

## Informe

# La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo

*Del 20 al 24 de noviembre de 2017  
Centro de Formación de la Cooperación Española  
en La Antigua Guatemala*

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción .....	3
2. El agua, un derecho humano .....	4
3. Agua y salud .....	5
4. Situación del agua en el mundo y en América Latina y el Caribe .....	7
5. Nociones sobre aguas subterráneas.....	9
5.1. <i>Riesgos y problemas de las aguas subterráneas</i> .....	12
6. Captación, almacenamiento y suministro de las aguas subterráneas .....	13
7. Modelos de cooperación para proyectos de agua y saneamiento .....	18
7.1. <i>Proyectos de Cooperación en Guatemala</i> .....	18
8. Descripción hidromorfológica y experiencias por país .....	20
8.1. <i>Argentina</i> .....	20
8.2. <i>Colombia</i> .....	21
8.3. <i>Costa Rica</i> .....	23
8.4. <i>Cuba</i> .....	24
8.5. <i>El Salvador</i> .....	25
8.6. <i>Guatemala</i> .....	26
8.7. <i>Honduras</i> .....	27
8.8. <i>México</i> .....	28
8.9. <i>Nicaragua</i> .....	29
8.10. <i>República Dominicana</i> .....	31
9. Recomendaciones.....	33
10. Conclusiones.....	33

## I. Introducción

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el [derecho humano al agua y al saneamiento](#), reafirmando que el agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.

No obstante, la importancia del agua para la vida, las cifras en torno a la escasez, mala gestión y mala calidad del recurso hídrico son alarmantes. Algunos datos: más de dos mil millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable; más de cuatro mil millones y medio de personas carecen de acceso a servicios de saneamiento; cerca de medio millón de niños y niñas menores de cinco años mueren cada año a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua; la escasez de agua ya afecta a cuatro de cada diez personas; y el 8% de las aguas residuales regresan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas<sup>1</sup>.

A la luz de estos problemas y como parte del compromiso del Estado español con el desarrollo humano sostenible y los derechos humanos al agua y el saneamiento, la [Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo \(AECID\)](#) organizó el curso [La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo](#), los días 20 a 24 de noviembre de 2017, en el [Centro de Formación de la Cooperación Española en La Antigua Guatemala](#).

Este curso fue coordinado e impartido por el [Instituto Geológico y Minero de España \(IGME\)](#) en colaboración con la AECID, y estuvo orientado a mejorar la gestión integrada de los recursos hídricos, tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas, entendiendo la interrelación existente entre ambas, así como con el medio ambiente.

Uno de los objetivos del curso es brindar un conocimiento adecuado del funcionamiento de las aguas subterráneas a fin de evitar problemas de mala gestión, como el sobreuso y la contaminación de acuíferos, con el fin de garantizar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad adecuadas para el sustento y desarrollo de las poblaciones, manteniendo y protegiendo el medio ambiente.

<sup>1</sup> [Organización Mundial de la Salud \(2017\): 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro](#)

Al contar con participantes de diez países de Latinoamérica y el Caribe, es de presumir que el intercambio de conocimientos y experiencias sirve para mejorar la implementación de futuros proyectos de cooperación, así como para desarrollar normativas efectivas sobre gestión y protección de aguas subterráneas y superficiales a nivel local, regional, nacional e internacional.

La actividad reunió a un grupo de profesionales de alto nivel tanto por parte de los facilitadores del curso como de sus participantes. Fueron facilitadores y ponentes del mismo Juan María Fornés y Luis Javier Lambán, científicos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME); y José Luis Armayor, Asistencia Técnica Tragsatec para la Gestión del [Fondo de Cooperación Española para Agua y Saneamiento \(FCAS\)](#) en Guatemala. En cuanto a los participantes, se contó con la presencia de profesionales del sector público y privado de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Colombia y Argentina. Aunque procedentes de diferentes disciplinas profesionales —académicos, hidrogeólogos, economistas, ambientalistas, cooperativistas y arquitectos, entre otros— todos ellos compartían experiencia en la gestión de programas de cooperación y desarrollo relacionados con el agua.



El curso tuvo una duración de cinco días en los que se abarcaron las siguientes actividades:

- Una fase teórica para tratar temas relacionados con las aguas subterráneas: su gestión, extracción, almacenamiento, distribución y saneamiento en proyectos de cooperación para el desarrollo en materia de agua.

- Una presentación de dos casos prácticos de proyectos de cooperación relacionados con aguas subterráneas;

- Una visita de campo a obras financiadas por el FCAS en Guatemala (Departamento de Sololá);

- Una presentación de las iniciativas llevadas a cabo en los países representados relacionadas con el abastecimiento y saneamiento de agua en poblaciones urbanas y rurales.

Este documento recoge las presentaciones realizadas durante la actividad, tanto las específicas del curso “La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos” como las de cada uno de los países participantes. El contenido de esta memoria procede única y exclusivamente de los contenidos de las presentaciones.

## 2. El agua, un derecho humano

Si bien comparten el objetivo común de equidad y una vida digna para todas las personas, durante años los derechos humanos y la cooperación internacional al desarrollo han seguido caminos separados con conceptos, planteamientos y metodologías diferentes. Sin embargo, en el año 2000, la [Declaración del Milenio de las Naciones Unidas](#), a través de los [Objetivos de Desarrollo del Milenio \(ODM\)](#) que habrían de cumplirse para el año 2015, unificó los compromisos en materia de derechos humanos con los objetivos de desarrollo del milenio.

En el 2002, el [Grupo de Naciones Unidas para el Desarrollo \(GNUMD\)](#) convino que el acceso al agua y al saneamiento era indispensable para garantizar un nivel de vida adecuado a la población. Y el 28 de julio de 2010, con la [Resolución A/RES/64/292 de la Asamblea General de Naciones Unidas](#), se reconoció que el derecho humano al agua y al saneamiento era esencial para la vida y la dignidad humana, y para el disfrute de todos los demás derechos humanos. En diciembre de 2015<sup>2</sup>, la Asamblea General de Naciones Unidas definió la existencia de dos derechos separados, aunque interrelacionados: el derecho al agua y el derecho al saneamiento.

La [Agenda de Desarrollo Sostenible 2030](#) ratificó su compromiso con los derechos humanos al agua, al saneamiento y la higiene, haciendo un llamado a la cooperación técnica regional e internacional, los Estados y las empresas para que cumplan con sus responsabilidades en la implementación y aplicación de los derechos al agua y el saneamiento, monitoreando y promoviendo su implementación. El agua es un elemento central para el cumplimiento de los [17 Objetivos de Desarrollo Sostenible \(ODS\)](#), y está directamente vinculada con cada uno de ellos.

*El Derecho Humano al agua es el derecho universal que tienen todas las personas al acceso seguro y sostenible a una cantidad suficiente de agua para consumo personal y doméstico, de forma asequible física y económicamente y aceptable culturalmente<sup>3</sup>.*

El reconocimiento del acceso universal al agua y al saneamiento como derechos humanos esenciales para una vida digna supone una obligación que los Estados deben respetar, proteger y cumplir. La erradicación de la pobreza está estrechamente ligada al acceso al agua, al saneamiento y la higiene.

Habiendo sido reconocidos como derechos humanos esenciales para la vida, el acceso al agