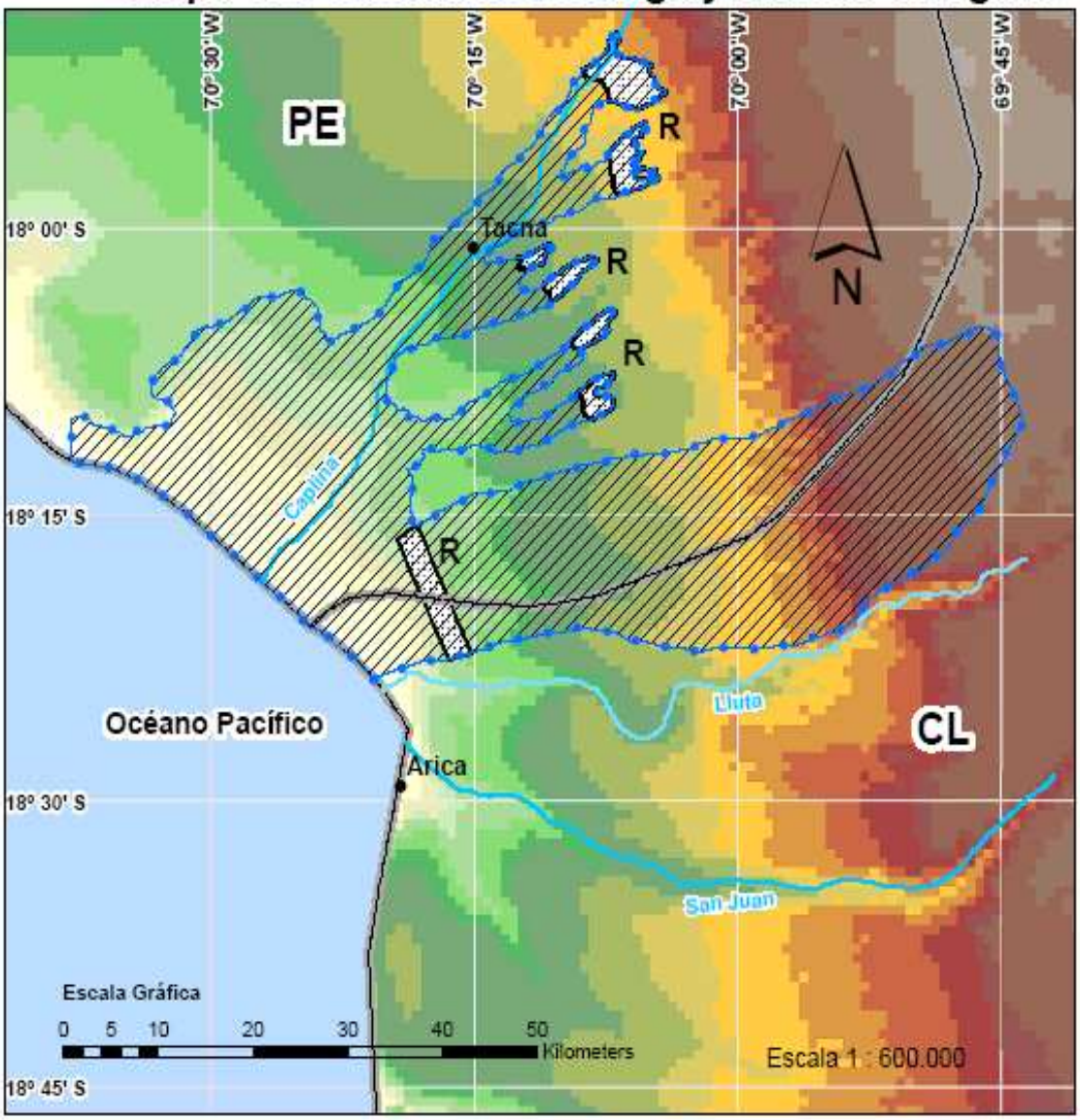
Bolivia: Preparado con la colaboración de Mayel Sunagua Coro-SERGEOTECMIN

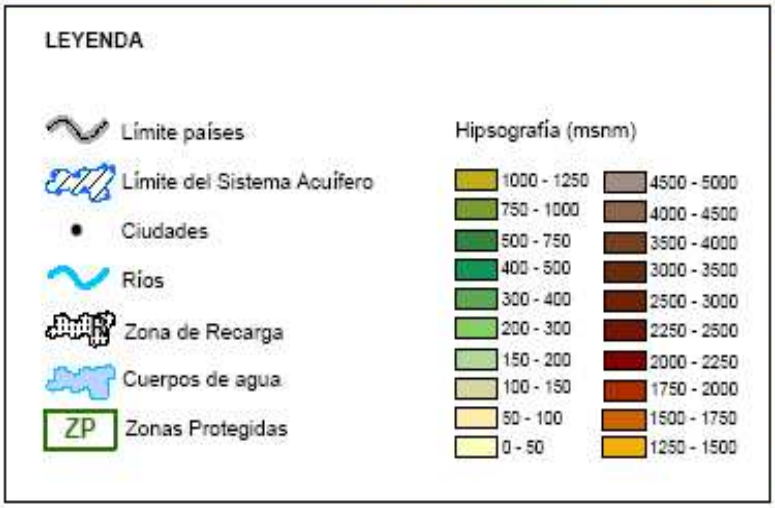
Chile: Preparado con la colaboración de Carlos Berroeta Bustos-CONAPHI

Sistema Acuífero Transfronterizo Concordia / Escritos-Caplina

18S CL-PE

Mapa 18S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





18S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CONCORDIA / ESCRITOS – CAPLINA
PERÚ-CHILE

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Concordia / Escritos–Caplina, está ubicado entre las repúblicas de Chile y Perú. Comprende principalmente las cuencas del Río Caplina y las quebradas Palca, Vilavilani, Caunani, Espíritus y Honda en el extremo de la costa sur de Perú y la Quebrada La Concordia en Chile.

El área en Perú es de 916 km^2 y la población aproximada de 294.214 habitantes, mientras que el área en Chile es de 320 km^2, con una población de 189.644 habitantes en la ciudad más cercana, aproximadamente a 10 km (2002).

1.2 Características del acuífero

En Perú, el acuífero está constituido por depósitos aluviales de edad cuaternaria. Se caracteriza por ser un acuífero libre de permeabilidad buena a media.

Según Chile, la geología del sector, en su límite sur corresponde a la Formación Oxaya, sobre la cual se identifican sedimentos recientes de origen eólico, formado básicamente por granos de cuarzo sub-redondeados.

Dicha Formación Oxaya, se encuentra ampliamente extendida en la Provincia de Arica, constituyendo en forma importante la actual superficie de erosión. En los sectores inferiores, los afloramientos están constituidos principalmente por tobas e ignimbritas marrón y grises, pudiendo localizarse hacia el techo y la base estratos de tobas riodacíticas blancas y rosadas.

La roca más común en esta formación baja corresponde a una ignimbrita marrón vitrocristalina, de composición riolítica. En las cercanías del techo del miembro inferior, un nivel ignimbrítico gris oscuro puede ser considerado como estrato guía, debido a su continuidad areal.

Respecto al relleno del valle, este corresponde en su totalidad a sedimentos marinos, principalmente conglomerados, areniscas y limolitas pardo oscuras con intercalaciones de conchas, que engranan hacia la desembocadura de la quebrada con gravas, arenas, limos y ceniza volcánica, de origen continental aluvional. En el sector bajo del área de estudio, aproximadamente desde la ruta 5 norte hacia la costa, los sedimentos se ubicarían sobre roca de la Formación Concordia, mientras que desde dicho sector hacia aguas arriba se ubicarían sobre roca de tipo volcánico y areniscas microconglomerádicas.

La caracterización de las formaciones acuíferas en el área de estudio se ha realizado a partir de los registros estratigráficos disponibles de seis sondajes ubicados en dicha área, y de los resultados de las pruebas de bombeo realizadas en algunos de los sondajes existentes.

De acuerdo a la estratigrafía disponible de los sondajes indicados, los rellenos en el área de estudio se componen principalmente de arenas de distinto tamaño, generalmente fina a media, con intercalaciones de estratos de diferentes características.

Los valores de transmisividades, determinados por estudios (Ayala y Cabrera, 1998), indican transmisividades bajas, variables en el rango de 100 a 400 m^2/día, excepto un valor puntual del orden de 1.500 m^2/día.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Perú, la profundidad de los niveles varía entre 2 y 92 m, llegando puntualmente hasta 112 m. El espesor del acuífero varía de 112 a 458 m, llegando hasta 578 m (Qda Salinas).

En Chile, de acuerdo a la información anterior, y a la caracterización geológica realizada en el sector de estudio, el espesor del relleno que sobreyace a la roca basal es considerable, del orden de los 400 m o más. En efecto, en el sondaje de mayor profundidad, se perforó hasta 432 m, sin encontrar roca basal. De la misma manera, en otro pozo ubicado a menor distancia de la costa que el anterior, se perforó hasta 300 m de profundidad, sin encontrar roca. Similar situación se desprende de la información de los restantes sondajes del área, cuyas profundidades alcanzan hasta los 200 m, sin que se haya alcanzado roca. En el caso de otros sondajes, ubicados al sur del área de estudio, en la zona baja del Valle del Río Lluta y a una distancia similar de la costa de los anteriores, se alcanzó la roca basal a profundidades de 378 m y 381 m, respectivamente, lo que concuerda con la estimación anterior.

Desde aguas abajo hacia aguas arriba, los pozos, ubicados a unos 700 m de la costa, presentan un estrato compuesto principalmente de arenisca hasta los 200 m de profundidad, bajo el cual se ubicaría un estrato del tipo conglomerado, que se extendería más allá de los 200 m. Dentro del estrato de arenisca, se ubican estratos de baja permeabilidad del tipo ceniza volcánica, con potencias del orden de 15 a 20 m.

A mayor distancia de la costa, a unos 2.000 - 3.500 m, los sondajes muestran una estratigrafía similar. En uno de ellos, la descripción proveniente de un estudio anterior señala que se tendría un estrato superior, de unos 115 m de espesor, formado por capas intercaladas de diferente tipo, compuestas de arenas, limos, cenizas volcánicas, piedra pómez y bloques de liparita o riolita, con fósiles marinos hasta los 70 m, que sobreyace a un estrato que se extiende al menos hasta los 300 m, de similar composición al anterior, pero sin fósiles y con mayor litificación. Por su parte, en el otro pozo se identificó un estrato superficial de arena fina a gruesa, de 80 m de potencia, sobreyaciendo a un estrato que llega hasta los 140 m de profundidad, formado por materiales finos.

1.4 Zonas de recarga

En Perú, la recarga natural se da en la parte alta de la cuenca (zona húmeda), y quebradas ubicadas en ambas márgenes como Viñani, Cauñani y Espíritus, a lo largo del cauce y áreas de cultivo (La Yarada).

1.5 Explotación y caudales

En Perú, la explotación de las aguas del subsuelo, se concentra en las pampas de La Yarada (63,03 hm^3/año); mientras que en la zona urbana es mínima. Actualmente, el acuífero está sobreexplotado, produciéndose la contaminación de las aguas y el fenómeno de intrusión marina y por ende la salinización de las tierras cerca al litoral.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población para la porción peruana está estimada en unos 188.759 habitantes, de los cuales 177.058 (93,8%) integran la fracción urbana, concentrada en Tacna. La población rural es menor a 1.000 habitantes y la población indígena estimada es de 11.701 habitantes (6,2%).

2.2 Usos

Los principales usos para Perú se distribuyen de la siguiente forma:

- Riego 59,0 hm^3 (93,65%)
- Doméstico 2,70 hm^3 (4,28%)
- Industria 0,70 hm^3 (1,11%)
- Público Urbano 0,60 hm^3 (0,96%)

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Según Perú, en la parte alta y media del valle el agua es de buena a aceptable calidad (410 – 1.620 μS/cm), mientras que en la parte baja, en especial cerca del litoral la calidad del agua es mala (2.790 – 8.640 μS/cm). Por tanto, se dice que la calidad del agua varía de buena a altamente mineralizada.

Por su parte, Chile, indica que en general en toda el área el contenido de cloruros y el total de sólidos disueltos es relativamente alto. Espacialmente, ambos contenidos presentan un comportamiento similar, en que los valores muestreados disminuyen a mayores distancias de la costa, y disminuyen desde el sur hacia el norte. Lo anterior se debería en parte a que los rellenos ubicados más hacia el sur del sector estudiado reciben recargas provenientes de la Cuenca del Río Lluta, caracterizadas por su alto contenido salino, mientras que hacia el norte dicho efecto decrece, ya que el agua subterránea proviene de la Cuenca de Escritos y de aquellas cuencas costeras que drenan hacia la costa en el sur del Perú.

Desde el punto de vista de su calidad para agua potable y riego, tanto las aguas de los pozos ubicados a menos de mil metros de la costa, como aquellos ubicados al sur de la coordenada UTM N 7.971.000, presentan contenidos de sólidos disueltos totales por sobre 1.000 mg/l, es decir, exceden el límite establecido por la norma chilena para agua potable, NCh 409. Similar comportamiento presenta el contenido de cloruros, que en la

misma área indicada presenta valores por sobre 250 mg/l, valor que supera los límites permitidos por las normas NCh 409 y la norma de agua para riego NCh 1.333 (200 mg/l).

Con relación a la calidad de las aguas de los pozos ubicados a más de mil metros de la costa, como aquellos ubicados al norte de la coordenada UTM N 7.971.000, analizados los resultados entregados por los distintos muestreos realizados a lo largo del tiempo, se puede observar que la calidad del recurso subterráneo se ha conservado apta para su uso en agua potable y riego.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Perú, el Acuífero del Valle Caplina, se encuentra ubicado al sur del país, el sector más árido del Perú. Actualmente, está siendo sobreexplotado, existiendo un desbalance de 20 hm^3, lo cual ha originado:

- Descenso de los niveles de agua (0,15 – 0,50 m/año),
- Incremento de la mineralización del agua
- Avance de la cuña marina (2 km de longitud)
- Grandes conos de depresión (Yarada baja)

La calidad del agua del subsuelo se viene deteriorando en las zonas cercanas al litoral en un continuo proceso de salinización; cambiando su composición de sulfatada cálcica a clorurada cálcica. La salinización es atribuida a la intrusión marina.

Según Chile, a la fecha no se registran cambios en la calidad de agua y tampoco en su disponibilidad, dado el bajo nivel de explotación y la mantención de los niveles estáticos de la red de monitoreo de la DGA.

3.3 Otras fuentes de agua

En Perú, una fuente de complemento de agua superficial para el abastecimiento a la población de la ciudad de Tacna son las aguas provenientes de los ríos Yungane (250 l/s) y Ushusuma (96 l/s), pero ante una intensa extracción de agua subterránea las alternativas son:

- La desalación del agua de mar
- Trasvase de agua desde el altiplano (Lago Titicaca)
- Perforación de pozos en el sector ubicado a 4.000 msnm, donde posteriormente las aguas serán trasladadas a Tacna (Afianzamiento Hídrico de Tacna).

En Chile, existen cuencas altiplánicas sin explotación, entre ellas Lauca, Caquena, parte alta de la Cuenca del Lluta.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

El clima, se enmarca dentro de las características ecológicas que corresponden a la formación de desierto subtropical árido.

Toda la zona es árida y de escasa precipitación pluvial (< 100 mm/año) a lo que habría que agregar una sequía de varios años que ha ocasionado la recarga mínima del acuífero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

A largo o mediano plazo los pronósticos meteorológicos indican que en el Valle Caplina aumentará la temperatura y en consecuencia disminuirá la precipitación pluvial, a causa del calentamiento global por lo que se reducirá la disponibilidad del recurso hídrico.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

La sobreexplotación ha provocado un impacto negativo en el acuífero que se traduce en descensos continuos de los niveles de agua, y el avance de la cuña marina (en ciertos sectores) hacia el continente (2 km).

Desde 1989, se declara la veda para la perforación de nuevos pozos en el acuífero. Aún así se han incrementado los pozos ocasionando un desbalance entre la oferta y la demanda.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En el Acuífero Caplina (Tacna), durante la sequía, la explotación del agua subterránea es mayormente rebasada por los usuarios.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Perú, las principales unidades de paisaje son el desierto arenoso de la Pampa de la Yarada, zonas agrícolas y zonas urbanas. La naturaleza del terreno era de carácter desnudo (poca o nula vegetación), y arenoso.

En Chile, se mencionan las tierras naturales desérticas.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Perú, los usos actuales del suelo son: urbano – industrial y agrícola en el valle.

La cobertura corresponde a los suelos desnudos, arenosos y en sectores cercanos al litoral salino.

En Chile, de acuerdo a la Corporación Nacional Forestal (1999), la zona del acuífero tiene solo dos usos: áreas desprovistas de vegetación, praderas y matorrales. No se observan usos industriales. En la zona del acuífero se localiza el Aeropuerto de Chacalluta y el paso fronterizo del mismo nombre.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Perú, los principales cultivos del distrito de riego Tacna (La Yarada) son: olivo (57 %), maíz (28 %), ají páprika (4 %) cebolla blanca (3 %), alfalfa, y otros.

6. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 18S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Perú:** El beneficio económico lo representan las actividades productivas, principalmente la agricultura, las cuales utilizan la mayor parte del volumen de agua del acuífero. En el año 2003 la agroexportación del acuífero alcanzó un monto de 8.000.000 de dólares, principalmente los cultivos de aceituna (4 millones), orégano (1.6 millones), cebolla (1.1 millones) y ají páprika (1.2 millones).
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Perú:** En Tacna, a pesar de que en la agricultura se utiliza parte de las aguas del Río Caplina, la economía local depende básicamente del agua subterránea, ubicada en el cono defectivo del Río Caplina (La Yarada).
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Perú:** En Tacna, su agricultura depende básicamente de las aguas subterráneas que se explotan del Acuífero Caplina, su explotación excesiva provocará el incremento de la salinidad del agua y por ende el deterioro de las tierras, con ella el perjuicio de la economía de los agricultores.

7. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

7.1 Interacciones entre los países

No existen tratados en relación al acuífero transfronterizo.
Entre las acciones para mejorar la colaboración, debe promocionarse el intercambio de información entre ambos países.

7.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En el Perú, el uso del acuífero en la agricultura es fundamental ya que es usado en la agroexportación.
De allí, existe una preocupación en el deterioro paulatino del acuífero que ha motivado que el estado peruano desde el año 1989 y velando por la preservación, conservación y uso sostenible de los recursos hídricos del Acuífero de la Yarada, promulgue las resoluciones ministeriales dirigidas a regular el funcionamiento del acuífero.

- R.M 00558-089 declarar la veda para la ejecución de nuevas obras destinadas a la captación de las aguas subterráneas.
- En 1998, R.M 696-98 declara mantener la veda debido a los descensos de los niveles freáticos.

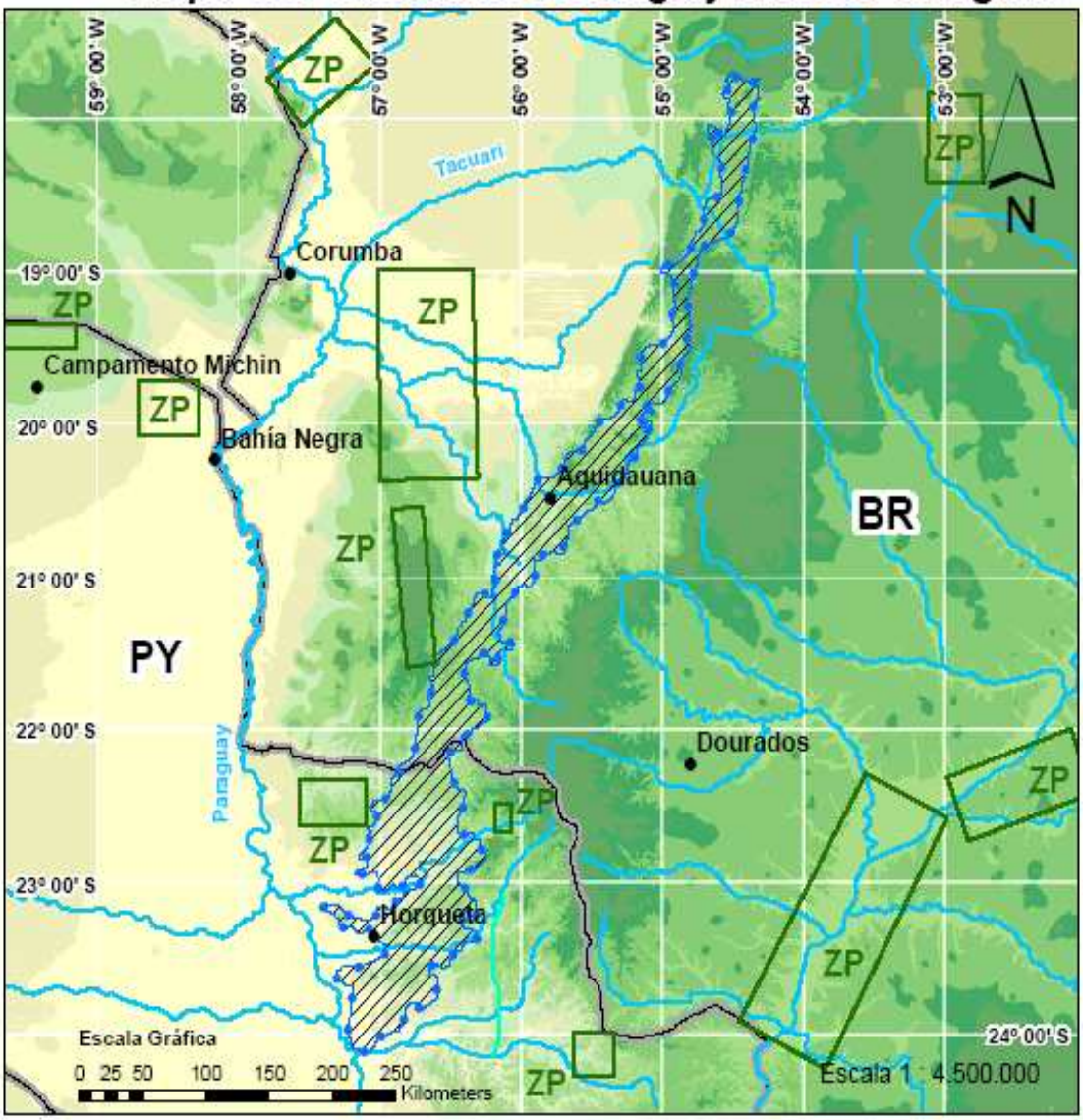
AUTORES Y FUENTES

Perú: Preparado con la colaboración de Edwin Zenteno Tupiño - Instituto Nacional de Recursos Naturales –Inrena hoy Autoridad Nacional de Agua – ANA
Basado en: Estudio Hidrogeológico del Valle Caplina-2003

Chile: Preparado con la colaboración de Carlos Berroeta Bustos-CONAPHI

Sistema Acuífero Transfronterizo Aquidauana-Aquidabán 19S BR-PY

Mapa 19S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



19S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO AQUIDAUANA-AQUIDABÁN
BRASIL-PARAGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Aquidauana-Aquidabán está localizado en la Cuenca Hidrológica del Paraná, con una extensión aproximada de 27.000 km^2, de los cuales 14.600 km^2 están en Brasil y 12.300 km^2 en Paraguay, siguiendo una dirección noreste-suroeste.

1.2 Características del acuífero

Según Brasil, la sedimentación de la Formación Aquidauana ocurre en el Carbonífero Superior y el Pérmico Superior (Paleozoico). Es una secuencia sedimentaria con intensa variación faciológica, tanto horizontal como vertical que le es característica, predominantemente arenosa de coloración rojizo. El ambiente de sedimentación es fluvio-lacustre, con sedimentos glaciares (areniscas, lutitas, varvitas, etc.). Se encuentra apoyada de modo discordante sobre las areniscas de la Formación Furnas.

Por su parte, Paraguay indica que la gran diversidad litológica en la Formación Aquidabán/Coronel Oviedo sugiere una amplia diferenciación faciológica lateral y vertical en el área. La presencia de areniscas y arcillitas con estratificación planoparalelas, areniscas con dropstones, diamictitas y ritmitas, indican claramente un ambiente glacial a periglacial continental, transicional y marino raso.

Tiene un espesor de 400 m, permeabilidad muy baja y drenaje malo a regular en las areniscas finas.

1.3 Explotación y caudales

En Mato Grosso (Brasil), está bastante explotado, y ocurre hidrotermalismo. En el Estado de São Paulo, alcanza grandes profundidades, lo que dificulta su explotación.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población a continuación.

2.2 Usos

En Brasil, el uso principal es el abastecimiento humano.

Según Paraguay, en la actualidad, la totalidad del agua que se extrae del acuífero Aquidabán/Aquidauana-Cnel. Oviedo, se utiliza paran satisfacer las necesidades del servicio de provisión de agua potable para comunidades rurales del Distrito de Bella

Vista Norte, y rural y urbana de los distritos de Yby Yaú y Horqueta. El porcentaje de uso del acuífero para la actividad descripta sería del orden del 90 %, mientras que el 10 % restante se distribuye en pequeñas industrias, comercio y riego de pequeños cultivos.

Cuadro 19S/1: Datos de población

	Brasil	Paraguay
4. Total:	140.000 habitantes (IBGE, 2009)	81.948 habitantes
5. Urbana y principales ciudades:	Coxim y Aquidauana.	18.611 hab. Bella Vista, Horqueta, Yby Yaú.
6. Rural:	Aproximadamente 1/3 de la urbana	66.337 hab.
7. Población indígena estimada:	9.000 hab.*	13.564 hab.

* Cálculo realizado con base en el levantamiento realizado en el *Caderno Regional Bacia hidrográfica do Paraguai* de PNRH (2007). Fue hecha una estimación del área de la subcuenca que coincide con el área de afloramiento del acuífero y posteriormente se verificó las comunidades incluidas en esta área sumándose el número de individuos de cada población, siendo por tanto, un cálculo meramente indicativo.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Agua generalmente buena a regular, apta para consumo humano y otros usos, de características bicarbonatadas cálcicas. No se registran cambios en cuanto a la disponibilidad y calidad del agua del acuífero.

3.2 Otras fuentes de agua

En Brasil, los ríos Negro, Miranda, Nioaque, Aquidauana, Taquari, Oiriqui y Vermelho.

En Paraguay, cursos de agua internacional – Río Apa (internacional Paraguay-Brasil), y cursos de agua internos -con tratamiento- (nacionales).

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Brasil, en los últimos 30 años, las precipitaciones sobre la Cuenca del Plata aumentaron entre 10 y 15%, estando condicionadas por los fenómenos La Niña y El Niño.

Las condiciones climáticas de la región son influenciadas por las corrientes del Brasil y de las Malvinas. Existen proyecciones de aumento de temperatura, hasta alcanzar un aumento de 2 a 5 grados hasta el año 2100. Fuente: Programa Marco.

En Paraguay, en la zona de influencia del acuífero de referencia no se tienen informaciones, no obstante en una estación cercana, en la ciudad de Concepción (coordenadas 23° 25' sur y 57° 18' oeste), al oeste de Horqueta, se han registrado datos de lluvia entre los años de 1951 a 1999, cuya tendencia es ligeramente positiva.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Previsión de aumento ligero de precipitación, pero se espera una posible disminución en el régimen de recarga por el cambio de uso de la tierra.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías prolongadas tienen efecto sobre la recarga del acuífero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

No existen planes, pero se prevé que el uso se intensifique en estos períodos, para satisfacer necesidades de los sistemas de agua potable, pequeñas industrias y comercio.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Brasil, en la zona en cuestión se encuentran seis tipos de paisajes: urbano, bosques continuos en galerías, uso agropecuario mecanizado, uso agropecuario no mecanizado, praderas naturales altas, praderas bajas inundadas (esteros y pantanos).

En el planalto predominan los cerrados. Se destacan la vegetación tropical, los cerrados, los campos limpios, vegetación caducifolia y vegetación perennifolia ciliar, con predominancia de los cerrados.

En Paraguay, la cobertura de tierras naturales son bosques continuos en galerías, praderas naturales altas, praderas bajas inundadas (esteros y pantanos).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Brasil, el principal uso actual de la tierra es el agropecuario.

En Paraguay, el uso actual de las tierras es uso agropecuario mecanizado y no mecanizado, pequeñas industrias en las zonas urbanas de Horqueta, Bella Vista e Yby Yaú.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Brasil, los principales sistemas productivos son agropecuario, soja, maíz, caña de azúcar, trigo, arroz y algodón.

En Paraguay, el uso agropecuario mecanizado se ha intensificado en los últimos 20 años y ocupa, aproximadamente, el 60 %, mientras que el uso agropecuario no mecanizado

está en el orden del 38 %, el 2 % restante se distribuye en pequeñas industrias y comercios de la región y transfronterizos.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Brasil:

- Parques Estaduales: do Pantanal do Rio Negro, João Basso y Serra da Sonora.
- Estradas Parques: de Piraputanga y Cachoeira da Fumaça-Jaciara.

Paraguay:
Existen tres sistemas de áreas protegidas en el acuífero de referencia:

- Parque Paso Bravo, de 103.018 ha
- Parque Serranía San Luis, de 10.282 ha
- Parque Bella Vista, de 7.311 ha

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En la zona de influencia se encuentran ríos, arroyos, y humedales, rutas de sobrevuelo de aves.

Las fuentes de agua que reciben descarga del acuífero son, en Brasil, los ríos Negro y Miranda, mientras que en Paraguay son los ríos Apa, Aquidabán e Ypané y humedales asociados.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Brasil, los Planes Directores Municipales son planes de ordenamiento, uso y ocupación del suelo, y están presentes en 48 municipios en el área de ocurrencia del acuífero. Existen Planes de Ordenamiento Territorial (uso y ocupación del suelo municipales), en Poxoréu, Jardim, Bela Vista, Coxim (aprobados), en Rio Verde de MT (aprobado, con revisión en curso) y Aquidauana, Anastácio y Rondonópolis (revisado en aprobación).

En Paraguay, existen iniciativas por parte del gobierno nacional en un programa de ordenamiento territorial a nivel nacional, el cual está en etapa de diseño.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Brasil, el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de São Paulo 2004-2007. El Plan de Recursos Hídricos de São Paulo presenta monitoreo de calidad de agua subterránea, mapas de vulnerabilidad y balances hídricos.

http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1133/perh.pdf

El Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de Mato Grosso fue aprobado y el de Mato Grosso do Sul debe ser aprobado este año (2009).

Es importante citar el Plan de Acciones Estratégicas para el Gerenciamiento Integrado del Pantanal y de la Cuenca del Alto Paraguay, que abarca la región del acuífero, formulado por la ANA/GEF/PNUMA/OEA, pero que no es específico para el Acuífero Pantanal.
(http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/ProgramasProjetos/docs/Sintese_Pantanal_Port.pdf)

Este plan prevé algunas acciones en la región de ocurrencia del acuífero, pero que no son específicas para este. Estas acciones tratan de una forma general las evaluaciones de recursos hídricos en regiones específicas; estudios de metales pesados, protección y creación de unidades de conservación, gestión de suelos y de erosión, gerenciamiento ambiental urbano, rehabilitación de tierras degradadas y ampliación de la red de monitoreo (inclusive de aguas subterráneas).

En Paraguay, en la actualidad, con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector, así como la reglamentación de dicha ley por el cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

El programa de ordenamiento territorial a nivel nacional tiene por objetivo el manejo sostenible de los recursos naturales. A tal efecto, se define la zonificación y reglamentación de los usos de suelo, se establecen las normas, disposiciones y facultades especiales para fortalecer la capacidad de gestión departamental, para un escenario de un desarrollo integral del territorio, por lo tanto, las actividades previstas sobre el acuífero podrían influenciar en la recarga del mismo.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 19S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**Paraguay:** Si bien existe un beneficio económico debido al uso del agua, en general, para la agricultura, pequeñas industrias y comercio, los mismos no están cuantificados.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Brasil:** Dependencia media a alta del uso del agua del acuífero. **Paraguay:** La economía local agrícola e incipientemente industrial depende directamente del recurso agua para su desarrollo.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**Paraguay:** El ingreso medio, estimado, para la zona de influencia es de entre US$ 120 y 150 mensuales por persona.

• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Brasil:** Agricultores, ganaderos, indios, poblaciones urbanas, etc. No hay datos sistematizados indicando valores de estas pérdidas. **Paraguay:** Se verán afectados, especialmente, las comunidades indígenas, los humedales, la flora y la fauna silvestre.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Entre los tratados/normas merece destaque el Tratado de la Cuenca del Plata, que fue firmado en Brasilia (Brasil), en 1969, por los Cancilleres de los cinco países de la cuenca y tiene como objetivo "permitir o desarrollo armónico y equilibrado, así como el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región y asegurar su preservación para las generaciones futuras por medio de la utilización racional de los aludidos recursos".

La creación del CIC, es una forma de colaboración entre los países.

También se debe destacar el Acuerdo de Cooperación entre el Gobierno de la República Federativa de Brasil y el Gobierno de la República del Paraguay para el Desarrollo Sustentable y la Gestión Integrada de la Cuenca Hidrográfica del Río Apa, del 11 de setiembre de 2006. En el Paraguay, el acuerdo fue sancionado por la Ley N° 3465/2008 y en Brasil fue sancionado por el Decreto Legislativo N° 601/2009.

También existe el tratado de cooperación en capacitación entre Brasil y Argentina que contempla la cuestión de acuíferos transfronterizos.

El MERCOSUR tiene el Programa Marco donde la gestión del agua es uno de sus ejes principales.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En Brasil, en São Paulo, está en desarrollo el Proyecto Acuíferos que procura promover la protección de los acuíferos del estado identificando las áreas críticas y sensibles en términos de calidad y cantidad y creando mecanismos de control y restricción para propiciar condiciones de uso sustentable del agua subterránea por el gobierno del estado.

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

En Paraguay, actualmente, con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector, así como la

reglamentación de dicha ley por la cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

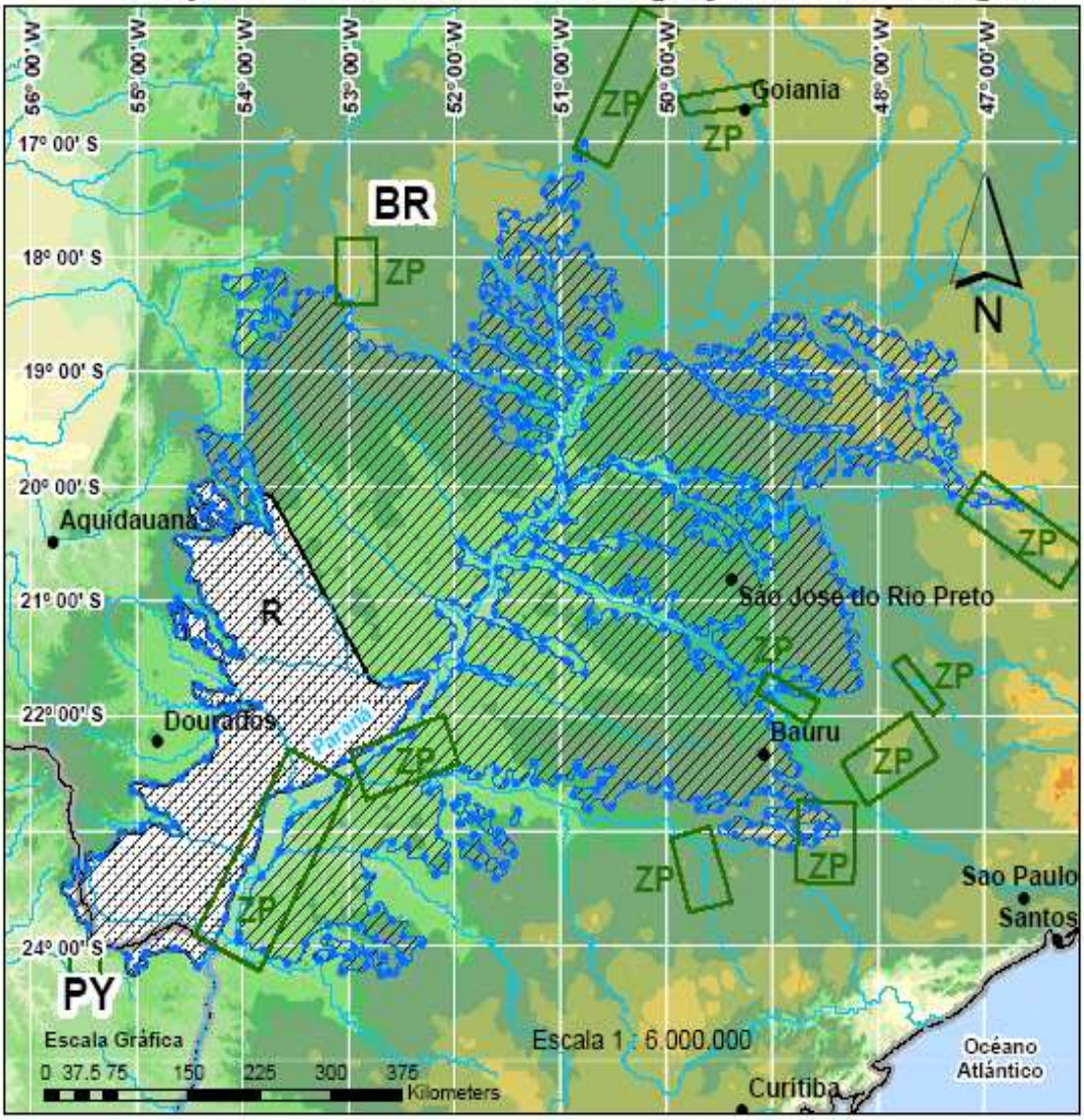
AUTORES Y FUENTES

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva e Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas)

Paraguay: Preparado con la colaboración de Ana María Castillo Clerici, Félix Albino Carballo, Néstor Cabral

Sistema Acuífero Transfronterizo Caiuá_Bauru-Acaray 20S BR-PY

Mapa 20S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 1500 - 1750
- 1250 - 1500
- 1000 - 1250
- 750 - 1000
- 500 - 750
- 400 - 500
- 300 - 400
- 200 - 300
- 150 - 200
- 100 - 150
- 50 - 100
- 0 - 50

UBICACIÓN GENERAL 20S BR-PY

20S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO CAIUÁ/BAURU-ACARAY BRASIL- PARAGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Caiuá/Bauru-Acaray está ubicado en la Cuenca Hidrográfica del Río Paraná, ocupando un área de aproximadamente 300.000 km^2, en la región noroeste de Paraguay principalmente al norte del Departamento de Canindeyu en la frontera con Brasil, donde se encuentran los estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso del Sur, Goiás y Minas Gerais.

En Brasil, tiene una extensión aproximada de 280.000 km^2, con una población estimada de 13.000.000 habitantes. (Fuente: PNRH/2007).

En Paraguay, su extensión es de aproximadamente 18.454 km^2, con una población aproximada de 36.384 habitantes, según datos del 2002.

1.2 Características del acuífero

El acuífero es poroso, de tipo libre, constituido por rocas de los grupos Bauru y Caiuá. La sedimentación ocurrió en dos fases: la primera en condiciones esencialmente desérticas y la segunda semiárido, con mayor presencia de agua.

Las litologías presentes están representadas por areniscas finas, macizas, con bajo tenor de matriz, areniscas finas a medias con buena selección (Caiuá). Areniscas groseras inmaduras, con abundantes nódulos y cemento calcáreo, bancos de areniscas finas intercaladas con fangolitas y siltitos (Bauru).

El espesor es variable, con valor medio de 200 metros y máximo de hasta 300m.

La zona de recarga la compone toda el área del acuífero aflorante.

1.3 Explotación

El sistema acuífero es intensamente explotado por ser de fácil acceso y bajo costo para la perforación de pozos.

2. POBLACIÓN, Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Ver cuadro de datos de población en la siguiente página.

2.2 Usos

En Brasil, no existe una estimativa por uso para el agua subterránea. El principal uso del acuífero es para abastecimiento doméstico e industrial, siendo intensamente explotado en algunas regiones, como en la mitad oeste del Estado de San Pablo, donde ya ocurre contaminación. En el Estado de Paraná, el Acuífero Caiuá es usado para abastecimiento público del 80% del área de ocurrencia.

En Paraguay, en cuánto a los usos, el 50% es para riego, el 10% doméstico, y un 40% para agroindustria.

Cuadro 20S/1: Datos de población

	Brasil	Paraguay
• **Total:**	13.000.000 habitantes (PNRH 2007)*	36.384 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	11.050.000 hab. (85%)**	16.276 hab. (45%)
• **Rural:**	1.950.000 hab. (15%)**	20.108 hab. (55%)
• **Población indígena estimada:**		20.589 hab. (57%)

* Cálculo realizado teniendo como base los levantamientos de los Cadernos Regionais de las regiones hidrográficas del Paraná y Uruguay del PNRH (2007). Fue utilizada una comparación de las áreas de ocurrencia y afloramiento del acuífero y las poblaciones, siendo por tanto, un cálculo meramente ilustrativo.

** El porcentaje de las poblaciones rurales y urbanas fue estimado teniendo como base los levantamientos de los Cadernos Regionais de las regiones hidrográficas del Paraná y Uruguay del PNRH (2007), teniéndose en cuenta las medias de los porcentajes de las poblaciones de las diferentes unidades hidrográficas, descontando la del Tietê.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

El agua del sistema acuífero es, generalmente, buena para consumo humano y otros usos. En algunas regiones se da presencia de nitratos de causa antrópica. Las aguas del acuífero presentan, de modo general, baja concentración salina, con valores de residuo seco raramente alcanzando 300 mg/l. Fuente: Mapa de Aguas Subterrâneas do Estado de São Paulo – 2005.

El Estado de São Paulo dispone de red de monitoreo de calidad de agua, con presencia de contaminación.

En Paraná, las aguas se presentan poco mineralizadas, siendo del tipo cálcico-sódicas (oligominerales).

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Brasil, el Acuífero Bauru-Caiuá por ser de tipo libre presenta problemas de contaminación, principalmente por nitratos en el Estado de São Paulo-SP.

En Paraguay, no existe información pero por los cambios del uso de la tierra, el avance de las poblaciones, y la falta de infraestructura, se presume disminución en la recarga, aumento de la descarga artificial (pozos) y contaminación de los niveles superficiales.

3.3 Otras fuentes de agua

En Brasil, los ríos de la Cuenca del Río Paraná.

En Paraguay, acuíferos más profundos (Alto Paraná y Guaraní), ambos transfronterizos y arroyos (en muchos casos colmatados o contaminados).

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Brasil, en los últimos 30 años, las precipitaciones sobre la Cuenca del Plata aumentaron entre un 10 y 15%. Las precipitaciones están condicionadas por los fenómenos de La Niña y El Niño. Las condiciones climáticas de la región son influenciadas por las corrientes del Brasil y de las Malvinas. Existen proyecciones de aumento de temperatura, hasta alcanzar un aumento de 2 a 5 grados hasta el año 2100. Fuente del Programa Marco.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Según Brasil, existe una previsión de aumento de precipitaciones. Por su parte, Paraguay, indica que los cambios climáticos regionales influirán directamente en el régimen de las precipitaciones futuras. Debido a que el acuífero se recarga directamente de las precipitaciones, cualquier variación en el régimen de estas, afectaría directamente en la recarga del mismo.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

El acuífero de tipo libre, sufre mayores impactos de secas e inundaciones, afectando directamente el nivel freático de las aguas del acuífero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Paraguay, se utiliza para satisfacer necesidades de los sistemas de agua potable y usos agropecuarios.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 20S/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Brasil	Planaltos. Relieve aplanado.	Dominada por el Bioma de Cerrado, que se encuentra bastante devastado en la región de ocurrencia del acuífero. Presencia de áreas de Mata Atlántica.
Paraguay	Urbano. Bosques residuales. Uso agropecuario mecanizado, praderas naturales altas, praderas bajas inundadas (esteros y pantanos)	Bosques continuos en galerías, praderas naturales altas, praderas bajas inundadas (esteros y pantanos).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Brasil, el uso actual de la tierra es para actividades agropecuarias. El uso actual de las tierras paraguayas es agropecuario mecanizado y pequeñas industrias en la zona urbana de Salto del Guairá.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Brasil, los principales cultivos son de caña de azúcar, citricultura y soja

En Paraguay, el uso agropecuario mecanizado se ha intensificado en los últimos 20 años y ocupa, aproximadamente, el 98 %; el 2 % restante se distribuye en pequeñas industrias y comercios de la región y transfronterizos.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Brasil:

- Parque Estadual: Lago Azul.
- Reservas Estaduales: Pontal de Paranapanema e Lagoa de São Paulo.
- Estaciones Ecológicas: Noroeste Paulista, Caetetus e Assis.
- Reserva Biológica : Pindorama
- Reserva Forestal: Jurena

En Paraguay, no existen áreas protegidas en el área de influencia del acuífero, existe un programa en la Dirección de Planificación Estratégica, Oficina Nacional de Lucha contra la Desertificación y Mitigación de la Sequía de la Secretaría del Ambiente. Este programa se está implementando a nivel nacional pero está incipiente.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Brasil, los cursos dependientes de agua subterráneas son pequeñas cañadas (llamadas veredas). En el Estado de Goiás, las áreas de ocurrencia del Acuífero Caiuá concentran las mejores condiciones de recarga y la mayor densidad de nacientes siendo también la principal fuente de agua responsable por la regularización de los ríos Verdão, dos Bois, Doce, Claro, Aporé y el curso medio-bajo de los ríos Corrente y Verde. Fuente: Hidrogeología del Estado de Goias (2006).

En Paraguay, parte del afloramiento pertenece a la Reserva de Biosfera Mbaracayú.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Brasil, los Planes Directores Municipales son planes de ordenamiento, uso y ocupación del suelo. Son 48 municipios en el área de ocurrencia del acuífero, que presentan Planes Directores Municipales, siendo de estos 11 que están aprobados y 37 en revisión y aprobación.

En Paraguay, la Secretaría del Ambiente (SEAM) tiene un Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio a nivel nacional. El otro programa de ordenamiento territorial a nivel nacional, liderado por la Secretaría Técnica de Planificación, se encuentra en etapa de diseño.

El Programa de Ordenamiento Territorial a nivel nacional tiene por objetivo el manejo sostenible de los recursos naturales. A tal efecto, se define la zonificación y reglamentación de los usos de suelo, se establecen las normas, disposiciones y facultades especiales para fortalecer la capacidad de gestión departamental, para un escenario de un desarrollo integral del territorio, por lo tanto las actividades previstas sobre el acuífero no influenciarán en la recarga del mismo.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Brasil, se encuentra el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de San Pablo 2004-2007. http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1133/perh.pdf

Este plan presenta monitoreo de calidad de agua subterránea, mapas de vulnerabilidad y balances hídricos. En elaboración se encuentra el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de Minas Gerais y el Plan Estadual de Gestión de los Recursos Hídricos de Goiás (elaborado en 1999). Además, fue elaborado en 2009 el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de Mato Grosso do Sul, con previsión de aprobación también en 2009.

En Paraguay, en la actualidad, con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector,

así como la reglamentación de dicha ley por la cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Además, existe un programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio a nivel nacional implementado por la Secretaría del Ambiente y con la implementación de la Ley 3139 de julio de 2007, se pretende mejorar el manejo de las aguas.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 20S/3: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**Paraguay:** Si bien existe un beneficio económico debido al uso del agua, en general, para la agricultura, pequeñas industrias y comercio, los mismos no están cuantificados.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Brasil:** Dependencia media a alta del uso del agua del acuífero. **Paraguay:** La economía local agrícola e incipientemente industrial depende directamente del recurso agua para su desarrollo.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**Paraguay:** El ingreso medio estimado para la zona de influencia, es de entre US$ 130 y 150 mensuales por persona.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Paraguay**: Se verán afectados, especialmente, las comunidades indígenas, la flora y la fauna silvestre.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Entre los tratados/normas merece destaque el Tratado de la Cuenca del Plata, que fue firmado en Brasilia (Brasil) en 1969, por los Cancilleres de los cinco países de la cuenca y que tiene como objetivo "permitir el desarrollo armónico y equilibrado, así como el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región y asegurar su preservación para las generaciones futuras por medio de la utilización racional de los aludidos recursos".

Existen tratados a nivel del MERCOSUR, en relación a la protección de los recursos naturales y se han realizado reuniones transfronterizas entre Paraguay y Brasil a nivel departamental y de municipalidades, con miras a la protección de los recursos hídricos transfronterizos.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Actualmente, está en funcionamiento el Proyecto Sistema Acuífero Guaraní-PSAG que tiene como propósito apoyar a Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay en la elaboración de un marco común institucional, legal y técnico de gerenciamiento y preservación del Acuífero Guaraní. Como el Acuífero Caiuá-Bauru se encuentra superpuesto al Guaraní, en este marco podría ser utilizado.

En San Pablo se encuentra en desarrollo el Proyecto Acuíferos que tiene como objetivos promover la protección de los acuíferos del estado identificando las áreas críticas y sensibles en términos de calidad y cantidad y creando el mecanismo de control y restricción para propiciar condiciones de uso sustentable del agua subterránea por el gobierno del estado.

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

Este acuífero es muy importante (según Paraguay), debido a que es más superficial que el infrayacente: el Acuífero Alto Paraná-Serra Geral, que tiene porosidad secundaria y es más costoso de explotar debido al tipo de roca. Estos factores también representan su vulnerabilidad por lo que se debe proteger para su sostenibilidad.
No existe en el país ningún proyecto específico sobre este acuífero, solamente los tratados supranacionales como el MERCOSUR y otros a nivel departamental, en relación a la protección de los recursos naturales.

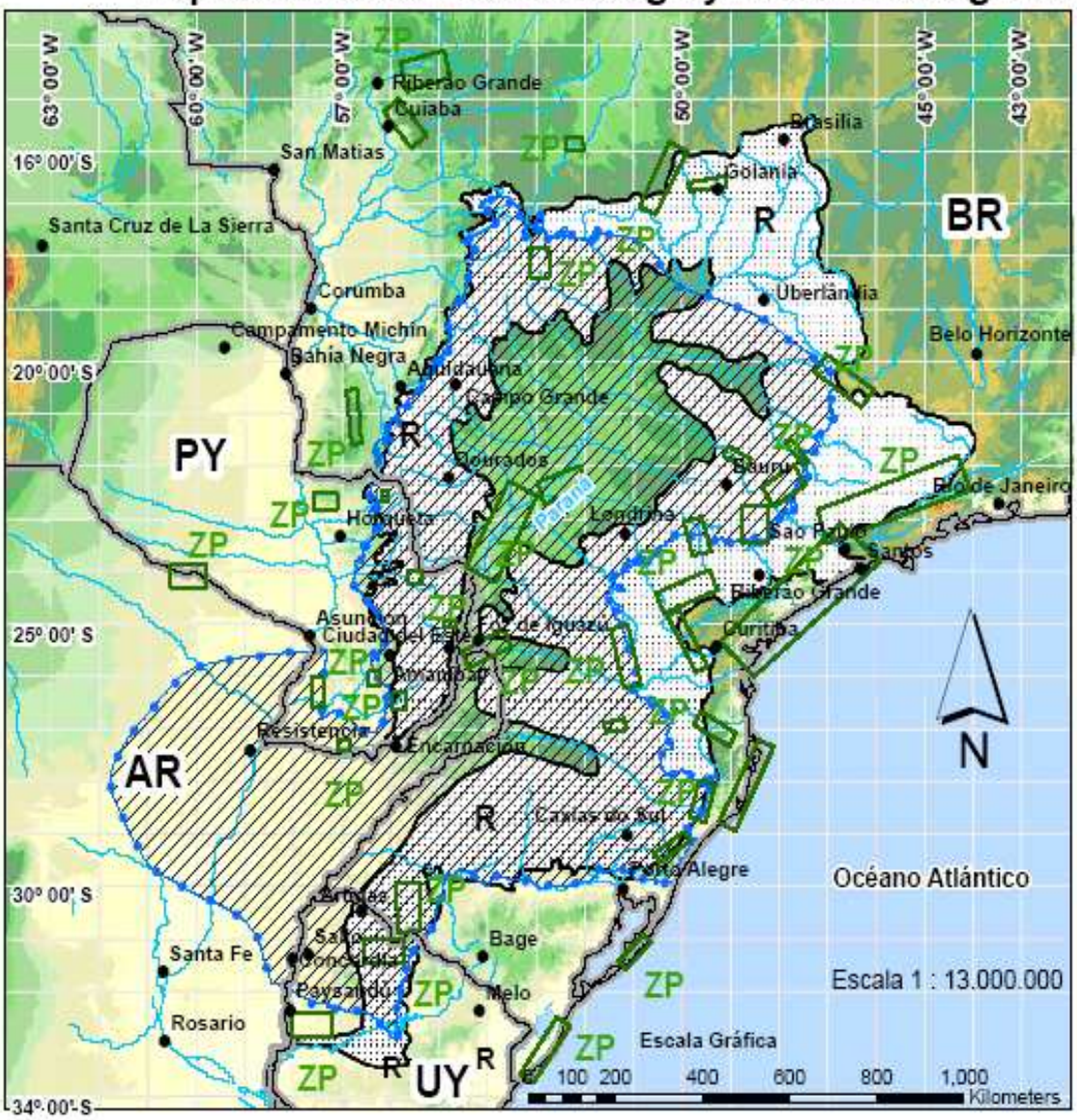
Brasil indica que en cuanto a la colaboración, existe la creación y funcionamiento del CIC, la cual es una forma de colaboración entre los países. También existe el tratado de cooperación en capacitación entre Brasil y Argentina, que contempla la cuestión de los acuíferos transfronterizos.

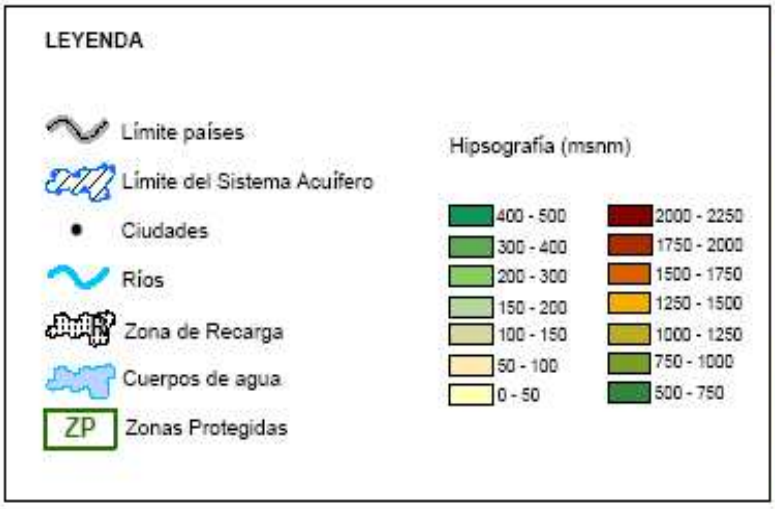
AUTORES Y FUENTES

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva e Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas)

Paraguay: Preparado con la colaboración de Ana María Castillo Clerici, Félix Carvallo

Sistema Acuífero Transfronterizo Guaraní
21S AR-BR-PY-UY
Mapa 21S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





21S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO GUARANÍ ARGENTINA- BRASIL- PARAGUAY-URUGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Guaraní subyace en los territorios de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, entre los paralelos 16º y 32º sur y los meridianos 47º y 60º oeste y sus límites son determinados por las áreas de ocurrencia de las unidades geológicas que lo constituyen, que están localizadas en las extremidades este y oeste de la Cuenca del Paraná, con una extensión total aproximada de 1.087.879 km^2.

Cuadro 21S/1: Extensión (en km^2)

Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
228.255	735.918	87.536	36.170

La población residente sobre el área de ocurrencia del acuífero fue estimada en aproximadamente 90 millones de habitantes, lo que significa cerca de la mitad de la población de los cuatro países donde el SAG está presente.

1.2 Características del acuífero

El Sistema Acuífero Guaraní corresponde a las unidades estratigráficas y acuíferas ya conocidas en cada país como Misiones (Argentina y Paraguay), Botucatu y Pirambóia (Brasil) y Tacuarembó (Uruguay). En la región sur de Brasil, se agregan al SAG nuevas unidades estratigráficas, a saber: Formación Caturrita y Santa María.

El SAG es la unidad hidroestratigráfica más importante de la parte meridional del continente sudamericano y está asociado al conjunto de rocas formadas por sedimentos originados de la acumulación mecánica de partículas detríticas (producidas por la descomposición/erosión de rocas, denominadas “siliciclásticos” – gravas, arenas, limos y arcillas) de la Cuenca del Paraná (Brasil y Paraguay), Cuenca Chacoparanaense (Argentina) y Cuenca Norte (Uruguay).

Los diversos aspectos de la geometría, compartimentación y arquitectura de esta extensa cuenca y de su correspondiente capa de sedimentos fueron controlados por grandes elementos estructurales, denominados arcos y sinclinales, que ejercían la función de divisores físicos de la cuenca y área fuente de los sedimentos. En este amplio contexto geológico estructural, el SAG fue definido como el conjunto de rocas sedimentarias mesozoicas continentales clásticas que están presentes en las cuencas del Paraná y Chacoparanaense. Su base está limitada estratigráficamente (disposición de las capas) por una discordancia regional permotriásica (250 millones de años) y su parte superior, por los derrames basálticos de la Formación Serra Geral (aproximadamente 145-130 millones de años).

Se trata de un criterio operativo fundamentado en bases estratigráficas e hidrogeológicas con validez regional y que tiene como premisa la identificación de la superficie erosiva

basal de edad permotriásica reconocida en gran parte de la Cuenca del Paraná. Esta superficie de discordancia regional coloca al SAG en contacto con unidades litoestratigráficas de características hidráulicas diversas (en la parte norte de la cuenca, las arcillas de la Formación Corumbataí, y en la parte sur, las unidades arenosas de las formaciones Rio do Rasto, Sanga do Cabral, Tacuary y Buena Vista

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Los espesores del conjunto de rocas entre la discordancia permo-eotriásica y los basalto de la Formación Serra Geral (definición del SAG), varían de 638 m en el Estado de Mato Grosso do Sul (pozo 2-RP-1-MS), llegando a practicamente desaparecer en las proximidades de la frontera entre los estados de Santa Catarina y Rio Grande do Sul y en el territorio argentino (pozo en São João do Oeste – SC, presenta un espesor del SAG de 8 m). En promedio, el espesor del acuífero no supera los 250 m.

Con respecto a la profundidad de las areniscas que conforman el SAG, se pueden encontrar desde aflorantes a más de 1.500 m.

Las profundidades de los pozos son variables dependiendo de la zona de ocurrencia en que nos encontremos, así tenemos perforaciones que rondan los 50-100 m en zonas aflorantes a perforaciones de más de 1.000 m en la zona confinada.

1.4 Zonas de recarga

Las principales y más evidentes áreas de descarga y recarga regional de las aguas del SAG están asociadas a las zonas de afloramiento. Las áreas de afloramiento, sin embargo, presentan una dinámica propia de flujo local en función de características geomorfológicas, pudiendo presentar zonas que ejercen la función de recarga y otras de descarga. En estas áreas, parte de las recargas alimenta el flujo de base de las redes de drenaje existentes. Esta dinámica del SAG ejerce influencia sobre las áreas de humedales del Pantanal brasileño. Estudios isotópicos realizados en los humedales de Iberá (Argentina) y Ñeembucú (Paraguay) no confirmaron la ocurrencia de descargas subterráneas del SAG. Casi todo el límite oeste del SAG constituye un área de descarga que alimenta la red de drenaje formadora de la Cuenca del Río Paraguay hasta el Departamento de San Pedro, en Paraguay.

Las áreas de afloramiento del SAG suman 124.650 km², de las cuales cerca de 80.000 km² de este total (64%) representan áreas de recarga.

1.5 Explotación y caudales

En general, los pozos presentan relativamente baja productividad con extracciones promedio inferiores a 100 m³/h. Sin embargo, ciertos pozos utilizados para abastecimiento público presentan caudales superiores a dicho promedio. Al comparar los caudales de los pozos con el promedio de sus respectivas profundidades, en cada uno de los países, se evidencia una relación directa, en la cual los mayores caudales ocurren en pozos de mayor profundidad.

Se observa que 90% de la extracción actual ocurre en territorio brasileño, siendo el Estado de São Paulo el área con mayor número de pozos y uso de agua.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La distribución de la población residente en el área de ocurrencia del SAG es bastante diferente de la verificada en los cuatro países, la mayor parte de la población residente sobre el SAG es brasileña, cerca del 90% del total, que representa casi la mitad de la población de Brasil. En Paraguay, más de la mitad de la población (55,91%) vive sobre el SAG, aunque este contingente represente apenas 3,54% de la población total sobre el SAG como un todo. Con relación a Argentina y Uruguay, el porcentaje poblacional residente sobre el SAG en relación a la población total de los respectivos países está en torno de 21%. Sin embargo, mientras en Argentina esta población representa 8,64% del total poblacional del SAG, en Uruguay alcanza apenas 0,78%.

La distribución de la densidad poblacional en el área de ocurrencia del SAG no es uniforme, varía desde áreas con vacíos poblacionales hasta áreas con densidades que rebasan el rango de 1.500 habitantes/km^2 en el Estado de São Paulo.

Brasil, Argentina y Uruguay presentan un cuadro poblacional preponderantemente urbano, con cerca de 80 a 90% de la población viviendo en las zonas urbanas en el ámbito de los límites del SAG, mientras que en Paraguay, cerca de la mitad de la población vive en el campo. Esta información es importante para futuras proyecciones sobre los usos y demandas de aguas subterráneas del SAG.

2.2 Usos

El uso principal actual del agua del SAG, sea en número de pozos o caudal explotado, es el abastecimiento público. En Argentina los pozos registrados son explotados únicamente para fines recreativos. En Uruguay y Paraguay, más del 90% del agua extraída es destinada al abastecimiento de centros urbanos. En Brasil, a pesar de prevalecer el abastecimiento público, se observa un uso más diversificado del agua.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Las aguas del SAG se presentan en general potables, con baja mineralización (indicada por las conductividades < 1.000 µS/cm) y baja velocidad de flujo. Presentan valores de pH bastante variables, entre 4,5 y 11, pero en la mayoría de los casos, están próximos a neutro. Localmente pueden existir áreas con mayores concentraciones de sulfatos y concentraciones de flúor superiores a los niveles previstos por las normas de calidad para uso doméstico.

Áreas con poca circulación regional de agua suelen estar asociadas con una mayor salinidad (esto ocurre en las partes centrales de la cuenca, especialmente en los estados brasileños de Paraná, Santa Catarina y Rio Grande do Sul). Cuando la salinidad sobrepasa los límites aceptables, el agua presenta restricciones a ciertos usos, como es el caso del extremo sur del SAG y en su límite oeste en Argentina (inferidas a partir de perfiles eléctricos en pozos para prospección petrolífera). En algunos pozos localizados

en las zonas termales en el sur del SAG, hay evidencias que el agua presenta, además de la salinidad, concentraciones elevadas de otros elementos inorgánicos que exigen un análisis específico para su uso.

Desde el punto de vista hidroquímico, considerando siempre la escala de trabajo y las simplificaciones inherentes, son reconocidas cuatro principales zonas hidroquímicas para el SAG:

• Zona I (Tipo A): caracterizada por la presencia de aguas principalmente bicarbonatadas cálcicas, y subordinadamente aguas bicarbonatadas calco-magnésicas y calco-sódicas, con poca mineralización, reflejada principalmente en las bajas conductividades eléctricas observadas. Esta zona está localizada próxima a la faja de afloramientos contorneando la zona de confinamiento del SAG. Presenta anchos variables, siendo más estrecha en la región este, pudiendo alcanzar cerca de 150 km en la región oeste, principalmente en el Estado de Mato Grosso do Sul (Br).

• Zona II (Tipo B): caracterizada por la presencia de aguas principalmente bicarbonatadas sódicas, donde el acuífero ya se presenta más confinado, con mayor grado de mineralización, reflejado principalmente en las conductividades eléctricas medias observadas. Esta zona presenta una sub-zona localizada a lo largo del Río Uruguay, entre los territorios de Argentina y Uruguay, donde las aguas son caracterizadas por la presencia del anión cloruro en su composición.

• Zona III (Tipo C): caracterizada por la presencia de aguas principalmente sulfatadas cloruradas sódicas, subordinadamente con presencia de bicarbonato, altamente mineralizadas, lo que se refleja principalmente en las altas conductividades eléctricas observadas. Esta zona es coincidente con la "calha" central de la Cuenca del Río Paraná.

• Zona IV: Esta zona fue caracterizada por medio de observaciones indirectas, en perfiles eléctricos de pozos de petróleo perforados en las provincias de Entre Ríos, Chaco, Formosa y Santiago del Estero (Ar). Son posiblemente aguas cloruradas sódicas, con alta mineralización, lo que determina la baja resistividad eléctrica observada en los perfiles geofísicos (< 2Ωm), permitiendo estimar conductividades eléctricas superiores a 10.000 µS/cm.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Se reconoce el problema de nitrato en análisis de agua en determinados pozos. En la porción confinada del acuífero es probable que esté relacionado a aspectos de construcción, pozo mal ubicado y/o fuera de norma. En la zona no confinada y en áreas urbanas el origen debe estar asociado a la contaminación antrópica, fundamentalmente por falta de saneamiento en zonas urbanas.

En algunos casos muy localizados se observa leve aumento de la salinidad, probablemente por aportes de agua de formaciones con mayor contenido de sales que el SAG.

En cuanto a cambios en disponibilidad, hay regiones de Brasil, como Ribeirão Preto, en el Estado de São Paulo, donde ya se han presentado casos de descensos importantes de

los niveles de agua debido a una explotación intensiva. Ribeirão Preto es una ciudad de aproximadamente 500.000 habitantes que se abastece 100% del SAG.

3.3 Otras fuentes de agua

Como fuentes de agua alternativas se tienen los Sistemas Acuíferos sobreyacentes al SAG (sedimentarios y basaltos) y recursos hídricos superficiales, dada la extensa red de drenaje que existe en el área de ocurrencia del Sistema Acuífero Guaraní.
Así, a modo de ejemplo, Argentina menciona los sistemas acuíferos Salto-Salto Chico, Litoral Cretácico y Serra Geral. Por su parte Paraguay menciona como fuentes superficiales nacionales los ríos Ypané, Jejuí, Aguaray, Tebicuary mí, Capiibary, Río Corrientes.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Los principales aspectos climáticos del sudeste de América del Sur son los centros de alta presión casi estacionarios del Pacífico y del Atlántico Sur y el centro de baja presión en el noroeste de Argentina y sur de Bolivia, originada en la interacción entre los Andes, vientos del oeste en altos niveles y el calentamiento de la superficie (Liechtenstein, 1982). Esta situación, asociada a las dos fuentes posibles de vapor de agua en el sudeste de América del Sur – el Océano Atlántico y el bosque tropical sudamericano – ayuda a explicar el ciclo de precipitaciones en el área de ocurrencia del SAG.

El ciclo anual promedio y la precipitación media anual fueron calculados con base en datos de 176 estaciones de la región que registraron la precipitación durante 30 años (1968 a 1997). El campo de lluvia anual acumulada durante el período muestra un gradiente en dirección a la costa del Atlántico. Existen dos zonas de máximos: la primera está comprendida entre los meridianos 48º y 56º O, al norte del paralelo 24º S donde la precipitación asciende por encima de los 1.300 mm anuales; y la segunda comprende el sur de Brasil, la región de Misiones y el este de Paraguay. En esta región la precipitación anual supera los 1.600 mm. La cantidad de lluvia decrece hacia el oeste y sudeste (Uruguay).

La distribución mensual media de lluvia para el período muestra algunas particularidades. Toda la región norte del SAG es marcada por la ocurrencia de una estación seca durante el invierno y una lluviosa, correspondiendo al período de verano. Esta evolución anual está asociada al desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical sobre el continente, produciendo un efecto monzónico importante. En dirección hacia la frontera entre los territorios paraguayos y argentinos, región sudoeste de la zona de ocurrencia del SAG, se observa un aumento en la precipitación durante el invierno en comparación con la parte norte del área. Este comportamiento también se observa en la región sur del territorio brasileño, acentuándose en Uruguay, donde llueve mucho en el invierno. Sin embargo, a pesar del aumento de las lluvias en el invierno, los mayores índices pluviométricos predominan en el verano.

Reportes sobre la variación media de la temperatura en el área de ocurrencia del SAG (calculada con base en los datos de 181 puestos de medición continua, también colectados de 1968 a 1997) identifican que las temperaturas más altas se producen en la región noroeste del acuífero, durante los meses de verano, con disminución del gradiente de temperatura en dirección a la parte sudeste del acuífero, durante todo el año, y en dirección al Océano Atlántico. Durante los meses de invierno, las temperaturas medias varían de 10 ºC, en la porción sur del área de ocurrencia del SAG a 19 ºC en la porción norte, mientras que en la estaciones de transición las temperaturas medias presentan valores intermediarios.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En el marco del desarrollo del Proyecto Sistema Acuífero Guaraní, para el período de tiempo comprendido entre el año 2081 a 2090 mediante cálculos numéricos fueron previstos dos escenarios climáticos, utilizando modelos regionales de resolución media de 50 km y con base en escenarios socioeconómicos posibles. Los cálculos generaran valores medios anuales, estacionales, mensuales y diarios para las distintas variables. Los escenarios A1 y B1 fueron definidos de la siguiente forma:

• A1 - Presume un mundo heterogéneo, con la preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional y desarrollo económico regional inferior al de otras previsiones. Se trata de un escenario crítico.

• B1 - Presume un mundo que enfatiza las soluciones locales, un aumento continuo de la población inferior al observado en el escenario A1 y niveles intermedios de desarrollo económico. Se trata de un escenario moderado.
Las variables utilizadas fueron precipitación, temperatura y déficits y excesos hídricos en el suelo. Sus respectivos resultados están descritos a continuación:

Precipitaciones
La precipitación en la región de estudio aumentará principalmente en otoño. Se mantienen las actuales tendencias positivas de precipitación.

Temperaturas
En términos generales, la previsión del escenario A1 es un aumento de temperatura media global de 3 °C hasta 2080. El escenario B1 prevé un aumento de 2,3 °C. Las más grandes variaciones, deberán ocurrir en la región norte del SAG (Estados de Mato Grosso do Sul y Mato Grosso en Brasil, región central de Paraguay y porciones del norte de Argentina) y, principalmente en los meses de invierno y primavera.

Déficits y excesos
Los principales aspectos climáticos de interés para la región pueden ser resumidos de la siguiente manera:

• La disponibilidad de agua en el suelo disminuirá sustancialmente en la zona noroeste del acuífero, donde los déficits se incrementan marcadamente, especialmente en el escenario A2. Las principales áreas afectadas se encuentran en territorio paraguayo y brasileño entre los paralelos 15º y 20º S y los meridianos 49º y 57º O. Esta región de

Brasil, de acuerdo a los modelos existentes, presenta valores de excesos de aproximadamente 300 mm anuales. Ambos escenarios (A1 y B1) advierten déficits entre 300 y 1.000 mm.

• El extremo oeste de la zona de estudio, entre el paralelo 23º y 30º S en Argentina, registra déficits del orden de 300 mm anuales. Sin embargo los escenarios proyectan un desplazamiento de la isolínea para el este, mucho más profundo en el caso del escenario A1, donde los déficits superan los 900 mm anuales. En el caso del escenario B1, el desplazamiento es menor, así como la intensidad del déficit previsto.

• Ambos escenarios prevén la reducción de la zona de excesos que abarca el sur de Brasil, este de Paraguay, Uruguay y toda la región argentina, salvo el extremo oeste señalado en el punto anterior. En el caso del escenario B1, los excesos son mayores (aproximadamente 900 mm anuales) en el área brasileña localizada en 27º S 52º O.

• Esta reducción de la disponibilidad de agua se presenta en todas las estaciones del año, aunque será más acentuada en la primavera y verano. En el caso de verano, principalmente en el escenario A1, todo el acuífero presenta menor disponibilidad, con reducción acentuada del área de exceso.

• En el caso del invierno, no fueron previstos grandes cambios cuando se compara la climatología actual y los posibles escenarios futuros. La zona norte del área de estudio parece tener mayores déficits y la zona de Uruguay presenta mayores excesos localizados en el caso del escenario B1.

• El otoño muestra también cambios evidentes. La climatología actual modelada presenta excesos en toda la región excepto en el noroeste. Sin embargo, ambos escenarios muestran que la zona de excesos disminuirá sustancialmente, se limitará a la región entre 26 y 28º S en el caso del escenario A1 y restringirá al sur de Brasil, Uruguay y la región del Río de la Plata en el escenario B1.

• En el caso de la primavera, el área de excesos ubicada en el sudeste en la climatología actual disminuye en los escenarios. Pero la característica más importante es el aumento en la intensidad de los déficits en el norte que cambian desde 200 mm a valores mucho más altos (880 mm en A1 y 600 mm en B1) en la porción noroeste.

• Con relación a la zona sudeste del acuífero, caracterizada por excesos hídricos anuales, no parece existir tendencia hacia mayores cambios. Solo se observa una leve disminución de los excesos sobre todo en el escenario A1. Inclusive, con los aumentos de precipitación previstos, el balance de agua en la atmósfera dependerá también de los cambios de temperatura que, para la región del acuífero, son considerables. Puede haber errores en estos datos por efectos de bordes.

• La reducción de los excesos en el sudeste del acuífero se produce en dos escenarios en todas las estaciones del año, salvo en el invierno. El escenario A1 es el que prevé las reducciones más acentuadas.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Cuadro 21S/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Argentina	-Zonas urbanas -Tierras naturales -Selvas -Bosques -Zonas productivas (agrícola-ganadera) -Humedales -Reservas Naturales -Cuerpos de agua -Ríos y arroyos	-Selvas -Bosques Residuales -Uso agropecuario Mecanizado -Praderas naturales -Praderas bajas inundadas
Brasil	-Sierras en forma tabular -Cañones -Escarpas -Campos -Planaltos	-Cerrado -Mata Atlántica -Bosques con Aracauria -Bosque estacional (decidua y semidecidua) -Campos en general -Bosque de pinos
Paraguay	-Urbana -Bosques residuales -Uso agropecuario mecanizado -Praderas bajas inundadas	-Bosques del tipo atlántico(continuo) -Praderas naturales -Praderas bajas inundadas
Uruguay	- Zonas Productivas, naturales y urbanas	-Praderas Naturales

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El uso del suelo en el área de ocurrencia del SAG es predominantemente agrícola. El análisis multitemporal evidencia que en los últimos 30 años hubo un avance importante de áreas agrícolas sobre áreas de bosque natural. Las clases de uso que presentaron los mayores cambios fueron:

- La clase de uso agrícola, que ocupaba 22% del territorio en el período 1973-1980, pasó a ocupar el 47 % en el escenario actual.

- La clase de uso correspondiente al bosque denso (bosque nativo), que ocupaba 9% del territorio en el período 1973-1980, pasó a ocupar 2% en 2007.

- La clase de uso correspondiente a los bosques degradados, que ocupaba 33% del territorio, pasó a ocupar 6%.

- Las tierras sin cultivar, que ocupaban 23% del territorio en el período 1973-1980, disminuyeron hasta el año de 1990 y después se estabilizaron con la ocupación del orden de 18% del territorio.

Por otro lado, si se analizan las clases de uso de bosque denso y bosque degradado en conjunto, se observa que en el período 1973 y 1980 ocupaban 42% de la superficie del SAG y por el avance de las actividades agropecuarias se redujo a un 8% en la actualidad. La expansión de la clase de uso agrícola presentó la segunda variación (25%) dado que su mayor desarrollo se produjo sobre las áreas de vegetación nativa.

5.3 Principales cultivos o sistemas productivos

Cuadro 21S/3: Principales cultivos o sistemas productivos

	Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
Cultivos	-Arroz -Sorgo -Soja -Girasol -Tabaco -Cítricos -Yerba mate -Te	- Soja. -Trigo -Maíz -Tabaco -Fruta -Caña de azúcar	- Soja - Trigo - Maíz - Colza - Yerba mate	-Arroz -Cítricos -Horticultura -Caña de azúcar -Ganadería extensiva.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Argentina: Provincia de Corrientes: Sitio Ramsar Lagunas y Esteros del Iberá. Provincia de Misiones: Reserva de Biosfera Yabotí

Brasil: Reserva Biológica da Serra Geral, do Sertãozinho e do Aguaí, Parque Nacional dos Aparados da Serra, Serra Geral, das Emas,do Iguaçu, de Ilha Grande, de São Joaquim e da Serra do Tabuleiro, Estação Ecológica Noroeste Paulista e Jataí, Parque Estadual de Paraúna, Reserva Estadual Pontal do Paranapanema, Lagoa de São Paulo e Area de Relevante Interesse Ecológico da Serra do Tigre.

Paraguay: En el área de influencia existen ocho (8) áreas protegidas de diversas categorías:

Refugio Biológico Carapa	2.575 ha
Reserva Biológica Limoy	13.396 ha
Reserva Biológica Itabó	17.879 ha
Refugio Biológico Pikiry	1.109 ha
Refugio Biológico Tati Yupi	1.915 ha
Monumento Científico Moisés Bertoni	200 ha
Reserva Natural Kuri`Y	2.000 ha
Reserva Para Parque Ñacunday	2.000 ha
Área de Recursos Manejados San Rafael	74.848 ha.

Uruguay: Valle del Lunarejo, Estero de Farrapos

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Regionalmente, a partir de las zonas de recarga hasta la áreas de descarga, el flujo de las aguas subterráneas del sistema, presenta una tendencia direccional de flujo norte hacia sur, paralelo el eje de la Cuenca del Paraná, desde la confluencia entre los estados de Paraná y Mato Grosso do Sul con territorio paraguayo. Es importante considerar que todas las áreas de afloramiento presentan una dinámica propia de flujo regional y a su vez presentan características de flujo locales con zonas ejerciendo la función de recarga o descarga locales. De todas formas, en dichas áreas de afloramiento parte de las recargas acaban por alimentar el flujo de base con las redes de drenaje existente.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Argentina, no existe un plan de ordenamiento territorial específico para la zona del acuífero. Se encuentra en proceso de preparación el Plan Estratégico Nacional: "Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial." Cada provincia debe integrar su propio plan de ordenamiento territorial al Plan Nacional. Se encuentra en marcha además el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de ordenamiento territorial a la fecha.

En Brasil, los Planes Directores Municipales son planes de ordenamiento, uso y ocupación del solo. Son 170 los municipios en el área de ocurrencia del acuífero que presentan Planes Directores Municipales, siendo que de éstos, 70 están aprobados y 100 en revisión en aprobación.

En Paraguay, existen iniciativas por parte del gobierno nacional en un programa de ordenamiento territorial-ambiental a nivel nacional y transfronterizo. Este ordenamiento implementado contempla la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

En Uruguay, se cuenta con la Ley 18308: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Argentina, existe un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos. Se encuentra en consenso el Plan Regional de Recursos Hídricos, que abarca las provincias de Formosa, Chaco, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos y Corrientes. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de manejo de recursos hídricos.

En Brasil hay algunos estados que cuentan con Planes Estaduales de Recursos Hídricos, más o menos actualizados: São Paulo, Paraná, Goiás, mientras que en otros estados

dichos planes están en elaboración: Minas Gerais y Santa Catarina, Mato Grosso y Mato Grosso do Sul.

En Paraguay, existe a nivel nacional el Proyecto Piloto Itapúa del SAG localizado en el Departamento de Itapúa. En esta misma área del piloto, actualmente está en vigencia otro proyecto con la cooperación del Gobierno Alemán de Manejo Sostenible y Protección de Aguas Subterráneas, BGR-SEAM (www.pas-py.org).

Con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector, así como la reglamentación de dicha ley por el cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

Uruguay cuenta dentro de su normativa con el Plan de Gestión del Acuífero Infrabasáltico Guaraní (Decreto 214/000 y modificativos N°s 11/001 y 295/001), Normas Técnicas Constructivas de Pozos (Decreto 86/004), Junta Asesora del Acuífero Guaraní (Resolución Presidencial N° 769/001).

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 21S/4: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Argentina:** Por turismo y balneoterapia en la Provincia de Entre Ríos, más de US$ 15.000.000 por año. **Paraguay:** En la zona de influencia del acuífero de referencia es grande el beneficio económico debido al uso del agua, en particular para la agropecuaria intensiva, industria y comercio nacional y transfronterizo **Uruguay:** El principal beneficio económico derivado del uso del acuífero es el proveniente del turismo termal, estimado en US$ 25.000.000 anuales
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Argentina:** No de este acuífero. **Brasil:** Dependencia media a alta del uso del agua del acuífero. El Municipio de Ribeirão Preto en SP con 567.917 habitantes es totalmente abastecido por el acuífero **Paraguay:** La economía local agropecuaria, la industria y el comercio dependen directamente del recurso agua, tanto superficial como subterránea para su desarrollo **Uruguay:** El turismo termal depende 100% del acceso al recurso agua del acuífero.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Paraguay:** Se verán afectados, especialmente, las comunidades indígenas, la flora y la fauna silvestre. **Uruguay:** Turismo termal y abastecimiento público urbano

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

La voluntad de proteger el acuífero y la percepción del carácter transfronterizo de esta iniciativa unió los cuatro países en torno al Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG).

Durante la ejecución del PSAG, y en gran medida gracias a él, las estructuras técnicas, legales e institucionales relacionadas a la gestión de los recursos hídricos subterráneos se desarrollaron de forma acelerada. Definitivamente el tema "aguas subterráneas" fue introducido en la agenda de los cuatro países que acogen al SAG.

Como resultado de este contexto de realización de estudios y experiencias conjuntas y de la integración de conocimientos, fueron obtenidos los siguientes resultados:

1. Hubo un avance del conocimiento técnico y una gran producción de datos. Fueron elaborados manuales de procedimientos para los actores vinculados al recurso en la región. Fueron además, establecidos los pilares técnicos y la visión regional, indispensables para la gestión sostenible de los recursos subterráneos. Merece ser destacado:

> (i) La elaboración de cartografía geológica e hidrogeológica, con detalles de la geometría y comportamiento del SAG, basada en el consenso y correlaciones de unidades estratigráficas entre los cuatro países.
>
> (ii) La creación de un banco de datos de pozos tubulares, disponible para todos los actores interesados y conectado con los principales sistemas de banco de datos de la región.
>
> (iii) Diseño de una red de monitoreo regional de pozos incluyendo la selección de los pozos integrantes (en áreas confinadas y de afloramiento) y los respectivos protocolos de muestreo.
>
> (iv) La construcción de modelos conceptuales y matemáticos de flujo regional (diseñado para evaluar escenarios regionales de usos del agua vía macro alteraciones en el uso y ocupación del suelo) y local en las áreas piloto (herramienta directa de gestión y solución de problemas locales).
>
> (v) La implementación y alimentación del Sistema de Información del Sistema Acuífero Guaraní (SISAG), que utiliza las tecnologías más modernas de la información y geoprocesamiento.

2. Una consecuencia de los avances mencionados fue el desarrollo de la regulación sobre aguas subterráneas en los cuatro países que abrigan al SAG (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) con aumento de la jerarquía jurídica y la precisión técnica de las normas. La legislación fue perfeccionada al dar tratamiento específico al tema "aguas subterráneas", lo que no ocurría antes de 2000.

3. Quizás en ningún otro cuerpo acuífero transfronterizo del mundo se ha llegado al grado de armonización y de avance técnico conjunto como en el caso del SAG. Este logro fue resultado directo de los esfuerzos de cooperación entre los países, que superaron las heterogeneidades relacionadas a sus capacidades técnicas e institucionales. Sin esta cooperación, los avances alcanzados individualmente en cada país no hubieran sido tan expresivos y estarían dispersos, sin posibilidad de compartirlos o replicarlos bajo un marco de gestión común.

4. Fue elaborado un Análisis de Diagnostico Transfronterizo (ADT). Su proceso de construcción tuvo como base un amplio proceso de consulta y participación promovido en cada uno de los países a través de las Unidades Nacionales de Ejecución del Proyecto (UNEPs). Actores relevantes también participaron de este proceso; entre ellos, representantes de los estados y municipios involucrados, organizaciones de la sociedad civil y comisiones locales de los Proyectos Piloto. Fueron identificadas las causas de los principales problemas, los vacíos de información y las acciones de mitigación necesarias para solucionar los temas críticos del SAG: la protección de la calidad y cantidad de agua y su gestión.

5. Ha sido probado un mecanismo de cooperación regional, con instancias de participación y decisión de ámbito nacional en diferentes niveles, como el Consejo Superior de Dirección del Proyecto (CSDP), Coordinaciones Nacionales (CN), el Colegiado de Coordinación (CC) y las Unidades Nacionales de Ejecución del Proyecto (UNEP). Además, fue constituida una Secretaría General del Proyecto (SGSAG) como órgano técnico regional, punto de convergencia y de partida de las iniciativas de cada uno de los países en el PSAG. Se contó con la participación de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (SG/OEA) como la agencia regional de ejecución de los fondos del FMAM y del Banco Mundial, como la agencia GEF para su implementación. La creación de dichos espacios de discusión e intercambio proporcionó un aumento progresivo de capacidades técnicas e institucionales, el fortalecimiento de las relaciones de confianza y la difusión de lecciones aprendidas en todos los niveles. El PSAG elaboró el primer PEA en el mundo relacionado a la gestión de aguas subterráneas transfronterizas que fuera apoyado por el FMAM, por medio del Programa Operativo 8.

6. A través del "Fondo Guaraní de las Universidades", fue implementado un mecanismo exitoso de apoyo a actividades de investigación y capacitación académicas sobre aspectos ambientales y sociales del SAG, para las universidades de la región. Además de las iniciativas del Fondo, la propia ejecución del PSAG generó un estímulo sin precedentes a las iniciativas científicas relacionadas al tema. El SAG se convirtió en una idea generadora de oportunidades para apoyar la integración de universidades y la disponibilidad de recursos para investigación.

7. El PSAG apoyó a través del "Fondo Guaraní de la Ciudadanía", acciones desarrolladas por la sociedad civil en términos de comunicación, participación y educación ambiental formal, informal y no informal. Los resultados de estas acciones se reúnen en tres grandes grupos:

(i) esfuerzos para que las aguas subterráneas, en su dimensión ambiental y social, formen parte de la agenda de la sociedad civil de la región.
(ii) apoyo a la divulgación del Proyecto.

(iii) actividades para despertar la conciencia de la sociedad civil sobre la importancia de la preservación y gestión sostenible del SAG.

El conocimiento del Acuífero Guaraní tuvo una excelente difusión en los cuatro países de la región. El "Fondo de la Ciudadanía" es un ejemplo concreto a través del cual 2,4 millones de personas han tenido contacto directo con los trabajos del PSAG para la preservación ambiental, uso sostenible y gestión del SAG.

8. El PSAG promovió y respaldó, en los Proyectos Piloto, la amplia participación de la sociedad. El objetivo fue generar compromisos crecientes como requisito básico de un desarrollo sostenible del SAG a nivel local.

La formación de las Comisiones Locales de Apoyo al PSAG en cada uno de los pilotos (CLAP) fue adoptada por las comunidades como estrategia para posibilitar el ejercicio participativo más activo en la elaboración de decisiones referentes a políticas públicas que afectan al acuífero. Se le ofreció a los actores involucrados un espacio en el diseño, aplicación y evaluación de acciones locales. Se estableció la importancia de la creación de los comités de apoyo a la gestión, con base en la experiencia positiva de las CLAP en las áreas piloto. Estos comités permitieron adecuar los instrumentos a la gestión local, articular los diversos enfoques, en particular el de las políticas de uso del suelo del municipio y de las políticas hídricas de alcance nacional y local, y ampliar espacios de participación pública y educación ambiental en áreas donde existen usos o problemas importantes relacionados al acuífero y a las aguas subterráneas. Algunos ejemplos de avances logrados en los Proyectos Piloto son la zonificación de pozos en Ribeirão Preto (Brasil), la creación del Comité del Capiibarí (Paraguay) y el apoyo para la definición de distancias mínimas entre pozos en las áreas termales en Concordia (Argentina) y Salto (Uruguay).

9. En conformidad con los objetivos originales del proyecto, fue desarrollada una serie de acciones involucrando los diversos grupos indígenas, lo que fortaleció los vínculos institucionales existentes, difundió importante información técnica y permitió que los líderes indígenas propusiesen acciones específicas incluidas en el Programa Estratégico de Acción.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Los cuatro países que abrigan al SAG poseen diferentes legislaciones y organizaciones que presentan diferentes niveles de eficacia en su implantación. Sin embargo, a pesar de estas diferencias (sean normativas o relacionadas a su eficacia), fueron observados importantes aspectos coincidentes, sobre los cuales es posible construir políticas de gestión coordinadas. De esta forma, las acciones a futuro apuntan a una gestión coordinada en el ámbito transfronterizo que respete las diferencias nacionales y que, sin imponer modificaciones en los marcos legales, impulse, en caso de ser necesario, los puntos coincidentes o concordantes. Se trata de la búsqueda de una convergencia en la gestión. Como punto de partida, se observa que los principios generales de gestión y protección, así como los instrumentos para su seguimiento, son similares en todos los países.

El Proyecto SAG ha dado un resultado muy positivo en el sentido de la interacción entre los países integrantes para colaborar en acciones con el objetivo de coordinar la gestión del sistema, el resultado de los estudios será un elemento fundamental para la protección y preservación del mismo.

AUTORES Y FUENTES

Argentina: Preparado con la colaboración de Ofelia Tujchneider y la colaboración operativa de: Ing. Verónica Musacchio.

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Roseli dos Santos Souza, Laestanislaula Souza Silva e Juliana Guedes da Costa Bezerra

Paraguay: Preparado con la colaboración de: Ana María Castillo Clerici con la colaboración de Félix Carballo

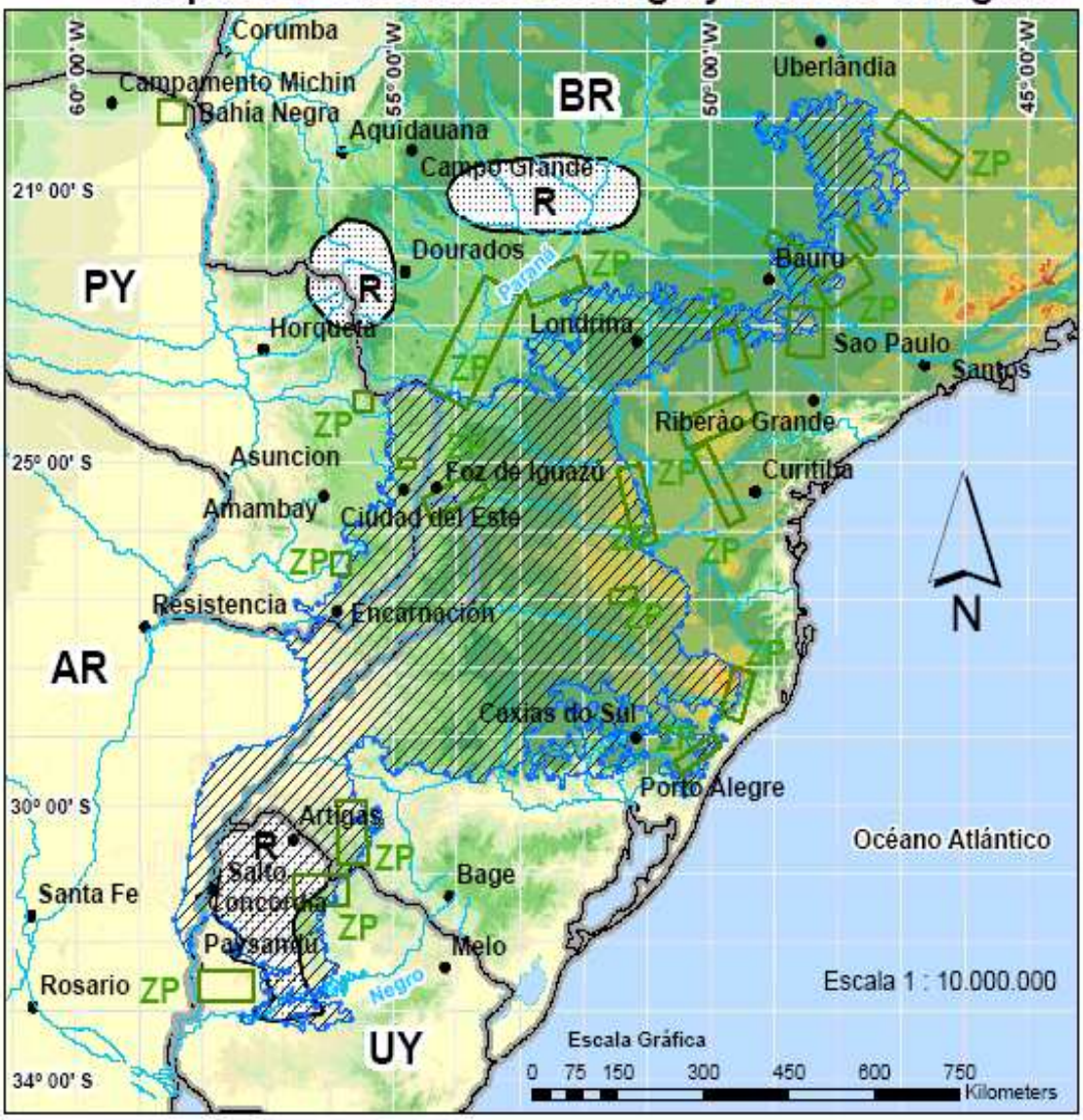
Uruguay: Preparado con la colaboración de: Edi Juri, Lourdes Batista, Juan Ledesma, Ximena Lacués, Pablo Decoud y Malena Pessi.

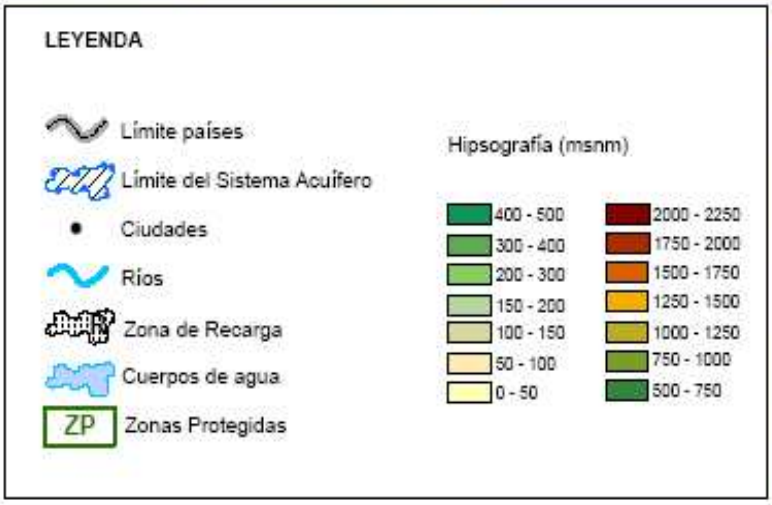
Fuente: Documentos del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní

Sistema Acuífero Transfronterizo Serra Geral

22S AR-BR-PY-UY

Mapa 22S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





22S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SERRA GERAL ARGENTINA- BRASIL- PARAGUAY-URUGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Serra Geral, abarca todo el planalto paranaense y se extiende por los territorios de Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay, sobre un total de 1.021.336 km^2.

Cuadro 22S/1: Extensión

Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
540.000 km^2	411.855 km^2	29.500 km^2	40.000 km^2

1.2 Características del acuífero

El acuífero es de tipo fracturado, con porciones libres a semiconfinado, y está constituido por derrames de lavas basálticas dispuestas en forma de coladas superpuestas.

El basalto es una roca ígnea de grano fino y composición máfica, es decir, comparativamente rico en compuestos ferromagnesianos, y relativamente pobre en sílice. Es una roca básica, ya que tiene menos de un 50% de sílice. Los basaltos que forman dichos derrames son del tipo toleítico.

Se presenta en general en forma fracturada por lo que su porosidad es de tipo secundario. Además de las fracturas tectónicas importantes para la circulación y almacenamiento de agua, presentan fracturas de enfriamiento que pueden ser verticales (disyunciones columnares) o subhorizontales.

En Brasil, se destacan algunas áreas por presentar altos contenidos salinos.

El sistema comprende las denominaciones de: Formación Alto Paraná (Py), Serra Geral (Br) y Arapey (Ar y Uy).

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

Cuadro 22S/2: Profundidades del acuífero

Brasil	Paraguay	Uruguay
Desde pocos metros a más de 1.500m (*)	De 100 a 800 m	100 m

(*) En el área aflorante hasta más o menos 300 m, y en subsuperficie mayor a 1.500 m

Cuadro 22S/3: Profundidades de pozos

Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
80 a 100 m	1.300m	Entre 70 m y 250 m	De 30 a 70m

1.4 Zonas de recarga

Es importante destacar, que en los cuatros países falta información acerca del proceso de recarga para el control de la explotación del acuífero.

En Argentina, las áreas de recarga y descarga no están aún completamente identificadas. En Brasil, la recarga se da en los afloramientos y también hay recarga indirecta por medio de la Formación Caiuá-Bauru.

Según la investigadora Doctora Amélia Hirata (Proyecto FRATASG, 2009), las fracturas más productivas en el Estado de São Paulo son las subhorizontales o con inclinaciones bajas (hasta 30 m), en las discontinuidades entre los sucesivos derrames.

Según el profesor Doctor Giancarlo Lastória (2009) de la UFMS fueron identificadas en el Estado de Mato Grosso do Sul, áreas de recarga al norte (región de Campo Grande) y sudeste (Antonio João e Ponta Porã), además de áreas de descarga en el centro en la región de Dourados y sudeste (Vicentina). Batezelli et al (2005) indican un aumento de espesor de la Formación Caiuá-Baurú de este para el oeste, donde llega a alcanzar valores encima de 1.200 m en la región de Fernandópolis (SP). En el extremo este del Triángulo Minero, los valores obtenidos para el tope de los basaltos fueron de hasta 900 m de altitud.

En Paraguay, se ha observado que el Acuífero del Basalto Alto Paraná actúa como recarga/descarga del Acuífero Guaraní que le subyace. Hay regiones en las que el nivel potenciométrico de las areniscas se sobrepone al nivel freático de los basaltos (por ejemplo en la zona aledaña a Ciudad del Este). En dicho lugar también se presentan mezclas de aguas químicamente diferentes que caracterizaría a un acuífero libre que recibe recarga por lluvia (bicarbonatada-cálcica-magnésica).

La composición de las aguas varía de bicarbonatadas-cálcicas-sódicas pasando a bicarbonatadas-sódicas y llegando incluso a sulfatadas-cloruradas-sódicas), indicando una “descarga” del Acuífero Guaraní en el basalto.

Las conductividades eléctricas varían entre 25 y 250 µS/cm. Sin embargo existe un pozo de 230 m de profundidad en Ciudad del Este (Hotel Austria), cuya conductividad eléctrica es de 1.245 µS/cm, debido al aporte de agua del Acuífero Guaraní.

Ensayos de bombeo realizados en Itaipú con el fin de evaluar la conductividad hidráulica de las brechas y sus contactos dieron valores de conductividad hidráulica de 43 m/d para la brecha ubicada dentro de las coladas y de 3.500 m/d para las brechas ubicadas en el contacto entre coladas. Es decir que las mejores posibilidades hidrogeológicas del basalto está en la zona de contacto entre los derrames así como en las áreas con grandes fracturamientos horizontales y verticales (Godoy, 1991; De Salvo, 1991).

En Uruguay, la recarga se produce directamente por infiltración de las aguas meteóricas a través de la red hidrográfica, en fallas, fracturas y discontinuidades estructurales de distinta magnitud que constituyen el único medio de circulación del flujo subterráneo.

1.5 Explotación y caudales

En Argentina, los caudales de los pozos son muy variables, debido a las características fracturadas, con fajas de caudales de 10 a 100 m^3/h.

En Brasil, se indica que el sistema acuífero es intensamente explotado. En la región del Triángulo Mineiro, dado el elevado grado de fracturación de los basaltos, el Sistema Acuífero Serra Geral alcanza caudales de hasta 42 m^3/h, siendo suficiente para el abastecimiento de pequeñas ciudades, agricultores y empresas de pequeño a medio porte. A partir del análisis de datos de caudales, se constató que en el Serra Geral (fracturado) la variación de caudales es de 0,27 a 42 m^3/h. (Batezelli et al, 2005). En el Estado de Paraná, los pozos más productivos están relacionados a la unidad norte cuyos derrames son más básicos con espesor de suelo del orden de 20 m, con caudal medio del orden de 20 a 100 m^3/h, con profundidad media de 120 m. La unidad sur está caracterizada por rocas de composición ácida, con espesor de suelo pequeño (0 a 10m) y caudales menores del orden de 2 a 10 m^3/h, con profundidad media de 250 m por pozo.

En Paraguay, la explotación es considerada como media.

En Uruguay, los caudales son muy variables, de 5 a 20 m^3/h dependiendo dicho valor de la región, del tipo y distribución de la fracturación. El caudal específico es de 0,50 a 1,4 $m^3/h/m$. Se utiliza para abastecimiento público de pequeñas poblaciones.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 22S/4: Datos de población

	Argentina	Brasil	Paraguay	Uruguay
• **Total:**	> 500.000 hab.	31.000.000 hab.	797.547 hab.	300.000 hab.
• **Urbana y principales ciudades:**	150.000 hab. (30%) Posadas, Paso de Los Libres, Puerto Iguazú	26.350.000 hab. (85%) Uruguaiana, Passo Fundo, Caxias do Sul, Gramado, Londrina, Maringá, Foz do Iguaçu,Uberlândia, Uberaba, Jataí, Campo Grande, Dourados, Ribeirão Preto, Araraquara.	461.870 hab. (58%)	270.000 hab. (90%)
• **Rural:**	> 350.000 hab. (>70%)	4.650.000hab. (15%)	335.677 hab. (42%)	30.000 hab. (10%)
• **Población indígena estimada:**	>7.000 hab.	30.000, siendo las aldeas mayores Dourados, Amambaí e Guaritá	40.170 hab.	0
• **Población en zonas de recarga:**		18.000.000 hab.*	27.651 hab.	300.000 hab.

* Cálculo realizado teniendo como base los levantamientos de los Cadernos Regionais de las regiones hidrográficas del Paraná y Uruguay do PNRH (2007). Fue utilizada una comparación de las áreas de ocurrencia y afloramiento del acuífero y las poblaciones, siendo por tanto, un cálculo meramente ilustrativo

2.2 Usos

En Argentina, el recurso se utiliza para abastecimiento humano e industrial.

En Brasil, el principal uso del acuífero es para abastecimiento público. En la región hidrográfica del Uruguay (región sur del país), el abastecimiento urbano y doméstico es el uso preponderante con 80%, seguido por los usos múltiples 11%, e industrial 5%. (PNRH, 2005).

En Santa Catarina, un levantamiento basado en 1.302 pozos tubulares, apunta el uso humano con 83,72%, industrial 8,52%, agrícola y animal 5 % y recreación 2,76 %. Existen captaciones de agua subterránea en el oeste del Estado de Santa Catarina. Se destaca su uso para turismo termal-geotermalismo en el Circuito de Aguas Termales de Santa Catarina. (Freitas, 2001.)

En Paraguay, los principales usos son: riego 5%, doméstico 80% e industrial 15%.

En Uruguay, las aguas del sistema acuífero son utilizadas para: riego, doméstico, industrial y público-urbano.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Brasil, existe una predominancia de aguas dulces potables y los valores de pH más alcalinos. Además del hierro y magnesio, en algunas muestras pueden ultrapasar los límites de la potabilidad. La calidad del agua, en general, permite la mayoría de los usos, principalmente el abastecimiento humano y el abrevado de ganado. Su carácter químico es bicarbonatada cálcica a mixta o bicarbonatada sódica. (CPRM, Proyecto Oeste de Santa Catarina). En el Estado de Paraná son bicarbonatadas sódicas.

En Paraguay, la calidad del agua es media. Las conductividades eléctricas varían entre 25 y 250 µS/cm. Sin embargo, existe un pozo de 230 m de profundidad en Ciudad del Este (Hotel Austria), cuya conductividad eléctrica es de 1.245 µS/cm, debido al aporte de agua del Acuífero Guaraní.

En Uruguay, presenta buena calidad, con bajo contenido en minerales (STD<400 mg/l). En casos puntuales se han detectado altos contenidos de flúor (2,5 - 4,5 mg/l) y altos pH (8 - 9,7).

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Paraguay, se ha reportado pérdida de caudales de pozos tubulares profundos, descenso de niveles, contaminación antrópica, e invasión de agua salobre proveniente del Acuífero Guaraní.

3.3 Otras fuentes de agua

En Argentina, se citan los sistemas acuíferos Guaraní, Salto – Salto Chico y Litoral Cretácico. Recursos hídricos superficiales de ríos, arroyos, etc. En Brasil, los ríos de la

Cuenca del Paraná. En Paraguay, superficiales transfronterizos, superficiales nacionales, acuíferos más profundos (Sistema Acuífero Guaraní) excepto las áreas de los distritos de Hernandarias, Ciudad del Este y Presidente Franco. Por otra parte, Uruguay indica como fuente alternativa las aguas superficiales.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Argentina, en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes la precipitación media anual se ha incrementado en aproximadamente un 20% desde la década del 70 en adelante. Para las provincias del Chaco y Formosa, la precipitación media anual ha disminuido un 10%, en la franja oeste. Contrariamente, en la franja este, la misma ha aumentado un 10%. Estos resultados, son en función de los modelos de pronósticos teóricos.

En Brasil, en los últimos 30 años, las precipitaciones sobre la Cuenca del Plata aumentaron entre 10 y 15%. Éstas, son condicionadas por los fenómenos de La Niña y El Niño, y las condiciones climáticas de la región son influenciadas por las corrientes de Brasil y de las Malvinas. Además, se prevén proyecciones en aumento de 2 a 5 grados hasta el año 2100.

Paraguay ha obtenido informaciones referentes a la evolución de las precipitaciones en estaciones cercanas y con condiciones similares, en los extremos del área del acuífero, como Concepción (23º 25` sur - 51º 18` oeste), Ciudad del Este (25º 32` sur - 54º 36` oeste) y Encarnación (27º 20` sur - 55º 50` oeste). Aparte de esto, existen estudios de escenarios regionales con modelos utilizados en relación a los cambios climáticos, con tendencia al aumento de la precipitación y de la temperatura mínima en el área de influencia.

Según Uruguay, se observan cambios en la intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, con mayor frecuencia de eventos extremos, así como un incremento en el promedio anual de lluvia. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En Argentina, en función de los modelos de pronóstico teóricos utilizados, se detallan dos escenarios de contexto para la región litoral-mesopotámica para el período 2081-90. Para un primer escenario cuyas características distintivas son: preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional, desarrollo económico regional, entre otros, los resultados manifestaron que las precipitaciones anuales disminuirán en las provincias de Misiones, Corrientes, nordeste de Entre Ríos, norte de Santa Fe, Chaco y este de Formosa. Se esperan incrementos de precipitación en el oeste de Formosa, centro y sur de Santa Fe, y oeste y sudeste de Entre Ríos.

Para el segundo escenario, el cual considera aumento continuo de la población y niveles intermedios de desarrollo económico, las previsiones en cuanto a precipitación tuvieron

un impacto menos notable que en el primer escenario. La disminución en los montos anuales se verificará en Corrientes, en la mitad oriental de Chaco y en el norte y nordeste de Santa Fe. El resto de la región tendrá un aumento en el sur de Santa Fe y en el este de Misiones.

Para Brasil, se da una previsión de aumento de precipitaciones.

Según Paraguay, hay tendencias positivas al aumento en las precipitaciones. A pesar de que las precipitaciones fueron en aumento, aparentemente no han tenido influencia en las modalidades de recarga. Dependerán de las tendencias regionales. Se espera, en función a las tendencias, un aumento en el régimen de precipitación. Si bien las tendencias son el aumento de las precipitaciones debido a la deforestación y otras prácticas que reducen las áreas de recarga, se esperan reducciones en la recarga.

Los cambios en la precipitación previstos para Uruguay en la década de 2020 serían practicamente despreciables.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En Brasil, los impactos son pequeños por el hecho de que el acuífero es de tipo fisurado y tiene gran parte de su área localizada debajo del Acuífero Caiuá-Baurú.

En Paraguay, la recarga principal del acuífero de referencia proviene del agua de lluvia. En consecuencia, las prolongadas sequías tendrán su efecto en la recarga.

5 USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el cuadro de la siguiente página se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El uso del suelo en el área de ocurrencia del Sistema Acuífero Serra Geral es predominantemente agropecuario, con grandes extensiones de cultivos y ganadería extensiva.

Cuadro 22S/5: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Argentina	-Zonas urbanas -Tierras naturales -Selvas -Bosques -Zonas productivas (agrícola-ganadera) -Humedales -Reservas naturales -Cuerpos de agua -Ríos y arroyos	-Selvas -Bosques residuales -Uso agropecuario mecanizado -Praderas naturales -Praderas bajas inundadas

Brasil	-Sierras en forma tabular -Cañones -Escarpas -Campos -Planaltos	-Cerrado -Mata Atlántica -Bosques con Aracauria -Bosque estacional (decidua y semidecidua) -Campos en general -Bosque de pinos
Paraguay	-Urbana -Bosques residuales -Uso agropecuario mecanizado -Praderas bajas inundadas	-Bosques del tipo atlántico(continuo) -Praderas naturales -Praderas bajas inundadas
Uruguay	- Zonas productivas, naturales y urbanas y acuáticas	-Praderas naturales

5.3 Principales cultivos o sistemas productivos

Cuadro 22S/6: Principales cultivos o sistemas productivos

	Argentina	**Brasil**	**Paraguay**	**Uruguay**
Cultivos	-Arroz -Sorgo -Soja -Girasol -Tabaco -Cítricos -Yerba mate -Te	- Soja. -Trigo -Maíz -Tabaco -Fruta -Caña de azúcar	-Soja -Maíz -Yerba mate	-Arroz -Cítricos -Horticultura -Caña de azúcar -Ganadería extensiva

6 ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Argentina, en la Provincia de Corrientes: Sitio Ramsar Lagunas y Esteros del Iberá. En la Provincia de Misiones: Reserva de Biosfera Yabotí.

En Brasil: Reserva Biológica da Serra Geral, do Sertãozinho y do Aguaí, Parque Nacional dos Aparados da Serra, Serra Geral, das Emas, do Iguaçu, de Ilha Grande, de São Joaquim y da Serra do Tabuleiro, Estação Ecológica Noroeste Paulista y Jataí, Parque Estadual de Paraúna, Reserva Estadual Pontal do Paranapanema, Lagoa de São Paulo y Area de Relevante Interesse Ecológico da Serra do Tigre.

En Paraguay, en el área de influencia existen ocho áreas protegidas de diversas categorías; Refugio Biológico Carapá, Reserva Biológica Limoy, Reserva Biológica Itabó, Refugio Biológico Pikiry, Refugio Biológico Tati Yupi, Monumento Científico

Moisés Bertoni, Reserva Natural Kuri`Y, Reserva Parque Ñacunday, Área de Recursos Manejados San Rafael.

En Uruguay, se encuentra el área protegida: Valle del Lunarejo.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Brasil, los ecosistemas dependientes del agua subterránea son los bañados en el sur del país.

En Paraguay, en la zona de influencia se encuentran ríos y nacientes de ríos, arroyos, humedales y rutas de sobrevuelo de aves. Reciben descarga todos los ríos y arroyos de la Cuenca del Río Paraná del área de influencia del acuífero, y algunos de la Cuenca del Río Paraguay, como: el Aquidabán, Ypané, Jejuí, Aguaray, el Tebicuary.

En Uruguay, este acuífero se considera importante para la conservación del ecosistema dependiente ya que garantiza el flujo de base de los ríos de la región, humedales y zonas de aprovechamiento de agua por animales y plantas silvestres en toda el área. Reciben descarga el Río Uruguay y cursos de agua tributarios del mismo.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

Se encuentra en proceso de preparación en Argentina el Plan Estratégico Nacional: “Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial”. Cada provincia debe integrar su propio plan de ordenamiento territorial al Plan Nacional. Se encuentra en marcha además el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentran en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de ordenamiento territorial.

En Brasil, los Planes Directores Municipales son planes de ordenamiento, uso y ocupación del suelo.

En el área de ocurrencia del acuífero, existen 170 municipios que presentan Planes Directores Municipales, estando 70 aprobados y 100 en revisión y aprobación.

En Paraguay, existen iniciativas por parte del gobierno nacional en un programa de ordenamiento territorial a nivel nacional y transfronterizo. A nivel nacional, existe una gestión de implementación de ordenamiento ambiental del territorio por parte de la Secretaría del Ambiente y a nivel local se está implementando en el área piloto del SAG.

En Uruguay, se cuenta con la Ley 18308: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Argentina, existe un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos. Se encuentra en consenso el Plan Regional de Recursos Hídricos, que abarca las provincias de: Formosa, Chaco, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos y Corrientes. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de manejo de recursos hídricos.

En Brasil, se cuenta con el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de São Paulo-2004-2007. http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1133/perh.pdf

El Plan Estadual de Recursos de Paraná contempla lo referente a las aguas subterráneas. Está en elaboración el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de Minas Gerais y Santa Catarina.

Plan Estadual de Gestión de los Recursos Hídricos de Goiás - elaborado en 1999.
El Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de Mato Grosso fue aprobado en junio de 2009 y el de Mato Grosso do Sul está en vías de ser aprobado antes de la finalización del 2009.

Algunos planes estaduales de recursos hídricos ya están tratando la cuestión de las aguas subterráneas, como el de São Paulo y Paraná.

El Plan de Recursos Hídricos de São Paulo presenta monitoreo de calidad de agua subterránea, mapas de vulnerabilidad y balances hídricos.

En Paraguay, debido a la influencia directa del acuífero en cuestión sobre el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), éste es considerado como parte integrante de los programas del Proyecto SAG a nivel nacional con el Proyecto Piloto Itapúa. Asimismo, en el Programa de Ordenamiento Territorial a nivel nacional, le incluye en etapa de diseño.

El SAG tiene como uno sus objetivos la protección de este acuífero por constituir la parte sobreyacente del Acuífero Guaraní, en este caso el Alto Paraná-Serra Geral.

El programa de ordenamiento territorial a nivel nacional tiene por objetivo el manejo sostenible de los recursos naturales. A tal efecto, se define la zonificación y reglamentación de los usos de suelo, se establecen las normas, disposiciones y facultades especiales para fortalecer la capacidad de gestión departamental, para un escenario de un desarrollo integral del territorio. Por lo tanto, las actividades previstas sobre el acuífero no influenciarán en la recarga del mismo.

Existe a nivel nacional la implementación del Proyecto Piloto del SAG localizado en el Departamento de Itapúa. En esta misma área del piloto, actualmente está en vigencia otro proyecto con la cooperación del Gobierno Alemán de *Manejo Sostenible y Protección de Aguas Subterráneas,* BGR-SEAM (www.pas-py.org).

Con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector, así como la reglamentación de dicha

ley por el cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 22S/7: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Paraguay:** En la zona de influencia del acuífero de referencia es grande el beneficio económico debido al uso del agua, en particular para la agricultura intensiva, industria y comercio transfronterizo. **Uruguay:** Los derivados de la producción agrícola-ganadera e industrial. **Argentina:** Escasa.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Brasil:** Dependencia media del uso de agua del acuífero. **Paraguay:** El área de influencia del acuífero en cuestión es la más afectada del país en el uso agropecuario mecanizado que se ha intensificado en los últimos 20 años y ocupa, aproximadamente, el 90 %. Un 5 % en la industria y 5 % en el comercio de la región y transfronterizos. **Uruguay:** Importante para la producción agrícola-ganadera.
Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.	**Paraguay:** La economía local agrícola, la industria y el comercio dependen directamente del recurso agua para su desarrollo. El ingreso medio estimado para la zona de influencia es mayor a US$ 150 mensuales por persona.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Paraguay:** Se verán afectados, especialmente, las comunidades indígenas, la flora y la fauna silvestre. **Uruguay:** Producción agrícola- ganadera.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Según Brasil, entre los tratados/normas merece destaque el Tratado de la Cuenca del Plata que fue firmado en Brasilia (Brasil), en 1969, por los Cancilleres de los cinco países de la cuenca y tiene como objetivo "*permitir el desarrollo armónico y equilibrado, así como el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región y asegurar su preservación para las generaciones futuras por medio de la utilización racional de los aludidos recursos*".

El Proyecto Sistema Acuífero Guaraní - PSAG viene propiciando la cooperación entre los países para la gestión del Acuífero Guaraní, que podrá servir de base a futuras acciones en el Acuífero Serra Geral.

Acuerdo de Cooperación para Capacitación en Recursos Hídricos y Acuíferos Transfronterizos – Brasil y Argentina.

Acciones para mejorar la colaboración: implementación de los acuerdos y tratados existentes.

Según Paraguay, el Proyecto Sistema Acuífero Guaraní se ha consolidado efectivamente en el área del proyecto piloto y a través de la institución responsable, la SEAM, han trabajado conjuntamente para realizar los programas de divulgación, comunicación, capacitación y educación para el conocimiento del SAG, principalmente en el área de influencia como también a nivel nacional e internacional. El acuífero de referencia se considera como parte del sistema, responsable de la recarga dentro del país por estar sobreyacente en parte a las areniscas que conforman el Acuífero Misiones (Guaraní).

El Proyecto SAG ha dado un resultado muy positivo en el sentido de la interacción entre los países integrantes para colaborar en las acciones de gestión del sistema. El resultado de los estudios será un elemento fundamental para la protección y preservación del mismo.

Acciones para mejorar la colaboración**:** organizaciones locales constituidas ejecutando acciones de comunicación, divulgación y capacitación para la preservación que sirvan de apoyo a los entes del gobierno.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En Brasil, se está llevando a cabo por una red de institutos de investigación y universidades, el Proyecto Rede Guaraní-Serra Geral, que pretende, entre otras cosas, estudiar la interacción entre estos sistemas acuíferos y profundizar los conocimientos hidrogeológicos del Serra Geral.

En SP se desarrolla el Proyecto Acuíferos que procura promover la protección de los acuíferos del estado identificando las áreas críticas y sensibles en términos de calidad y cantidad y creando mecanismos de control y restricción para propiciar condiciones de uso sustentable del agua subterránea por el gobierno del estado.

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento a las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

En Paraguay, este acuífero es parte integrante del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) según lo convenido por los países en el proyecto, y por tanto es considerado como parte de la recarga del SAG. Debido a esta razón, se ha estudiado en igual proporción que el Acuífero Misiones o Guaraní.

El resultado más importante del Proyecto SAG es la implementación de las áreas pilotos en los países integrantes y la conformación de comisiones locales para la gestión del sistema con una visión integrada de protección de los recursos naturales.

AUTORES Y FUENTES

Argentina: Preparado con la colaboración operativa de: Ing. Verónica Musacchio.

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Laestanislaula Souza Silva, Roseli dos Santos Souza e Juliana Guedes da Costa Bezerra
Fuentes utilizadas: DNP, PROESC, 2002; PNRH72007; Programa Marco; www.sirgh.sp.gov.bre

Paraguay: Preparado con la colaboración de Ana María Castillo Clerici con la colaboración de Félix Carvallo.
Fuentes utilizadas: BGR-SEAM (www.pas-py.org)

Uruguay: Preparado con la colaboración de Edi Juri, Lourdes Batista, Juan Ledesma, Ximena Lacués, Pablo Decoud y Malena Pessi. Fuentes utilizadas: DNH, INE proyecciones, OSE, DINAMIGE (Carta Hidrogeológica 2003)

Sistema Acuífero Transfronterizo Litoráneo-Chuy
23S BR-UY
Mapa 23S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas

23S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO LITORANEO-CHUY BRASIL-URUGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Litoráneo-Chuy está localizado en la región litoral del Atlántico Sur abarcando el extremo sur de Brasil y nordeste del Uruguay, con un área de alrededor de 43.000 km^2, estando 10.000 km^2 en Uruguay y 33.000 km^2 en Brasil.

La población estimada para la porción uruguaya es de 60.000 habitantes según datos del 2007, mientras que para Brasil la población localizada sobre el área aflorante (IBGE, 2009), es de 2.350.000 habitantes (lo que no significa que sea dependiente o use agua subterránea, ya que la mayoría usa agua superficial).

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero es de tipo libre, poroso, no consolidado, de permeabilidad primaria, constituido por un sistema deposicional de planicie costera (abanicos aluviales, lagunas y barreras), en evolución cíclica desde el Terciario, compuesto por arenas finas y gruesas, subangulosas a subredondeadas, de selección regular y variable contenido de cemento arcilloso.

Está conformado por los denominados sistemas barrera-laguna de edad pleistocena, donde cada barrera se instaló, probablemente, en los máximos transgresivos alcanzados durante los últimos mayores ciclos glaciares del Cuaternario. Las diversas generaciones de barrera fueron responsables por la génesis de grandes cuerpos lagunares que caracterizan de forma muy singular al paisaje de la región costera, dentro de los cuales se destacan la Laguna de los Patos, la Laguna Merin, y la Laguna Mangueira.

La capacidad específica en general es alta, mayor a 4 m^3, más próxima a la costa.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Brasil se estima como poco profundo oscilando entre 150-200 m.

En Uruguay, el espesor máximo del acuífero es de 25 m. Las zonas de mayor espesor se encuentran al sureste. La profundidad del nivel freático oscila en el entorno de 2 a 8 m., aunque en zonas de extracción para abastecimiento humano (La Paloma y Chuy) puede encontrarse localmente deprimido.

1.4 Zonas de Recarga

En Uruguay, la recarga natural tiene lugar a través de la infiltración directa de las aguas meteóricas y desde los flancos de las sierras que bordean el valle, localizadas al oeste y a lo largo del contacto con el cauce de la red de aguas superficiales.

En Brasil, la recarga tiene lugar a través de la infiltración directa de las aguas meteóricas en la región externa del cordón litoral al sudeste y nordeste, en la formación con menor salinidad (qcl en el Mapa Hidrogeológico de América del Sur).

1.5 Explotación

Según Brasil, se caracteriza por ser un acuífero poco explotado. En Uruguay, en cambio, la extracción está concentrada en la ciudad balnearia de La Paloma durante el verano y en la ciudad del Chuy. Los caudales de explotación varían en torno de 10 a 20 m^3/h, el caudal específico puede llegar a 5,0 m^3/h/m y la permeabilidad de 5 a 40 m/día.

2. POBLACIÓN, Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Del lado uruguayo los principales centros poblados son las ciudades del Chuy y Yaguarón, siendo el total de población urbana 54.000 habitantes, mientras que la población rural es de 6.000 habitantes.

En Brasil, la población en el área aflorante es de 2.300.000 habitantes, de los cuales aproximadamente el 83% reside en áreas urbanas y el restante 17% en áreas rurales, siendo las principales ciudades del lado brasilero, Chuí, Jaguarão, Canoas y Pelotas, todas pertenecientes al Estado de Rio Grande do Sul.

2.2 Usos

Según Brasil, el uso actual de las aguas subterráneas en la región es predominantemente de las áreas rurales y en núcleos urbanos menores. PNRH 2006.

En Uruguay, el uso actual del agua del acuífero es público-urbano y doméstico.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Brasil, las aguas son clasificadas como bicarbonatadas a cloruradas sódicas. La gran mayoría de las muestras son de agua dulce, pudiendo aparecer agua salobre que excede el límite de potabilidad.

La influencia oceánica está marcada por la presencia de canales de marea y brazos de mar que pueden causar intrusión de agua salobre o de la propia cuña salina.

En Uruguay, el agua en general es de buena calidad. Presenta localmente altos contenidos en hierro (>0,3 mg/l) y cloruros (>200 mg/l) debidos al origen marino de los sedimentos y también por salinización proveniente de la intrusión de agua marina. Contiene aguas bicarbonatadas sódicas y cloruradas sódicas con pH 6,5.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En algunas zonas costeras de Uruguay (Barra del Chuy, La Paloma) se ha producido salinización del acuífero por ingreso de agua marina.

3.3 Otras fuentes de agua

En Brasil, se menciona agua superficial de diversas lagunas tales como: Lagoa Mirim, Lagoa Mangueira, Lagoa dos Patos y ríos tales como el Rio Guaiba.
Uruguay, también indica como fuente alternativa de agua los recursos hídricos superficiales

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

Según Brasil, en los últimos 30 años, las precipitaciones sobre la Cuenca del Plata aumentaron entre 10 y 15%. Estas precipitaciones son condicionadas por los fenómenos de La Niña y El Niño. Las condiciones climáticas de la región son influenciadas por las corrientes de Brasil y de las Malvinas. Existen proyecciones de aumento de temperatura, hasta alcanzar un aumento de 2 a 5 grados hasta el año 2100.

En Uruguay se observan cambios en la intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales con mayor frecuencia de eventos extremos, así como un incremento del promedio anual de lluvia. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En Brasil, existe una previsión de aumento de precipitaciones, mientras que los cambios en la precipitación prevista para el Uruguay en la década de 2020 serían practicamente despreciables.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos.

Según Brasil, por ser un acuífero libre situado en la zona costera es particularmente vulnerable a fenómenos extremos.

En Uruguay, la coincidencia de sobreexplotación para balnearios en los meses de verano (estación pico) con un período de sequía, podría ocasionar estrés o colapso del uso del acuífero.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

El uso es el mismo durante o después de fenómenos extremos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 23S/1: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Brasil	Costas rocosas, playas arenosas, restingas, manglares, bahias y lagunas costeras, dunas litorales, planicies de laguna. La mayor playa del mundo (Playa del Cassino) tiene cerca de 200km de extensión entre la salida de la Laguna de los Patos y el Arroyo Chuy.	Mata Atlántica, restingas, campos sulinos.
Uruguay	Productivas, naturales, urbano-balnearias y acuáticas.	Praderas naturales y humedales.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Brasil, se encuentran playas, restingas y lagunas con uso para turismo y balnearios. Además existe la presencia de ganadería de corte y ovina de lana.

En Uruguay, también es una zona costera donde el uso actual de la tierra, además de actividades productivas agropecuarias, tiene una gran importancia el turismo.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Para los dos países se destaca la presencia de plantaciones de arroz.
En Uruguay, además, existe forestación, ganadería extensiva, balnearios costeros, lagunas y humedales.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Rio Grande do Sul y Santa Catarina los porcentajes de unidades de conservación están en torno del 2%.

Las áreas protegidas de Brasil son:

- Estación Ecológica de Taim (zona núcleo de la Reserva Biológica de Mata Atlántica)
- Horto Florestal do Litoral Norte
- Parque Nacional da Lagoa do Peixe
- Reserva Particular do Patrimônio Natural da Costa do Serro
- Reserva Particular do Patrimônio Natural Pontal da Barra

El área del acuífero es considerada de extrema importancia biológica y como área prioritaria para la conservación de la Mata Atlántica, y de los Campos Sulinos.

En Uruguay se encuentran los Humedales del Este, como zona protegida.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Brasil, se encuentra una secuencia de lagunas y lagos: Lagoa dos Patos, Lago Guaíba, Lagoa do Peixe y el Bañado de Taim, entre otras.

En la llamada Costa Doce, el Parque Nacional da Lagoa do Peixe Costa abarca un área utilizada por más de treinta especies de aves migratorias, veintiséis de ellas provenientes del hemisferio norte, además de aproximadamente ciento cincuenta especies residentes en la región.

Como fuente de agua que recibe una descarga se encuentran las lagunas dos Patos, Merin, Mangueira; humedales y la Cuenca del Océano Atlántico.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Brasil, los Planes Directores Municipales son planes de ordenamiento, uso y ocupación del suelo. Son 12 los municipios en el área de ocurrencia del acuífero que presentan Planes Directores Municipales, siendo que de éstos 4 están aprobados y 8 en revisión y en aprobación.

En Uruguay, existe la Ley 18308: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Brasil, cerca del 90% del área de la Región Hidrográfica Atlántico Sur ya cuenta con comités de cuenca instalados y en funcionamiento. (PNRH 2006). Está en elaboración el Plan Estadual de Recursos Hídricos del Estado de Santa Catarina y Río Grande del Sur.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 23S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Uruguay:** Los provenientes de la actividad turística estimados en US$ 30.000.000 anuales (2007).
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Brasil:** Alta dependencia en la preservación de ecosistemas y turismo ecológico. **Uruguay:** Alta dependencia en el turismo ecológico y en el de balnearios costeros.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Uruguay:** Los vinculados al turismo.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

*Tratado de la Laguna Merín***,** establecido entre Brasil y Uruguay. Tratado de Cooperación para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca de la Laguna Merín, 07-07-1997. El tratado busca, fundamentalmente, promover la gestión de recursos hídricos transfronterizos, observando los principios constitucionales y legales de los países limítrofes y de los principios de derecho internacional relativos a la gestión de recursos hídricos compartidos.

Tratado de la Cuenca del Plata, que fue firmado en Brasilia (Brasil), en 1969, por cancilleres de los cinco países de la cuenca y tiene como objetivo "permitir el desarrollo armónico y equilibrado, así como el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región y asegurar su preservación para las generaciones futuras por medio de la utilización racional de los aludidos recursos".

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Según Brasil, en el Plan Nacional de Recursos Hídricos existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivo la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desenvolvimiento de la base legal e institucional para su adecuada gestión, además del fomento de las acciones de educación ambiental, capacitación y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

Con respecto a la colaboración entre los países no se han adoptado medidas hasta el momento.

El Proyecto Sistema Acuífero Guaraní (PSAG) viene proporcionando la cooperación entre los países para la gestión del Acuífero Guaraní, que podría servir de base a futuras acciones en el Acuífero Litoraneo-Chuy.

Igualmente, se estima una implementación de los acuerdos existentes y posible desarrollo de estudios conjuntos entre Uruguay y Brasil.

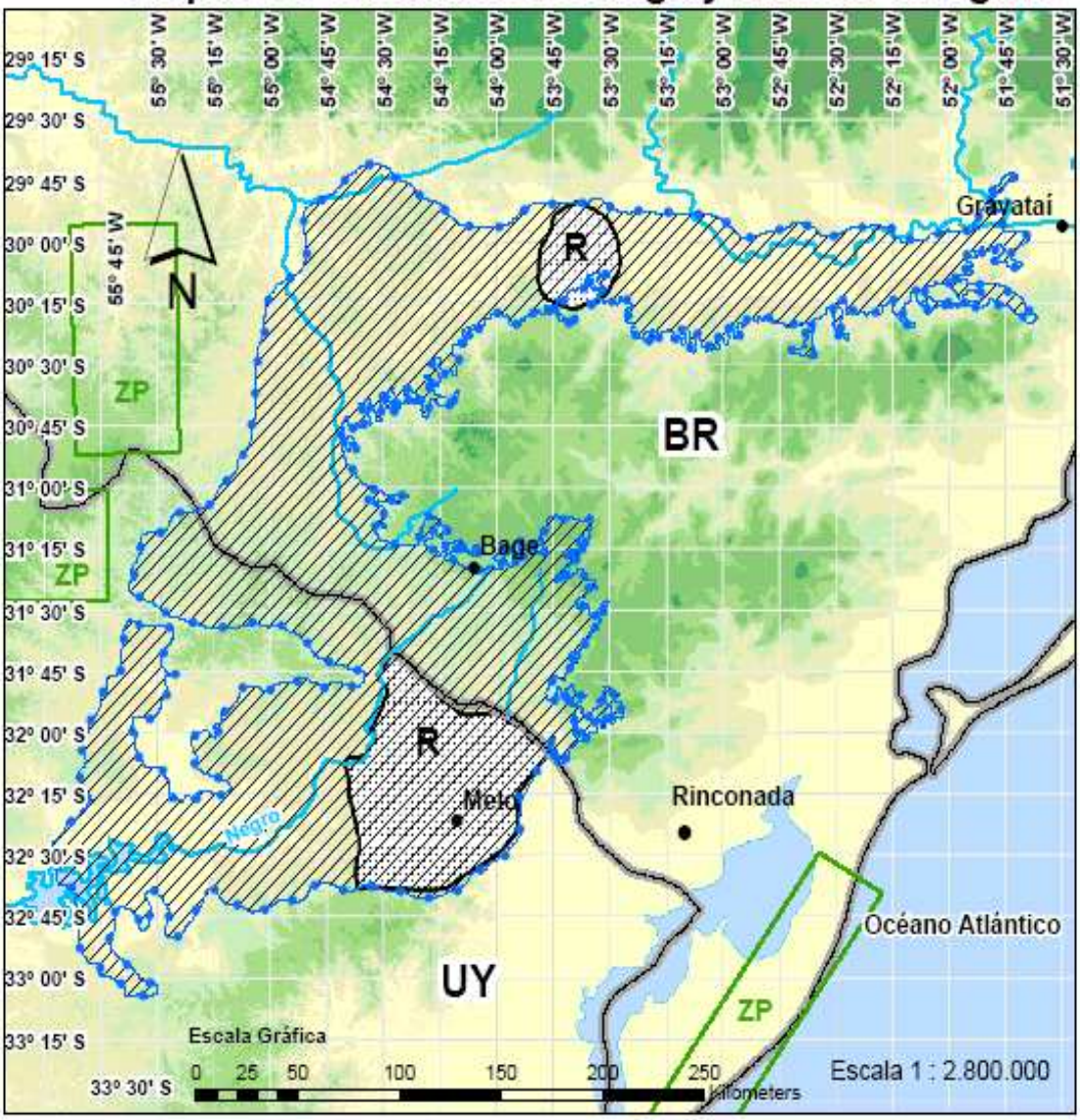
AUTORES Y FUENTES

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Laestanislaula Souza Silva, Roseli dos Santos Souza y Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas).

Uruguay: Preparado con la colaboración de Edi Juri, Lourdes Batista, Juan Ledesma, Ximena Lacués, Pablo Decoud y Malena Pessi.
Fuentes: DNH, INE proyecciones, OSE, DINAMIGE (Carta Hidrogeológica 2003)

Sistema Acuífero Transfronterizo Permo-Carbonífero 24S BR-UY

Mapa 24S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



24S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PERMO-CARBONÍFERO BRASIL-URUGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Permo-Carbonífero está localizado en la Cuenca Hidrográfica del Río Uruguay, con un área de 41.000 km^2, siendo 20.000 km^2 de Uruguay y 21.000 km^2 de Brasil. La población total sobre el área está estimada en unos 1.100.000 habitantes. Aflora una porción en la parte sur de Brasil y nordeste de Uruguay, entre las coordenadas 52º a 56º O y 30º y 34º S, y tiene continuidad en la superficie en la porción este de estas áreas. La región es conocida como Depresión Central Gaucha, constituyendo un área sin grandes variaciones altimétricas, donde las mayores alturas se sitúan en torno a los 200 m, con formas de relieve conocidas como coxilhas (pequeños cerros: formas amplias y alargadas de topes convexos o planos, cuyos laderas caen suavemente en dirección a los valles).

1.2 Características del acuífero

En Brasil, el acuífero es de tipo poroso, intergranular, no consolidado, con porosidad primaria intersticial y baja productividad. Corresponde a la Formación Sanga do Cabral/Pirambóia, descripto en el Mapa Hidrogeológico del Estado de Rio Grande do Sul como estratos síltico- arenosos rojizos con matriz arcillosa y areniscas finas a muy finas, rojizas, con cemento calcáreo.

En Uruguay, se trata de un acuífero libre a confinado en sedimentos consolidados de las formaciones Tres Islas y San Gregorio constituidos por areniscas finas a medias, conteniendo niveles de arenisca gruesa, gravilla y niveles conglomerádicos con cemento arcilloso.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Brasil, presenta una profundidad de más de 100 metros. En Uruguay, fuera de las zonas de afloramiento se encuentra a profundidades variables, comprendidas entre 80 y 200 metros. El espesor del acuífero no supera los 20 metros.

1.4 Zonas de recarga

La recarga es de forma directa, de aguas meteóricas sobre las áreas aflorantes y en contacto con los cauces de la red hidrográfica superficial.

1.5 Explotación y caudales

Normalmente no es un buen acuífero, aunque se encuentran pozos con buen caudal. En el Mapa Hidrogeológico del Estado de Rio Grande do Sul las capacidades específicas son muy variables, en general entre 0,5 y 1,5 m^3/h/m. En Uruguay la explotación es para abastecimiento doméstico de pequeñas poblaciones y los caudales oscilan entre 7 y 20 m^3/h.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población en Brasil es de unos 975.000 habitantes, siendo las principales ciudades Gravataí y Bagé. En Uruguay, mientras tanto, la población oscila en unos 125.000 habitantes (2007), siendo el principal centro poblado la ciudad de Melo.

2.2 Usos

En Brasil, el uso del acuífero es preponderantemente doméstico/urbano, con baja productividad y utilización. (CPRM).

En la región de la Cuenca Hidrográfica del Uruguay, el uso preponderante es el abastecimiento doméstico y urbano, respondiendo por el 80% de los pozos catastrados.

En Uruguay, el principal uso es doméstico/urbano.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Generalmente de buena calidad. A grandes profundidades las aguas pueden ser salinas. Suele presentar en forma natural altos contenidos en cloruros (>400 mg/l), sulfatos (hasta 2.600 mg/l), hierro (hasta 14 mg/l), flúor (>1.5 mg/l) y STD (hasta 2.700 mg/l), que inhabilitan su uso.

En el Mapa Hidrogeológico del Estado de Rio Grande do Sul, la salinidad varía de 100 mg/l en las áreas aflorantes a más de 300 mg/l en las confinadas. En la región central del estado son encontradas salinidades entre 3.000 y 5.000 mg/l.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

En Uruguay, se caracteriza por ser un acuífero poco explotado por problemas naturales en la calidad.

3.3 Otras fuentes de agua

Aguas superficiales de ríos y lagos de la región.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Brasil, en los últimos 30 años, las precipitaciones sobre la Cuenca del Plata aumentaron entre 10 y 15%. Las precipitaciones están condicionadas por los fenómenos La Niña y El Niño. Las condiciones climáticas de la región son influenciadas por las

corrientes de Brasil y de las Malvinas. Existen proyecciones de aumento de temperatura, hasta alcanzar aumento de 2 a 5 grados hasta el año 2100. Fuente: Programa Marco.

En Uruguay, se observan cambios en la intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales con mayor frecuencia de eventos extremos, así como un incremento del promedio anual de lluvia. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Según Brasil, existe previsión de aumento en las precipitaciones.

Los cambios en la precipitación prevista para el Uruguay en la década de 2020 serían practicamente despreciables.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Cuadro 24S/1: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
	Depresión Periférica	
	Planicies	Mata Atlántica
Brasil	Campaña	Campos Sulinos
	Campos de Jaguarão	Campaña Gaucha (Río Grande del Sur)
	Arroyo Grande	
	Productivas	
Uruguay	Naturales	Praderas naturales
	Urbanas	

En Brasil, la región es conocida por Depresión Central Gaucha, formando un área sin grandes variaciones altimétricas, siendo que las mayores se sitúan en torno a los 200 m, constituyendo formas de relieve conocidas como coxilhas (pequeñas sierras).

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

Asentamientos humanos, pequeñas ciudades e intenso uso agrícola y ganadero. Además del desarrollo de industrias de alimentos.

En Uruguay, el uso actual de la tierra es para actividades del sector agropecuario.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Brasil, el Estado de Río Grande del Sur presenta grandes áreas donde la actividad agrícola es intensa, principalmente con los cultivos de arroz, soja y trigo.

En Uruguay, los principales cultivos son arroz y forestación. También se realiza ganadería extensiva en toda el área.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En el Estado de Río Grande del Sur los porcentajes de unidades de conservación están en torno al 2%.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Uruguay, como ecosistemas dependientes se citan arroyos, ríos, humedales y plantas silvestres, y como fuente de agua que recibe descarga se menciona el Río Negro y sus afluentes.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Brasil, los Planes Directores Municipales son planes de ordenamiento, uso y ocupación del suelo. Son 4 los municipios en el área de ocurrencia del acuífero que presentan Planes Directores Municipales, estando todos aprobados. En Uruguay, por su parte, existe la Ley 18308: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas.

El Estado de Río Grande del Sur todavía no posee un plan estadual de recursos hídricos, pero se encuentra en fase de elaboración.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 24S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Brasil:** Baja dependencia. **Uruguay:** No existe dependencia.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Brasil:** Pequeños núcleos rurales y la población dependiente de pozos de las ciudades de Bagé y Gravataí. **Uruguay:** Pequeñas poblaciones que son abastecidas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

El Tratado de la Cuenca del Plata fue firmado en Brasilia (Brasil), en 1969, por los Cancilleres de cinco países de la cuenca y tiene como objetivo "permitir el desenvolvimiento armónico y equilibrado, así como el mejor aprovechamiento de los recursos naturales de la región y asegurar su preservación para las generaciones futuras por medio de la utilización racional de los aludidos recursos".

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En el Plan Nacional de Recursos Hídricos de Brasil, existe un subprograma llamado Programa Nacional de Aguas Subterráneas, que tiene como objetivos, la ampliación del conocimiento hidrogeológico, desarrollo de la base legal e institucional para su adecuada gestión, aparte del fomento de las acciones de educación ambiental, capacitación, y movilización social. Se destaca que el primer subprograma trata de los acuíferos transfronterizos, interestaduales y de alcance local.

El Proyecto Sistema Acuífero Guaraní (PSAG) viene proporcionando la cooperación entre los países para la gestión del Acuífero Guaraní, que podrá servir de base a futuras acciones en el Acuífero Permo-Carbonífero.

En cuanto a las acciones para mejorar la cooperación, se debería procurar la implementación de acuerdos y tratados existentes, así como el desenvolvimiento de un programa de cooperación. Existe además la posibilidad del desarrollo de estudios conjuntos entre Uruguay y Brasil.

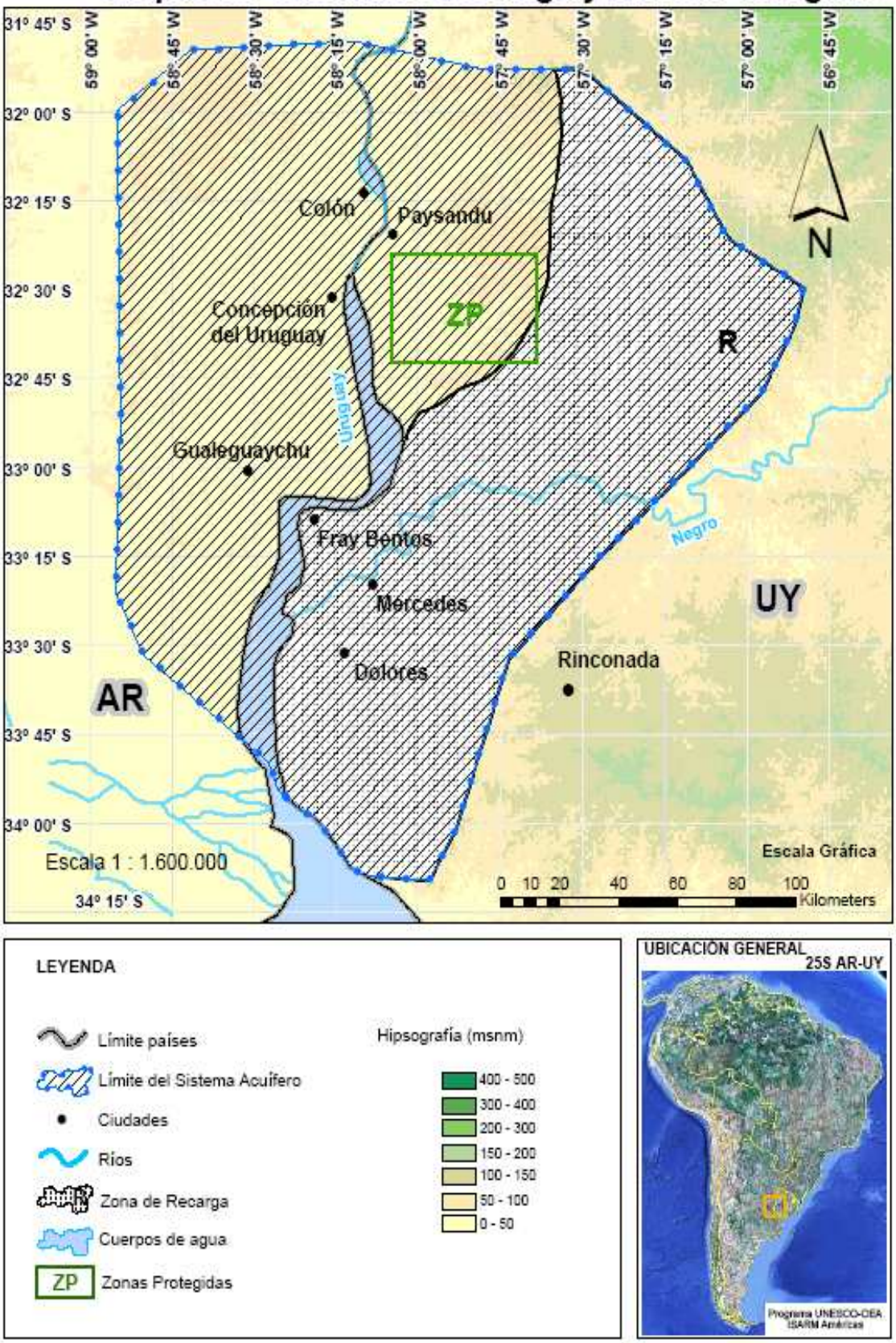
AUTORES Y FUENTES

Brasil: Preparado con la colaboración de Júlio Tadeo Kettelhut, Adriana Niemeyer Pires Ferreira, Claudia Ferreira Lima, Laestanislaula Souza Silva, Roseli dos Santos Souza y Juliana Guedes da Costa Bezerra (mapas)

Uruguay: Preparado con la colaboración de Edi Juri, Lourdes Batista, Juan Ledesma, Ximena Lacués, Pablo Decoud y Malena Pessi
Fuentes: DNH, INE proyecciones, OSE, DINAMIGE (Carta Hidrogeológica 2003).

Sistema Acuífero Transfronterizo Litoral Cretácico 25S AR-UY

Mapa 25S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



25S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO LITORAL CRETÁCICO ARGENTINA-URUGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Litoral Cretácico está ubicado en ambas márgenes del Río Uruguay (parte centro-oeste de Uruguay y parte centro-este de la Provincia de Entre Ríos de Argentina).

En Argentina ocupa una superficie aproximada de 26.017 km^2, siendo la población de unos 500.000 habitantes, mientras que en Uruguay abarca unos 23.000 km^2, con una población aproximada de 260.000 habitantes (2007).

1.2 Características del acuífero

La mayor superficie de afloramiento del Sistema Acuífero Transfronterizo Litoral Cretácico ocurre en el territorio de Uruguay, profundizándose hacia el oeste y disminuyendo su espesor hacia el norte. Se trata de una secuencia sedimentaria compuesta por las formaciones Puerto Yeruá en Argentina y las formaciones Mercedes y Asencio en Uruguay, correspondiendo la litología a areniscas conglomerádicas en la base y areniscas finas a medias intercaladas con limos hacia la cima, cementados por arcillas y calcáreos, totalizando espesores de hasta 150 m. Es común la presencia de procesos de silicificación y ferrificación en los sedimentos. La conductividad eléctrica de las aguas oscila entre 400 ohms/cm en Uruguay y 1.400 ohms/cm en Argentina y pH entre 7,3 y 7,5.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Uruguay, las profundidades de captación ocurren entre los 30 y 100 m. Las zonas de mayor espesor del acuífero se encuentran al oeste a lo largo del curso del Río Uruguay, pudiendo alcanzar hasta 70 m.

1.4 Zonas de recarga

Si bien las áreas de recarga y descarga no están aún completamente identificadas, se indica que el área de recarga del sistema se localiza fundamentalmente en el lado uruguayo, donde se infiere que la misma se efectúa directamente por infiltración de las aguas meteóricas en el área de afloramiento y a través del contacto con el cauce de la red de aguas superficiales. La dirección del flujo se desplaza de este a oeste. No existen estudios que avalen lo anterior. Se recomienda mantener esta postura para promover estudios en un futuro próximo.

1.5 Explotación y caudales

En Uruguay, los caudales de explotación varían en función de la zona pudiendo alcanzar hasta 70 m^3/h (ciudad de Young). El caudal específico medio es de 1,3 m^3/h/m y la transmisividad en torno de 5,0 y 100 m^2/día.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

1. Población

Cuadro 25S/1: Datos de población

	Argentina	Uruguay
• **Total:**	>150.000 habitantes	260.000 habitantes (2007)
• **Urbana y principales ciudades:**	105.000 hab. (70%) Gualeguaychú, Colón y Concepción del Uruguay	240.000 hab. (92%)
• **Rural:**	45.000 hab. (30%)	20.000 hab. (8%)
• **Población en zonas de recarga:**		60.000 hab. (23%)
• **Población en zonas de descarga:**		200.0 b. (77%)

2.2 Usos

En Argentina, el recurso se utiliza para abastecimiento humano, ganadería y riego, mientras que en Uruguay, la extracción anual estimada es de 2 hm^3 para poblaciones, siendo sus usos preponderantes para riego, doméstico, industrial y público-urbano.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Uruguay, el agua en general es de buena calidad, STD <1.000 mg/l, con zonas de muy alta dureza, STD > 1.000 mg/l, con alto flúor (> 1,5 mg/l) y alto nitrato (> 45 mg/l).

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Según Uruguay, en varias zonas estos acuíferos presentan altos contenidos de nitratos, y en aumento, producto de falta de saneamiento y existencia de agricultura cerealera muy desarrollada.

3.3 Otras fuentes de agua

Las fuentes alternativas de agua son los Sistemas Acuíferos Guaraní, Salto –Salto Chico y Serra Geral y los recursos hídricos superficiales de ríos, arroyos, etc.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Argentina, en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes la precipitación media anual se ha incrementado en aproximadamente un 20 % desde la década del 70 en adelante. Para las provincias de Chaco y Formosa, la precipitación media anual ha

disminuido un 10% en la franja oeste. Contrariamente en la franja este, la misma ha aumentado un 10%. Estos resultados son en función de los modelos de pronóstico teóricos.

En Uruguay, se observan cambios en la intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales con mayor frecuencia de eventos extremos, así como un incremento de la lluvia promedio anual. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En función de los modelos de pronóstico teóricos utilizados en Argentina, se detallan dos escenarios de contexto para la región litoral-mesopotámica para el período 2081-90. Para un primer escenario cuyas características distintivas son: preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional, desarrollo económico regional, entre otros, los resultados manifestaron que las precipitaciones anuales disminuirán en las provincias de Misiones, Corrientes, nordeste de Entre Ríos, norte de Santa Fe, Chaco y este de Formosa. Se esperan incrementos de precipitación en el oeste de Formosa, centro y sur de Santa Fe, y oeste y sudeste de Entre Ríos.

Para el segundo escenario, el cual considera aumento continuo de la población y niveles intermedios de desarrollo económico, las previsiones en cuanto a precipitación tuvieron un impacto menos notable que en el primer escenario. La disminución en los montos anuales se verificará en Corrientes, en la mitad oriental de Chaco y en el norte y nordeste de Santa Fe. El resto de la región tendrá un aumento en el sur de Santa Fe y en el este de Misiones.

Los cambios en la precipitación prevista para el Uruguay en la década de 2020 serían practicamente despreciables.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En Argentina, como unidades de paisaje se encuentran zonas urbanas, tierras naturales, zonas productivas (principalmente agrícolas), humedales, cuerpos de agua, ríos y arroyos, mientras que la cobertura natural original está compuesta por tierras naturales, humedales, cuerpos de agua, ríos y arroyos.

En Uruguay, se mencionan como unidades de paisaje: tierras productivas, naturales, urbanas y acuáticas. Cobertura natural original: praderas naturales y bosques ribereños.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Argentina, aproximadamente 40 % del área está cubierta por actividades productivas, en Uruguay, además de los sistemas de cultivos, se realiza ganadería extensiva en toda el área.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Argentina, se cultiva principalmente arroz, y en menor orden maíz, soja y trigo, mientras que en Uruguay, los principales cultivos son cereales y oleaginosos, cítricos y forestación.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Uruguay, los Esteros de Farrapos, presentes en la zona, integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Uruguay, se mencionan: arroyos, ríos, humedales, zonas de aprovechamiento de aguas por animales y plantas silvestres, rutas de sobrevuelo de aves, ya que el Río Uruguay recibe descarga de este acuífero y cursos de agua tributarios del mismo.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Argentina, no existe un plan de ordenamiento territorial para la zona del acuífero. Se encuentra en proceso de preparación en la Argentina el Plan Estratégico Nacional: "Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial**".** Cada provincia debe integrar su propio plan de ordenamiento territorial al Plan Nacional. Se encuentra en marcha, además, el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de ordenamiento territorial a la fecha.

En Uruguay existe la Ley 18308: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Argentina, no existe un plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero. Existe sí un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos**.** Se encuentra en consenso el Plan Regional de Recursos Hídricos, que abarca las provincias de: Formosa, Chaco, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos y Corrientes. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de manejo de recursos hídricos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 25S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Uruguay:** Los derivados de la producción agrícola - ganadera.
Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Uruguay:** Escasa.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Uruguay:** Agricultura cercana a zonas urbanas.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

En Uruguay existe un interés creciente para uso productivo doméstico.
Como acciones para mejorar la colaboración, sería posible el desarrollo de estudios conjuntos entre Uruguay y Argentina.

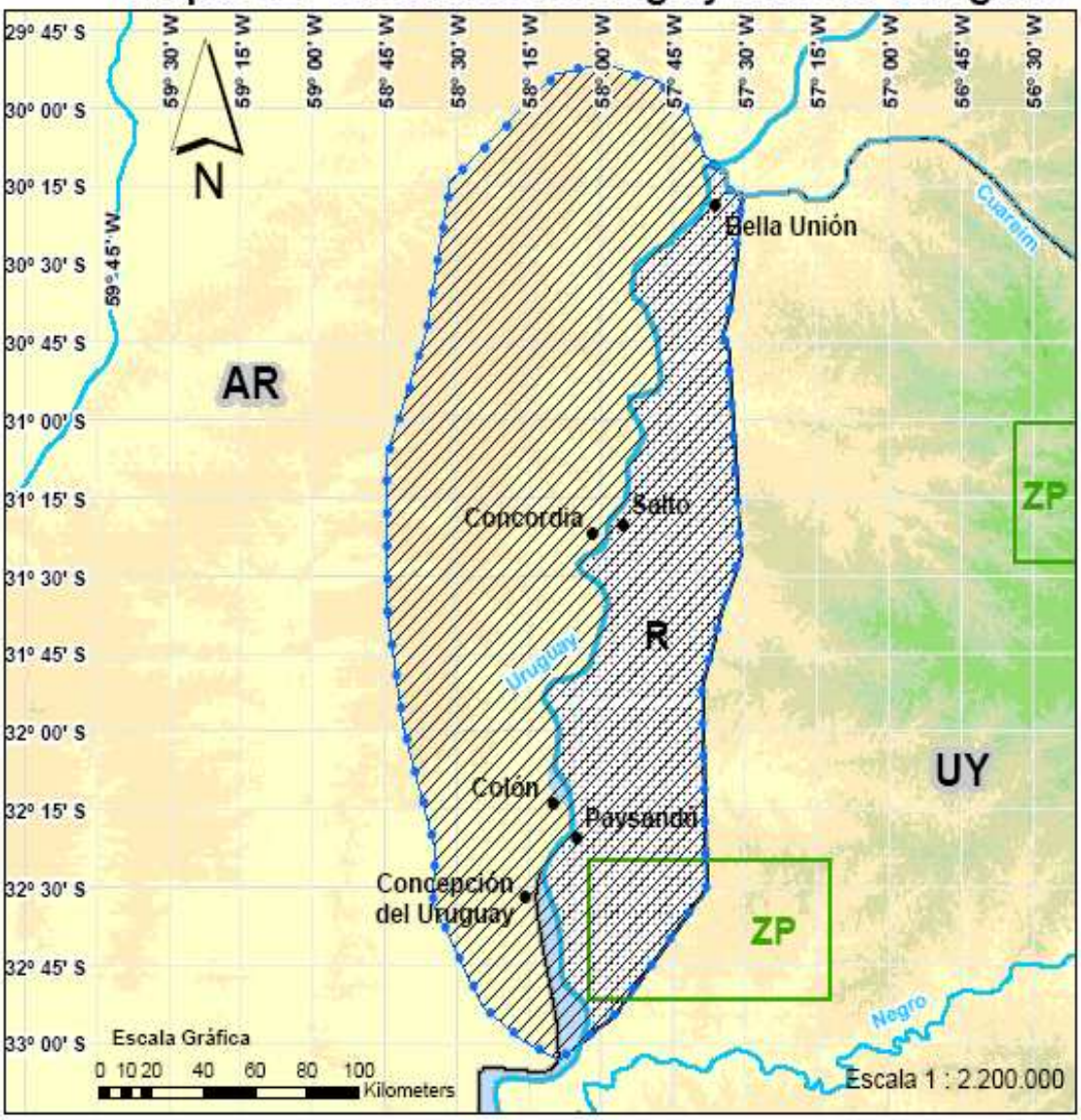
AUTORES Y FUENTES

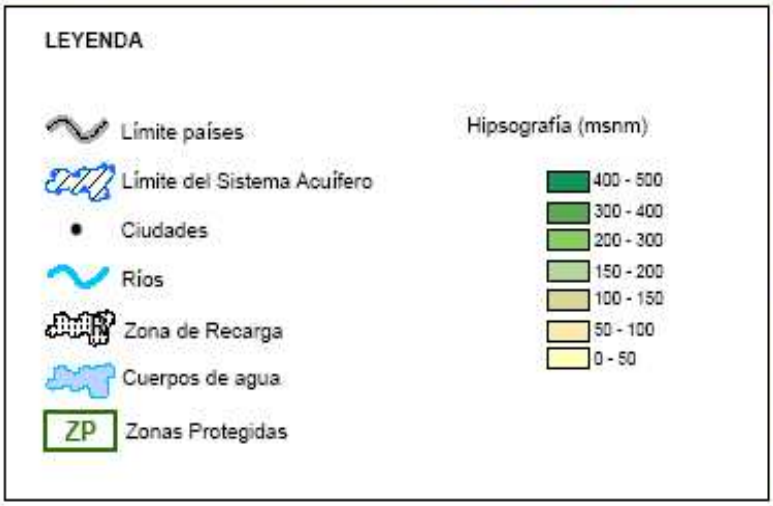
Argentina: Dra. Ofelia Tujchneider- Coordinadora Nacional ISARM Américas-Argentina.

Uruguay: Preparado con la colaboración de Edi Juri, Lourdes Batista, Juan Ledesma, Ximena Lacués, Pablo Decoud y Malena Pessi.
Fuentes: DNH, INE proyecciones, OSE, DINAMIGE (Carta Hidrogeológica 2003)

Sistema Acuífero Transfronterizo Salto-Salto Chico 26S AR-UY

Mapa 26S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





26S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO SALTO-SALTO CHICO ARGENTINA-URUGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Salto-Salto Chico está ubicado al noreste y centro de las provincias de Entre Ríos y Corrientes en Argentina y al oeste de los departamentos de Salto y Artigas en Uruguay. El paisaje es ondulado con abundante vegetación natural.

El sistema acuífero en Argentina tiene una superficie aproximada de 21.000 km^2 con una población estimada en 500.000 habitantes. En Uruguay, la extensión es de unos 10.200 km^2 con una población aproximada de 260.000 habitantes (2007).

1.2 Características del acuífero

El Sistema Acuífero Transfronterizo Salto-Salto Chico se encuentra alojado en las formaciones Salto en Uruguay y Salto Chico en Argentina. Las litologías corresponden a areniscas medias hasta gruesas, de origen fluvial y edad terciaria, exhibiendo cementación por silicificación posterior. El acuífero es de alto rendimiento, libre, semi libre a confinado. Las áreas de recarga se ubican en afloramientos y a través de afluentes del Río Uruguay y otros cursos menores. La transmisividad es de 1.200 mm^2/día y la permeabilidad de 43 m/día.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Uruguay, el espesor máximo del acuífero es de 30 metros. Localmente existen áreas de confinamiento debido a presencia de lentes de arcilla en el techo de la porción superior y cementación silícea parcial de algunos estratos. Las zonas de mayor espesor se encuentran al norte de la ciudad de Salto; la dirección del flujo se desplaza hacia el oeste descargando en el Río Uruguay y sus tributarios. Las profundidades de captación ocurren entre 0 y 45 metros, correspondiendo un 60 % entre 15 y 45 metros.

1.4 Zonas de recarga

En Argentina, las áreas de recarga y descarga no están aún completamente identificadas. En Uruguay se infiere que la recarga principal del acuífero se realiza directamente por infiltración de las aguas meteóricas y a través del contacto con la red de aguas superficiales, pero no existen estudios que avalen lo anterior. Se recomienda mantener esta postura para promover estudios en un futuro próximo.

1.5 Explotación y caudales

En Uruguay, constituye la fuente de abastecimiento menos profunda para uso doméstico, riego e industrial. Los caudales de explotación varían en torno de 1 a 15 m^3/h, en tanto que el caudal específico oscila entre 2,4 y 5,0 m^3/h/m. La transmisividad es de 50 m^2/día.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 26S/1: Datos de población

	Argentina	Uruguay
• **Total:**	500.000 habitantes	260.000 habitantes (2007)
• **Urbana y principales ciudades:**	300.000 hab. (60%) Concordia, Federación, Federal y Salto Grande	248.000 hab. (95,4%)
• **Rural:**	200.000 hab. (40%)	12.000 hab. (4,6 %)

2.2 Usos

En Argentina se utilizan unos 200.000.000 m^3/año, preferentemente para riego de arroz, mientras que en Uruguay los usos preponderantes son para riego, consumo doméstico e industrial.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Las aguas son de muy buena calidad, del tipo bicarbonatadas sódicas.

3.2 Otras fuentes de agua

Como fuentes alternativas de agua, se tienen: aguas superficiales (ríos y arroyos) y aguas subterráneas: Sistema Acuífero Guaraní (21S) y Acuífero fisurado Arapey (22S).

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Argentina, en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes la precipitación media anual se ha incrementado en aproximadamente un 20 % desde la década del 70 en adelante. Para las provincias de Chaco y Formosa, la precipitación media anual ha disminuido un 10 % en la franja oeste. Contrariamente en la franja este, la misma ha aumentado un 10 %. Estos resultados son en función de los modelos de pronóstico teóricos.

En Uruguay, se observan cambios en la intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales con más frecuentes eventos extremos, así como un incremento de la lluvia

promedio anual. Dicho efecto se manifiesta fundamentalmente en el período comprendido entre los meses de octubre y febrero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

Para Argentina, en función de los modelos de pronóstico teóricos utilizados, se detallan dos escenarios de contexto para la región litoral-mesopotámica para el período 2081-90. Para un primer escenario cuyas características distintivas son: preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional, desarrollo económico regional entre otros, los resultados manifestaron que las precipitaciones anuales disminuirán en las provincias de Misiones, Corrientes, nordeste de Entre Ríos, norte de Santa Fe, Chaco y este de Formosa. Se esperan incrementos de precipitación en el oeste de Formosa, centro y sur de Santa Fe, y oeste y sudeste de Entre Ríos.

Para el segundo escenario, el cual considera aumento continuo de la población y niveles intermedios de desarrollo económico, las previsiones en cuanto a precipitación tuvieron un impacto menos notable que en el primer escenario. La disminución en los montos anuales se verificará en Corrientes, en la mitad oriental de Chaco y en el norte y nordeste de Santa Fe. El resto de la región tendrá un aumento en el sur de Santa Fe y en el este de Misiones.

Los cambios en la precipitación prevista para el Uruguay en la década de 2020 serían practicamente despreciables.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Las unidades de paisaje en Argentina son: zonas urbanas, tierras naturales, zonas productivas (principalmente agrícolas), humedales, cuerpos de agua, ríos y arroyos. Cobertura natural original: Tierras naturales, humedales, cuerpos de agua, ríos y arroyos

En Uruguay, se mencionan como unidades de paisaje: tierras productivas, naturales y urbanas. Cobertura natural original: praderas naturales y bosques ribereños.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Argentina, aproximadamente 40 % del área está cubierta por actividades productivas, en Uruguay, además de los sistemas de cultivos, se realiza ganadería en toda el área.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

En Argentina, se cultiva principalmente arroz, y en menor orden maíz, soja y trigo, mientras que en Uruguay, los cultivos principales son caña de azúcar, cítricos, arroz, horticultura y forestación.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

En Uruguay, los Esteros de Farrapos, presentes en la zona, integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Uruguay, se mencionan: arroyos, ríos, humedales, zonas de aprovechamiento de aguas por animales y plantas silvestres, rutas de sobrevuelo de aves, ya que el Río Uruguay recibe descarga de este acuífero.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Argentina, no existe un plan de ordenamiento territorial para la zona del acuífero. Se encuentra en proceso de preparación en la Argentina el Plan Estratégico Nacional: "Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial**".** Cada provincia debe integrar su propio plan de ordenamiento territorial al Plan Nacional. Se encuentra en marcha, además, el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de ordenamiento territorial a la fecha.

En Uruguay existe la Ley 18308: Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas.

En Argentina, no existe un plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero. Existe sí un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos**.** Se encuentra en consenso el Plan Regional de Recursos Hídricos, que abarca las provincias de: Formosa, Chaco, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos y Corrientes. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de manejo de recursos hídricos.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 26S/2: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

Beneficios económicos relacionados al uso del agua.	**Argentina:** Principalmente por cultivo de arroz se obtiene un beneficio de más de US$ 60.000.000. **Uruguay:** Los derivados de la producción agrícola.

Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.	**Argentina:** El acuífero es de gran importancia regional para el desarrollo económico del sector agropecuario (uso consumptivo). **Uruguay:** Importante para la agricultura, en especial para la horticultura.
Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.	**Uruguay:** La producción hortícola.

9 TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

Uruguay ha realizado estudios para uso productivo. Además, existe interés de ambos países para complementar y acordar acciones tendientes a garantizar el mantenimiento de la calidad y cantidad disponible del acuífero.

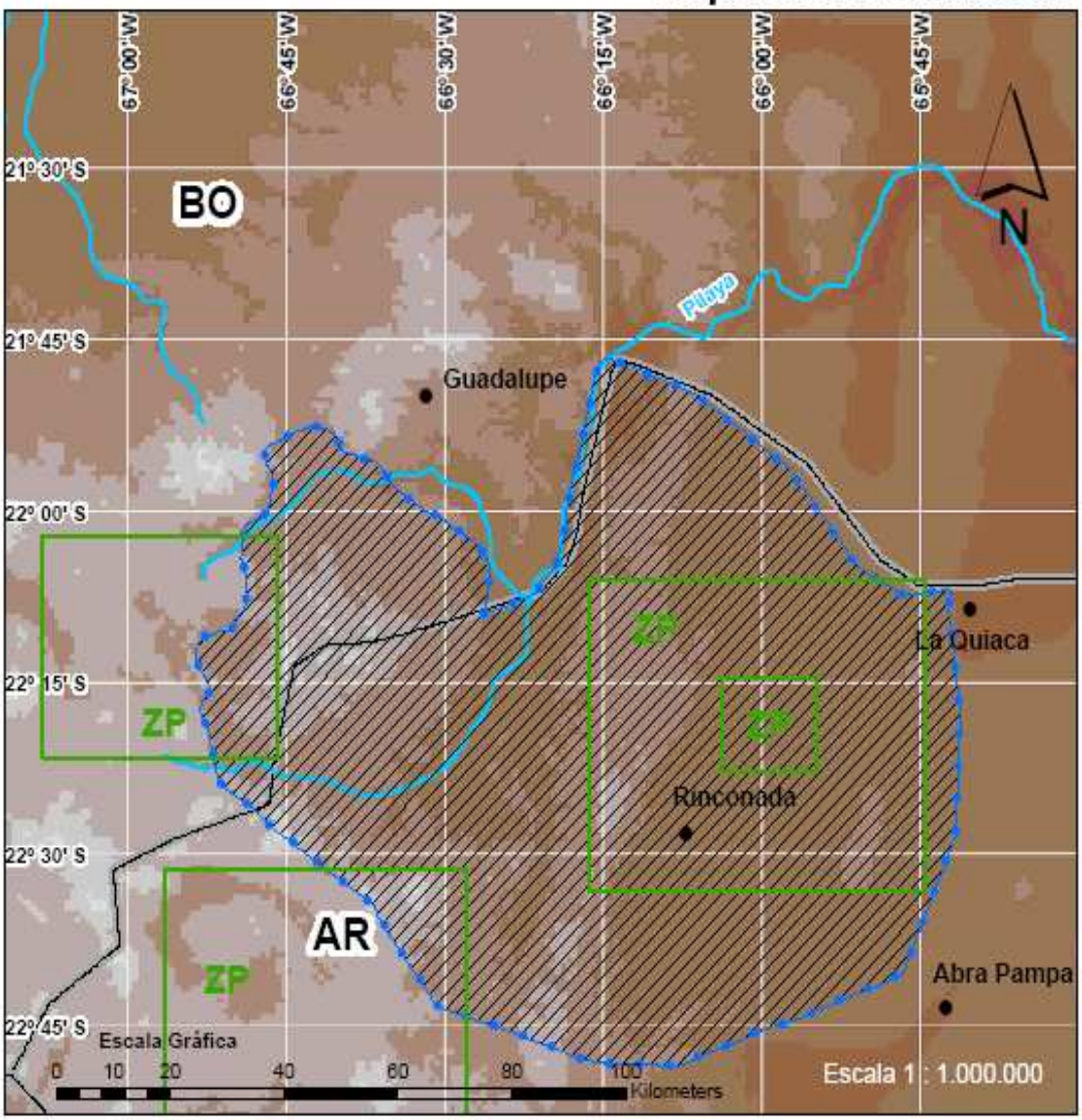
AUTORES Y FUENTES

Argentina: Dra. Ofelia Tujchneider- Coordinadora Nacional ISARM Américas-Argentina.

Uruguay: Preparado con la colaboración de: Edi Juri, Lourdes Batista, Juan Ledesma, Ximena Lacués, Pablo Decoud y Malena Pessi.
Fuentes utilizadas: DNH, INE proyecciones, OSE, DINAMIGE (Carta Hidrogeológica 2003)

Sistema Acuífero Transfronterizo Puneños
27S AR-BO

Mapa 27S/1 Ubicación



LEYENDA

- Límite países
- Límite del Sistema Acuífero
- Ciudades
- Ríos
- Zona de Recarga
- Cuerpos de agua
- ZP Zonas Protegidas

Hipsografía (msnm)

- 6500 - 7000
- 6000 - 6500
- 5500 - 6000
- 5000 - 5500
- 4500 - 5000
- 4000 - 4500
- 3500 - 4000
- 3000 - 3500
- 2500 - 3000

27S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO PUNEÑOS ARGENTINA-BOLIVIA

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Puneños está ubicado en la región de Puna en Argentina y en el Altiplano Sud Boliviano. En Bolivia, el Altiplano Sud está caracterizado por un ambiente exclusivamente volcánico, con la presencia de enormes calderas volcánicas (Panizos, Guacha y otros), extensos depósitos de ignimbritas de edad miocena (4.000 msnm) y estratovolcanes Plioceno – Pelirocenos, cuyos alturas máximas llegan hasta los 6.000 msnm. La puna se encuentra enmarcada por la cordillera volcánica occidental, compuesta por grandes estratovolcanes que superan los 5.000 m de altura y las sierras tectónicas del este que la separan de la Quebrada de Humahuaca. La zona presenta altos topográficos, depresiones endorreicas, con altitudes que varían desde los 3.000 a 4.500 msnm.

La extensión del sistema acuífero se estima en unos 16.000 km^2 en Argentina y 1.600 km^2 en Bolivia.

1.2 Características del acuífero

La Puna se caracteriza por la presencia de serranías de edad paleozoica, formadas por rocas ordovícicas de origen marino del tipo flysch turbidítico (con abundancia de vetas de cuarzo aurífero) y fosas en subsidencia que en sus depocentros contienen salares, salinas y lagunas. Las fosas principales son: la que contiene los salares de Cauchari – Olaroz, Guayatayoc - Salinas Grandes, portadores de depósitos de evaporitas económicas, y la fosa que contiene la Laguna de Pozuelos. Acompañando a los bloques paleozoicos, fallados, basculados e inclinados, aparecen adosados a sus flancos jirones de sedimentitas terciarias cuya naturaleza es "red-beds". También se tiene la presencia de acuíferos en rocas volcánicas fracturadas. El sistema acuífero, de tipo libre a semiconfinado, se aloja en materiales aluviales cuaternarios formados por abanicos aluviales de granulometría gruesa a muy fina, generalmente rellenando fosas tectónicas, las cuales tienen relación con las cuencas de Pozuelos y Miraflores. La litología de las mismas se caracteriza por ser ignimbritas fracturadas, con porosidad secundaria, y con una permeabilidad baja a media.

En Bolivia, el Altiplano Sud se caracteriza por la presencia de acuíferos en rocas volcánicas fracturadas, las cuales presentan una porosidad baja y una permeabilidad secundaria baja a media. Los acuíferos son de tipo semiconfinado y las zonas de recarga se encuentran en las elevaciones y sus flancos. En los materiales aluviales recientes, fluvioglaciares, se encuentran acuíferos libres, con porosidad media.

1.3 Profundidad del acuífero y de los pozos

En Bolivia, en los acuíferos presentes en materiales aluviales recientes, la profundidad se halla entre 20 y 50 m. Por su parte en los acuíferos fracturados en rocas volcánicas, se dan profundidades mayores a 100 m.

1.4 Zonas de Recarga

En Bolivia, las zonas de recarga del Acuífero Puneños se encuentran en las elevaciones mayores, representadas por los estratovolcanes, los cuales gran parte del año se hallan cubiertas por capas de nieve. Se estima que los valores de recarga son bajos, siendo el sistema muy lento, considerando que la precipitación media anual se encuentra en el orden de 50 a 100 mm/año.

2. POBLACIÓN, Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

Cuadro 27S/1: Datos de población

	Argentina	Bolivia*
• **Total:**	< 1.000 habitantes	< 1.000 habitantes
• **Urbana y principales ciudades:**	Santa Catalina, La Quiaca y Pozuelos	0
• **Rural:**	La población es mayormente rural	El total de la población es rural
• **Población indígena estimada:**	Nativos Kollas	100 %

** Datos de Bolivia según el Instituto Nacional de Estadística INE - 2001*

2.2 Usos

La zona está ocupada por poblaciones aisladas, que utilizan el recurso para su subsistencia y crianza de ganado ovino y auquénidos, así como para la agricultura.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

La calidad del agua varía entre buena y muy buena, y se observa una explotación incipiente del recurso por parte de Argentina.

En Bolivia la calidad del agua es en general buena, y actualmente no es explotada.

3.2 Otras fuentes de agua

Se consideran los recursos hídricos superficiales de ríos, arroyos y lagos.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Bolivia, los cambios climáticos son evidentes en el acortamiento del tiempo de preservación de las capas de nieve en la zona de recarga, las cuales son importantes entre junio a septiembre de cada año.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

En Bolivia, existen procesos volcánicos activos, los cuales pueden afectar la calidad de los acuíferos.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 27S/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Argentina	Tierras naturales Cuerpos de agua Zonas productivas (agrícolas y ganaderas)	Tierras naturales
Bolivia	Tierras naturales Cuerpos de agua	Arbustiva

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En territorio boliviano, el área del Acuífero Puneño corresponde a la Reserva de Fauna Andina Eduardo Avaroa, cuyo uso actual de la tierra es de protección con uso restringido.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

Ver cuadro de zonas protegidas a continuación.

Cuadro 27S/3: Zonas protegidas

Argentina	*Bolivia*
Sitio Ramsar Monumento Natural Laguna de los Pozuelos Reserva de Biosfera Lagunas de Vilama	Reserva Eduardo Avaroa No existen zonas con programas de protección/restauración de suelos.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Argentina, no hay hasta el presente información que certifique dependencia de ecosistemas de este acuífero. En Bolivia, los lagos y lagunas concentran una riqueza faunística (flamencos andinos) cuya fuente de alimentación son las vertientes.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Argentina, no existe un plan de ordenamiento territorial para la zona del acuífero. Se encuentra en proceso de preparación en la Argentina el Plan Estratégico Nacional: "Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial." Cada provincia debe integrar su propio plan de ordenamiento territorial al Plan Nacional. Se encuentra en marcha, además, el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de ordenamiento territorial a la fecha.

En Bolivia, el acuífero se encuentra en la jurisdicción del Departamento de Potosí, el cual cuenta con un Plan de Uso de Suelos. Sin embargo, a escala local no existe un Plan de Ordenamiento Territorial.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En la Argentina, existe un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos, no específico para este acuífero.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 27S/4: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**Bolivia**: Subsistencia, ganadería camélida. **Argentina**: En gran medida.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Bolivia**: Media, principalmente en la generación de bofedales como fuente de forraje para el ganado camélido.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Bolivia**: El ganado camélido puede verse afectado en el caso de descenso de los niveles de los acuíferos, los cuales alimentan las vertientes que son fuente de forraje.

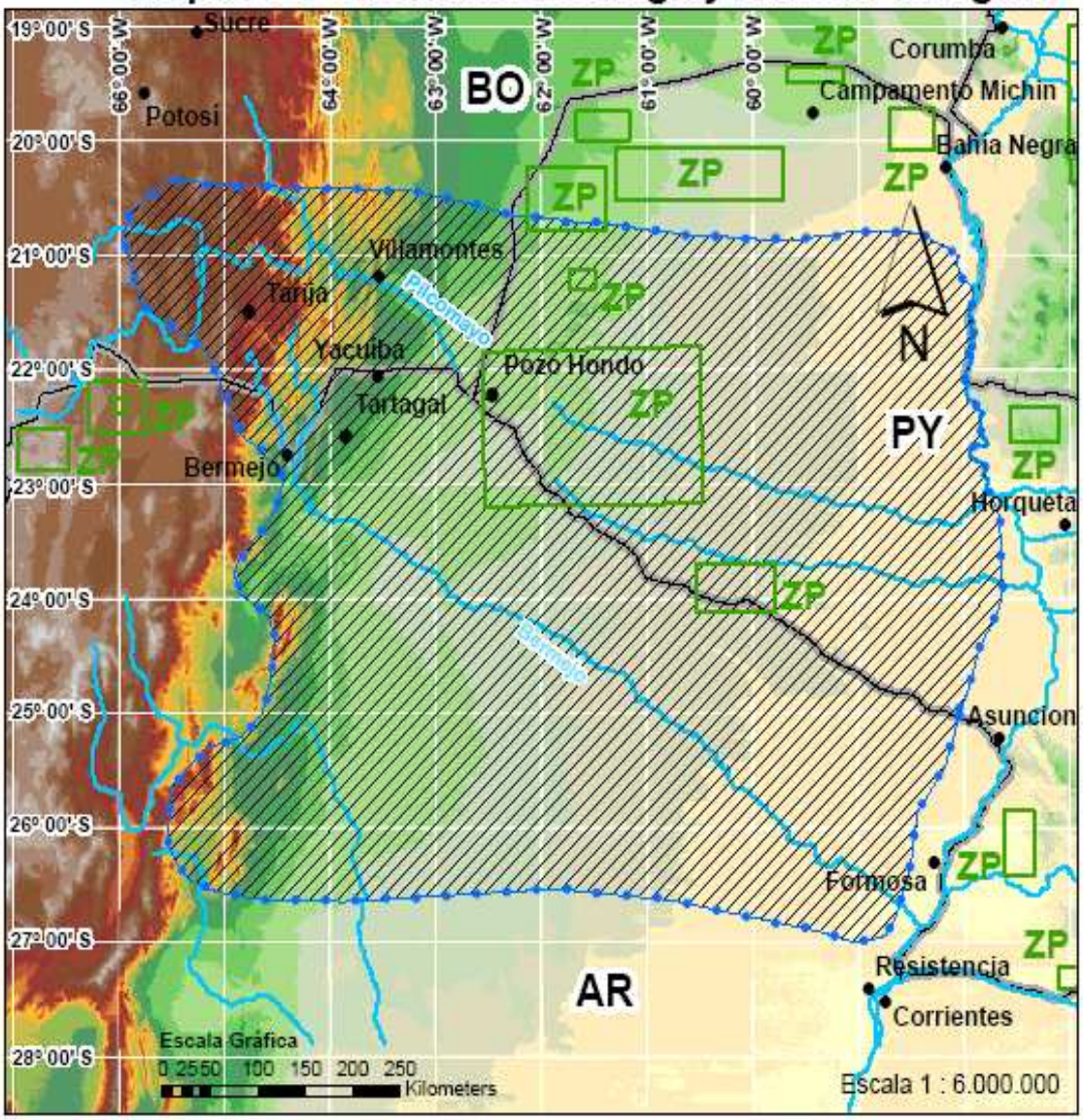
AUTORES Y FUENTES

Argentina: Dra. Ofelia Tujchneider – UNL Coordinadora Nacional ISARM Américas - Argentina. Preparado con la colaboración operativa de: Ing. Verónica Musacchio.

Bolivia: preparado con la colaboración del: Ing. Zoilo Moncada y el Ing. Mayel Sunagua SERGEOTECMIN.

Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño 28S AR-BO-PY

Mapa 28S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



28S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO ARGENTINA-BOLIVIA-PARAGUAY

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT) se encuentra ubicado al noroeste de Argentina, oeste de Paraguay y suroeste de Bolivia. Se extiende desde la parte oriental de la cordillera hasta el área de la Llanura Chaco – Pampeana.

Cuadro 28S/1: Extensión

Paraguay	*Argentina*	*Bolivia*
31.170 km^2	250.000 km^2	3.064 km^2

La población total es estimada en alrededor de 580.000 habitantes.

1.2 Características del acuífero

El sistema acuífero está constituido por sedimentos terciarios y cuaternarios, con permeabilidad primaria. Es del tipo multicapa, con un acuífero libre al que infrayacen un número no determinado de capas semiconfinadas a confinadas. Hay alternancia de capas de agua dulce con otras que contienen agua de alta salinidad. En las áreas de descarga hay presencia de humedales. Se observan evidentes efectos de tectónica y neotectónica.

En Paraguay el rango de profundidad oscila en los 400 m.

Las áreas de recarga y descarga no están aún completamente identificadas, aunque se estima que la recarga se produce en Bolivia. En Paraguay se encuentran las zonas de tránsito (conducción) y descarga.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población en Argentina es superior a los 250.000 habitantes, de los cuales el 70% representa población urbana (Tartagal, Presidente Roque Sáenz Peña, Ing. G. N. Juárez), y se estima una población indígena superior a los 50.000 habitantes. En Paraguay, la población total es estimada en unos 110.000 habitantes siendo las principales urbanizaciones: Pozo Hondo, Fortín Teniente Rivarola, Fortín Nueva Asunción, Mariscal Estigarribia, Filadelfia. Por otra parte, la población indígena se estima en unos 43.000 habitantes.

2.2 Usos

En Argentina, el recurso se utiliza para abastecimiento humano y actividades generales (riego, ganadería, etc.), en aquellos lugares donde la calidad lo permite.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Paraguay, al noroeste del área de influencia se presenta agua bicarbonatada, de buena calidad, mientras que al sureste es salobre.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Mayor salinización de oeste a este, en el sentido de la dirección del flujo.

3.3 Otras fuentes de agua

En Argentina se mencionan recursos hídricos superficiales de ríos, arroyos, etc.

En Paraguay, captación del cuerpo de agua superficial trinacional, Río Pilcomayo: cosecha de lluvias, tajamares, aljibes (aguas nacionales), captación de otros acuíferos a profundidad - con desalinización -(nacional).

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

4.1 Cambios de la cantidad, intensidad y periodicidad de las precipitaciones pluviales, en la zona del acuífero, y su influencia sobre las modalidades de recarga

En Argentina, en las provincias de Santa Fe, Entre Ríos y Corrientes la precipitación media anual se ha incrementado en aproximadamente un 20 % desde la década del 70 en adelante. Para las provincias de Chaco y Formosa, la precipitación media anual ha disminuido un 10 % en la franja oeste. Contrariamente, en la franja este, la misma ha aumentado un 10 %. Estos resultados son en función de los modelos de pronóstico teóricos.

En Paraguay, se presume que algún tipo de variación en el régimen o intensidad de las lluvias incidirían en la recarga del acuífero.

4.2 Previsión de cambios de las precipitaciones pluviales y en la recarga previstos para el futuro

En Argentina, en función de los modelos de pronóstico teóricos utilizados, se detallan dos escenarios de contexto para la región litoral-mesopotámica para el período 2081-90. Para un primer escenario cuyas características distintivas son: preservación de las identidades locales, alta tasa de crecimiento poblacional, desarrollo económico regional entre otros, los resultados manifestaron que las precipitaciones anuales disminuirán en las provincias de Misiones, Corrientes, nordeste de Entre Ríos, norte de Santa Fe, Chaco y este de Formosa. Se esperan incrementos de precipitación en el oeste de Formosa, centro y sur de Santa Fe, y oeste y sudeste de Entre Ríos.

Para el segundo escenario, el cual considera aumento continuo de la población y niveles intermedios de desarrollo económico, las previsiones en cuanto a precipitación tuvieron

un impacto menos notable que en el primer escenario. La disminución en los montos anuales se verificará en Corrientes, en la mitad oriental de Chaco y en el norte y nordeste de Santa Fe. El resto de la región tendrá un aumento en el sur de Santa Fe y en el este de Misiones.

En Paraguay, mientras tanto, se sostiene que los cambios climáticos regionales de sequías y de altas precipitaciones pueden incidir en las áreas recarga del acuífero.

4.3 Impactos en el acuífero de fenómenos extremos

Las sequías prolongadas en la región afectarían notablemente la recarga del acuífero y consecuentemente aumentaría la tendencia a la salinización de las aguas.

4.4 Uso del acuífero durante y/o después de fenómenos extremos

En Paraguay es la única fuente de agua disponible en épocas de sequía.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

En el siguiente cuadro se resumen las diferentes unidades de paisaje, así como la cobertura natural original:

Cuadro 28S/2: Unidades de paisaje y cobertura natural original

	Unidades de Paisaje	Cobertura natural original
Paraguay	En la zona en cuestión se encuentran dos (2) tipos de paisajes. El primero, tierras naturales, conformado por bosques primarios altos, zonas bajas inundables por influencia del Río Pilcomayo, y lagunas, cauces y paleo-cauces que son alimentados en épocas de lluvia. El segundo tipo relacionado al paisaje es tierra productiva de ganadería semi extensiva y extensiva. (Fuente: Mapa de Ordenamiento Ambiental del Territorio de los Departamentos Alto Paraguay y Boquerón, octubre 2006)	Bosques primarios altos Arbustos soto bosques Lagunas naturales Antiguos cauces abandonados por el Río Pilcomayo
Bolivia		Bosques
Argentina	Zonas urbanas Tierras naturales Selvas Bosques Zonas productivas (agrícola-ganaderas) Humedales Reservas naturales, cuerpos de agua, ríos y arroyos	Selvas Bosques Tierras naturales Cuerpos de agua Ríos Arroyos.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

En Argentina, el uso actual de la tierra está dedicado a cultivos intensivos y extensivos y ganadería. Se estima que este uso comprende el 40% del área.

En Bolivia, el área se encuentra ocupada por bosques.

En Paraguay, el uso actual de las tierras es ganadería semiextensiva y, en partes, extensiva.

5.3 Principales cultivos o sistemas de cultivos

Cuadro 28S/3: Principales cultivos o sistemas de cultivos

	Paraguay	Argentina
Cultivos	La zona en cuestión está constituida por bosques primarios naturales, zonas bajas inundables y por lagunas.	Maíz Algodón Sorgo Trigo Arroz Papa Cebolla Soja Mandioca Girasol

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Argentina, en la Provincia de Formosa se encuentra el Sitio Ramsar Parque Nacional Río Pilcomayo.

En Paraguay, existen cuatro (4) sistemas de áreas protegidas en el acuífero de referencia: Reserva Ecológica Pozo Hondo, Parque Nacional Teniente Enciso, Parques Médanos Del Chaco (514.233 ha), y Reserva Natural Cabrera Timane.

El área también se encuentra dentro de la Reserva de Biosfera (UNESCO), que tiene en total 4.707.250 ha. (Referencia N° 2, 3, 6 y 39, respectivamente. Mapa adjunto del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas Paraguay (SINASIP), Noviembre 2003, escala 1:3.500.000)-www.seam.gov.py

Existe en la Dirección de Gestión Ambiental de la Secretaría del Ambiente un Proyecto de Ordenamiento Ambiental del Territorio de los Departamentos de Alto Paraguay y Boquerón, apoyado por la Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Unión Europea.

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

En Paraguay, en la zona de influencia se encuentran ríos, arroyos, humedales y rutas de sobrevuelo de aves.

El Río Pilcomayo y lagunas del área de influencia reciben descargas del sistema acuífero de referencia.

7. PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Argentina, no existe un plan de ordenamiento territorial para la zona del acuífero. Se encuentra en proceso de preparación en la Argentina el Plan Estratégico Nacional: "Argentina 2016. Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial**".** Cada provincia debe integrar su propio plan de ordenamiento territorial al Plan Nacional. Se encuentra en marcha, además, el Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de ordenamiento territorial a la fecha.

En Paraguay, actualmente existe en la Dirección de Gestión Ambiental de la Secretaría del Ambiente un Proyecto de Ordenamiento Ambiental del Territorio de los Departamentos de Alto Paraguay y Boquerón, apoyado por la Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Unión Europea.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Argentina, existe un Plan Nacional Federal de Recursos Hídricos. Se encuentra en consenso el Plan Regional de Recursos Hídricos, que abarca las provincias de: Formosa, Chaco, Santa Fe, Misiones, Entre Ríos y Corrientes. Cada una de las provincias donde se sitúa el acuífero se encuentra en proceso de elaboración de los documentos base de los planes de manejo de recursos hídricos.

En Paraguay, este plan da la base científica y técnica para impulsar el desarrollo integral departamental bajo los principios de equidad, sostenibilidad y competitividad, con el fin de mejorar la calidad de vida de la población, mediante la formulación del Plan de Ordenamiento Ambiental del Territorio (POAT).

En la actualidad, con la promulgación de la Ley N° 3239/07 de los Recursos Hídricos del Paraguay, se está implementando una reorganización del sector, así como la reglamentación de dicha ley por el cual los planes o proyectos del uso y manejo de los recursos hídricos están en proceso de elaboración en función de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

El POAT está implementado y tiene por objetivo el manejo sostenible de los recursos naturales, a tal efecto se define la zonificación y reglamentación de los usos de suelo, se establecen las normas, disposiciones y facultades especiales para fortalecer la capacidad de gestión departamental, para un escenario de un desarrollo integral del territorio, por lo tanto las actividades previstas sobre el acuífero no influenciarán en la recarga del mismo.

8. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 28S/4: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**Paraguay:** Si bien existe un beneficio económico debido al uso del agua, en general, para la ganadería semi extensiva y extensiva, no está cuantificado. **Argentina:** En gran medida.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Bolivia:** No existe dependencia de la economía respecto del agua subterránea. **Paraguay:** La economía local ganadera depende directamente del recurso agua, superficial y subterránea para su desarrollo.
• **Estimación porcentual del nivel de pobreza de las poblaciones que utilizan los recursos hídricos de los acuíferos.**	**Paraguay:** El ingreso medio estimado para la zona de influencia es de US$ 120 mensuales por persona.
• **Medios de vida que correrían peligro (pérdidas económicas) si el sistema acuífero subterráneo se viera afectado negativamente.**	**Paraguay:** Se verán afectados, especialmente, las comunidades indígenas, la flora y la fauna silvestre.

9. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

9.1 Interacciones entre los países

Según Argentina, los tres países han elaborado en 2005 una propuesta de proyecto al Fondo para el Medio Ambiente Mundial – GEF dentro del Programa Marco de la Cuenca del Plata (Proyecto CIC/GEF/PNUMA/OEA), para profundizar el conocimiento y propiciar la gestión conjunta focalizada en problemas de desertificación y adaptación al cambio climático.

Desde 2004 se hicieron estudios para preparar un diagnostico preliminar para la propuesta de Proyecto del Programa Marco del Plata. Se hicieron varias reuniones entre los técnicos y el personal de los gobiernos de los tres países, con un amplio y abierto intercambio de información científica.

9.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

En Paraguay, el área de influencia del acuífero de referencia está en la zona del Chaco Paraguayo, que a su vez, forma parte del Gran Chaco Sudamericano. Esta región posee clima semi-árido con tendencia al aumento de la frecuencia de períodos climáticos

extremos, según está demostrado en modelos de carácter regional. Esta situación hace a la región extremadamente vulnerable y en consecuencia, al acuífero.

Los países que conforman el acuífero de referencia tienen por objetivo encontrar recursos alternativos de agua, siendo una necesidad de los tres países para enfrentar el aumento de la población en el área, especialmente en la tarea de proteger la permanencia de las poblaciones indígenas con mayor riesgo, así como también la inminente expansión en la zona del desarrollo de la producción. Entre las medidas adoptadas, se encuentra la futura realización de un Proyecto Piloto en el Programa Marco de la Cuenca del Plata, donde los tres países trabajarán juntos para el mejor conocimiento científico del acuífero y la identificación del uso sostenible.

La colaboración entre los países solo será posible a partir de la conformación de comisiones de representantes locales, especialmente integradas por miembros de las comunidades indígenas asentadas en el área.

AUTORES Y FUENTES

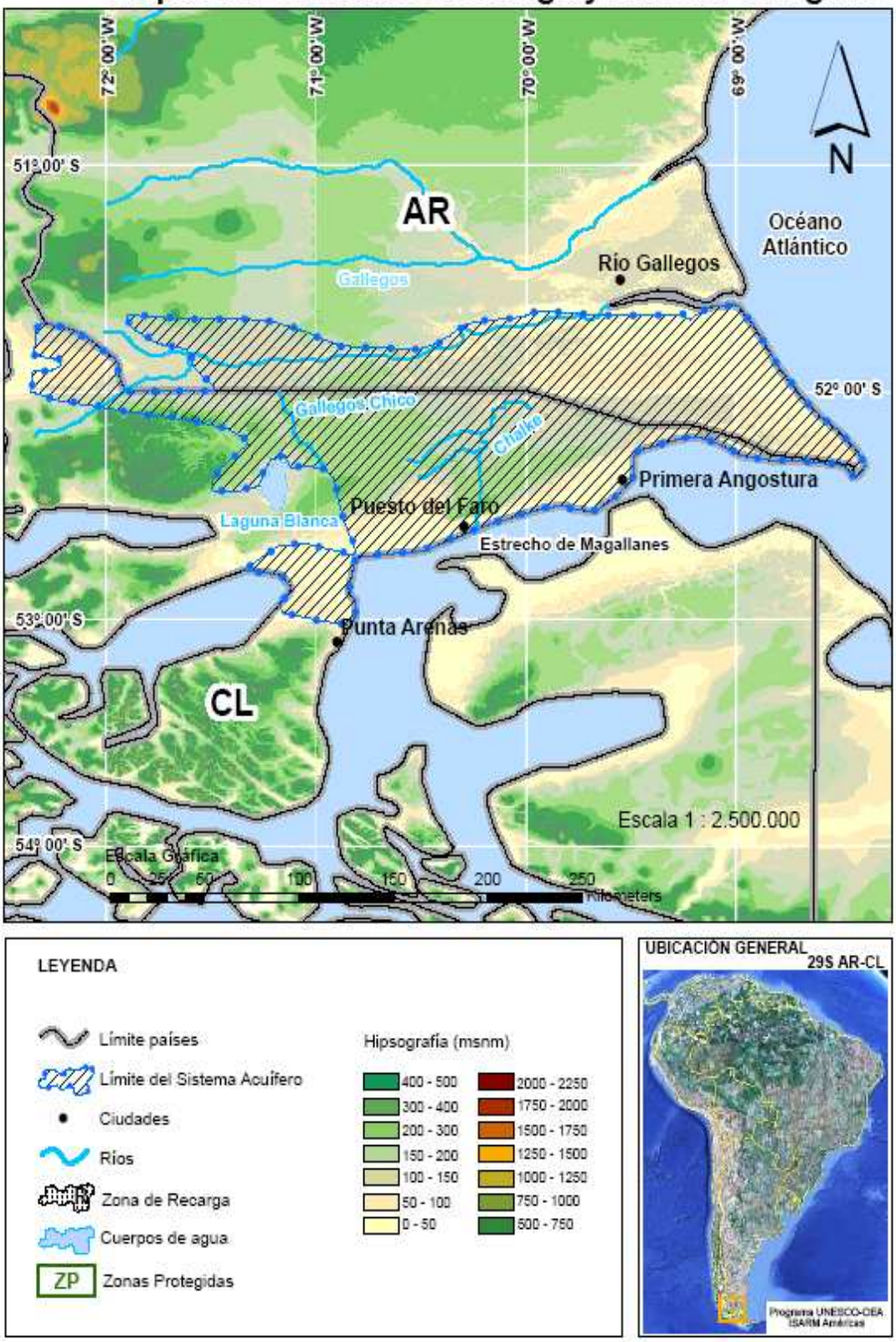
Argentina: Dra. Ofelia Tujchneider- Coordinadora ISARM Américas-Argentina. Preparado con la colaboración operativa de Ing. Verónica Musacchio.

Bolivia: Preparado con la colaboración de SERGEOTECMIN

Paraguay: Preparado con la colaboración de Ana María Castillo Clerici, Félix Carvallo

Sistema Acuífero Transfronterizo El Cóndor-Cañadón del Cóndor 29S AR-CL

Mapa 29S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas



29S- SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO EL CÓNDOR-CAÑADÓN DEL CÓNDOR
ARGENTINA -CHILE

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El Sistema Acuífero Transfronterizo El Cóndor-Cañadón del Cóndor se encuentra ubicado sobre el Estrecho de Magallanes en latitud 62° S y longitud 69° O. Se considera uno de los acuíferos más australes del mundo, ubicado en un área de condiciones climáticas extremas, con poca población pero con una importante actividad extractiva petrolera.

En la porción Argentina tiene una extensión de 5.490 km², con una población aproximada de 1.000 habitantes.

En Chile, la extensión del sistema acuífero es de aproximadamente 10.200 km^2.

1.2 Características del acuífero

La litología del mismo se caracteriza por ser sedimentario, cristalino/metamórfico, y volcánico con una porosidad tanto primaria como secundaria, presentándose tanto de forma libre, como confinado, incluso fósil.

Está constituido por depósitos fluvio-glaciales y glaciales de meseta de edad Pleistocena sub Holocena. Subyacen arenas y gravas de la Formación Santa Cruz (Mioceno Superior) y arenas con intercalaciones pelíticas y gravas de la Formación Magallanes (Eoceno). El sistema hidrogeológico presenta un acuífero freático (Pleistoceno, sub.-Holoceno) en un semiconfinado (Formación Santa Cruz) y otro inferior (Formación Magallanes).

La recarga es directa para el acuífero freático, mientras que es indirecta para el acuífero semiconfinado.

2. POBLACIÓN, Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población en la porción Argentina del sistema acuífero es de unos 1.000 habitantes, de los cuales la mayoría se encuentra en la zona rural, y se indica la presencia de unos 100 indígenas Tehuelches.

2.2 Usos

En Argentina, el recurso es el insumo básico de la actividad petrolera. También se utiliza para consumo humano y abrevadero de ganado.

3 CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

En Argentina, la calidad del agua es adecuada para uso humano.

3.2 Otras fuentes de agua

En Argentina, se cita como fuente alternativa el Río Gallegos.

4. UNIDADES DE PAISAJE Y COBERTURA NATURAL ORIGINAL

Las unidades de paisaje en Argentina son: tierras naturales y zonas productivas ganaderas.

5. BENEFICIOS ECONÓMICOS DERIVADOS DEL USO DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

Cuadro 29S/1: Aspectos económicos relativos al uso del Sistema Acuífero

• **Beneficios económicos relacionados al uso del agua.**	**Argentina**: El agua se utiliza para actividades de empresas privadas extractoras de petróleo. No brindan información.
• **Dependencia de la economía local (agro / industria / recursos naturales) del acceso al recurso agua.**	**Argentina**: Las empresas petroleras y los habitantes de la zona tienen dependencia absoluta del recurso.

6. TENDENCIAS PREVISIBLES EN EL USO DEL AGUA COMO RECURSO TRANSFRONTERIZO

6.1 Interacciones entre los países

Existen antecedentes de trabajo conjunto de Argentina y Chile en el tema de cuencas superficiales en el seno del Grupo de Trabajo creado en virtud del Protocolo Adicional Específico sobre Recursos Hídricos Compartidos (suscrito el 2 de agosto de 1991), en el marco del Tratado sobre Medio Ambiente. Se ha trabajado en cinco cuencas superficiales.

6.2 Interés de los países por el uso del Sistema Acuífero

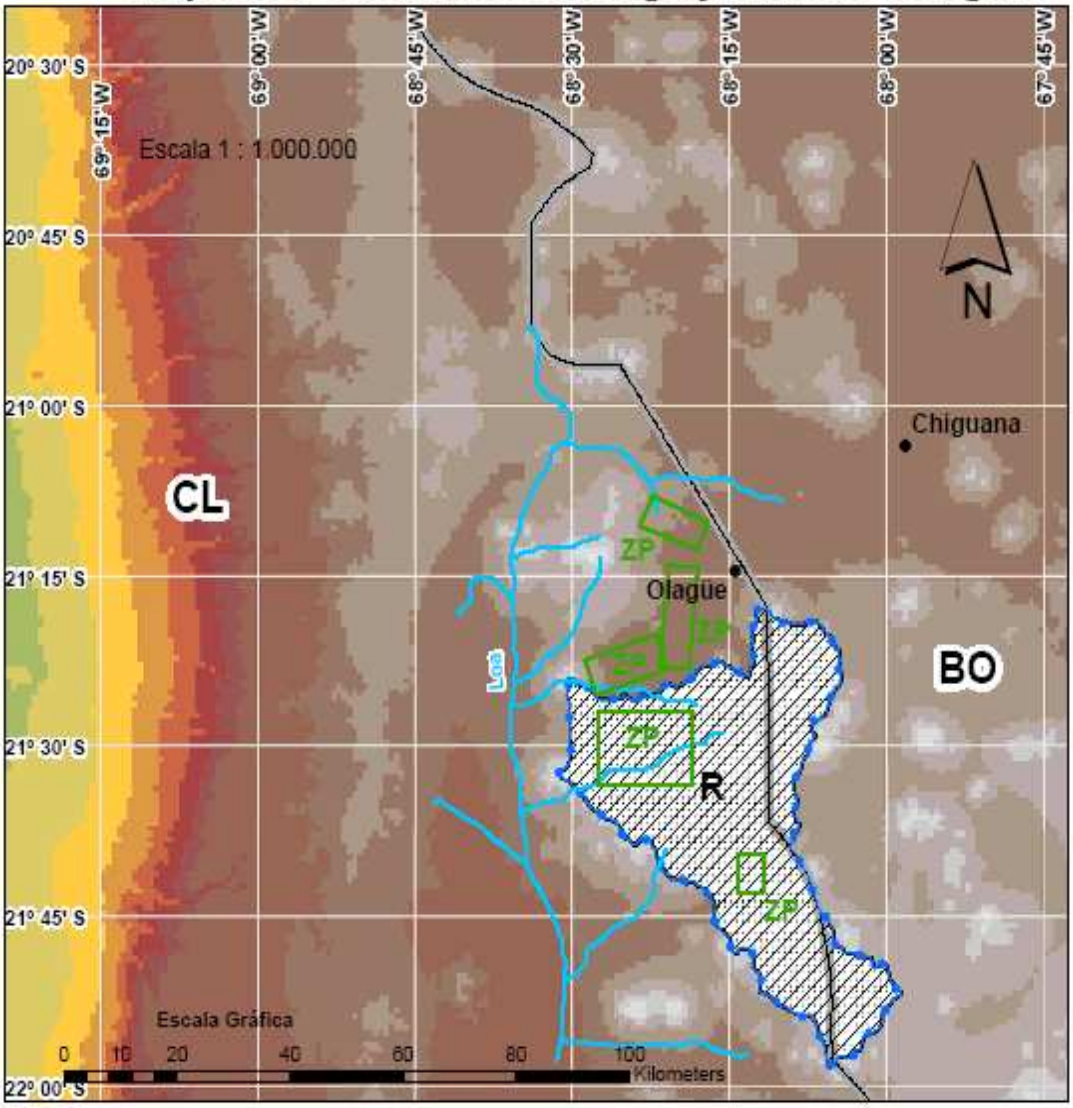
En virtud de lo expresado en el párrafo anterior podría decirse que hay interés en impulsar un trabajo conjunto.

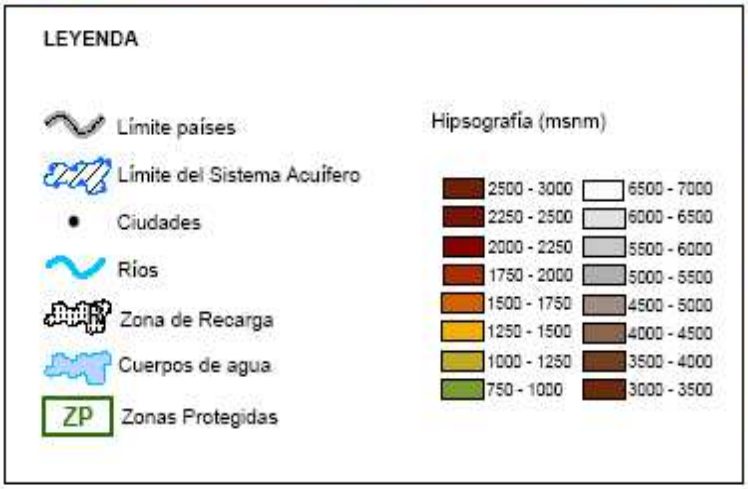
AUTORES Y FUENTES

Argentina: Preparado con la colaboración de Ofelia Tujchneider. Coordinadora ISARM Américas.

Chile: Preparado con la colaboración de María Angélica Alegría, DGA. Carlos Berroeta. CONAPHI Chile. Marcela Espinoza, DIFROL.

Sistema Acuífero Transfronterizo Ascotán
30S BO-CL
Mapa 30S Ubicación-Recarga y Zonas Protegidas





30S-SISTEMA ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO ASCOTÁN BOLIVIA-CHILE

1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

1.1 Países, área y población total

El área total del Sistema Acuífero Ascotán es de 1.791 km^2. En detalle, se distinguen dos acuíferos, uno central que cubre alrededor de 266 km^2 y uno secundario que cubre una superficie de 1.525 km^2 aproximadamente. El área total del acuífero corresponde practicamente a la de la cuenca.

El área correspondiente al sector chileno es de aproximadamente 1.340 km^2.

1.2 Características del acuífero

Geológicamente, el sistema está constituido por materiales sedimentarios y volcánicos, por lo que presenta permeabilidades primaria y secundaria. Es de tipo libre a semiconfinado.

El acuífero central está compuesto por una cubeta mayoritariamente sedimentaria de porosidad primaria, y corresponde practicamente al área del salar; el acuífero secundario está compuesto fundamentalmente de roca volcánica con porosidad secundaria, y corresponde a toda el área en torno al salar.

El área de recarga corresponde practicamente a la cuenca en su totalidad. En Bolivia, la zona de recarga está constituida por los estratovolcanes, con una alternancia de niveles piroclásticos, volcanosedimentarios y lavas. Los acuíferos contienen aguas fósiles, y constituyen acuíferos confinados.

En Bolivia, se presume por información geofísica que la profundidad del acuífero se encontraría entre 50 y 100 m.

1.3 Explotación y caudales

Media, solo se explota el sector sur de la cuenca, con un promedio anual de 200 l/s que corresponde aproximadamente al 20% de la disponibilidad.

2. POBLACIÓN Y USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL ACUÍFERO

2.1 Población

La población estimada en Bolivia es menor a 1.000 habitantes, todos ellos indígenas y en el área rural. (Instituto Nacional de Estadística INE – 2001).

2.2 Usos

El uso actual del agua es para la industria minera. En Bolivia, no existe explotación.

3. CALIDAD Y CAMBIOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

3.1 Calidad de Agua

Según Chile, la cuenca se caracteriza por la mala calidad de sus aguas. Se han encontrado solamente 4 aguas de calidad aceptable para el consumo humano. Las mismas se encuentran todas al noroeste del salar.

En Bolivia, si bien no se cuenta con información acerca de la calidad del agua del Acuífero Ascotán en particular, en función a los datos referenciales a nivel regional se infiere que las aguas son buenas.

3.2 Cambios percibidos en disponibilidad y calidad del agua del acuífero

Se ha observado una disminución del nivel del acuífero solo en el sector sur. Las zonas con mayor descenso alcanzan 3 a 4 metros. La explotación se inició a mediados de la década de los noventa.

Los cambios en el volumen de agua de las vertientes y manantiales se reflejan también en la disminución del volumen de agua en el drenaje fluvial, y al mismo tiempo en un descenso en los niveles de los lagos y lagunas. Esto demuestra los cambios en la disponibilidad del agua del acuífero.

3.3 Otras fuentes de agua

En Chile, se mencionan el Acuífero de Ollagüe y Cuenca del Río Loa.

En Bolivia, las capas de nieve contenidas en la cima de los estratovolcanes constituyen otras fuentes de agua, al igual que las lagunas existentes.

4. VARIACIONES CLIMÁTICAS ACTUALES Y PREVISTAS EN LA REGIÓN DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

En términos generales, se han apreciado ciclos decadales húmedos y secos. Lo anterior afecta los afloramientos de orilla del salar (vertientes) y niveles de acuífero.

5. USO Y GESTIÓN DE LA TIERRA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

5.1 Unidades de paisaje y cobertura natural original

Tierras naturales, paisaje altiplánico, con bofedales aislados.

5.2 Cobertura y uso actual de la tierra

El área del salar está siendo explotada por la minería no metálica (boro).

Según el Plan de Uso de Suelos del Departamento de Potosí, los suelos son clasificados como áridos con uso restringido. No hay cultivos.

6. ZONAS PROTEGIDAS/DE CONSERVACIÓN EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

6.1 Zonas Protegidas y zonas con programas de conservación y/o restauración de suelos

En Chile, vegas y acuíferos protegidos (Dirección General de Aguas) son:

- Palpana, Cebollar, Cebollar Viejo, Polapi
- Borde Sureste Ascotán

6.2 Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas alimentadas por el acuífero, y fuentes de agua que reciben una importante descarga de agua subterránea natural del acuífero, especialmente en los períodos secos

Entre los ecosistemas chilenos dependientes de aguas subterráneas se encuentran:

- Salar de Ascotán y sus lagunas interiores
- Quebrada del Inca
- Quebradas al occidente del salar

Las quebradas al occidente del salar reciben una importante descarga natural.
En Bolivia, ecosistemas con fauna y flora andina pueden ser afectados por cambios en los acuíferos.

7 PLANIFICACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL USO DEL AGUA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO TRANSFRONTERIZO

7.1 Planes de ordenamiento territorial para la zona del acuífero

En Bolivia, existe un Plan de Uso de Suelos a escala regional, elaborado por la Prefectura del Departamento de Potosí.

7.2 Plan de manejo de recursos hídricos para la zona del acuífero y medidas para las aguas subterráneas dentro del plan de ordenamiento territorial y/o en el plan de manejo de aguas

En Chile, la explotación es controlada por la Resolución de Calificación Ambiental.

AUTORES Y FUENTES

Bolivia: Preparado con la colaboración de Mayel Sunagua C. - SERGEOTEMCIN

Chile: Preparado con la colaboración de Carlos Berroeta Bustos - CONAPHI

Aspectos Socioeconómicos, Ambientales y Climáticos de los Sistemas Acuíferos Transfronterizos de las Américas

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

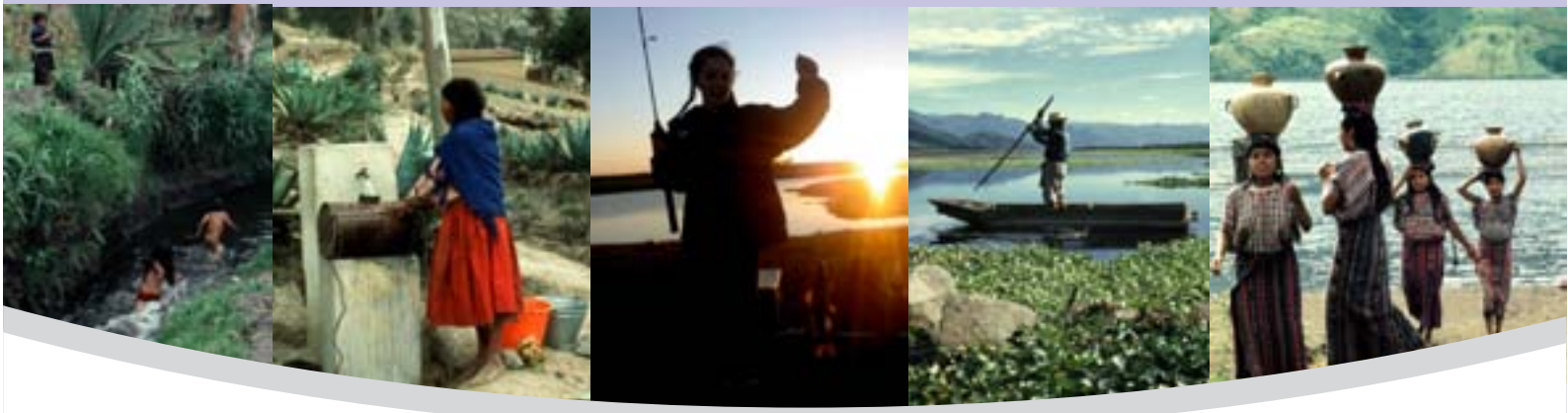
Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe

Programa Hidrológico Internacional

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS

UNESCO
Programa Hidrológico Internacional
Oficina Regional de Ciencia
para América Latina y el Caribe
Edificio Mercosur - Dr. Luis Piera 1992, 2º piso
Casilla de Correo 859
11200 Montevideo, Uruguay
Te.: (598) 2 413 20 75, Fax: (598) 2 413 20 94
phi@unesco.org.uy
http://www.unesco.org.uy/phi

Organización de los Estados Americanos
Departamento de Desarrollo Sostenible
1889 F St., N.W., 6° piso
Washington, D.C. 20006, EE.UU.
Tel.: (1-202) 458-3000
http://www.oas.org/dsd/



PROGRAMA UNESCO / OEA - ISARM AMERICAS

Acuíferos Transfronterizos de las Américas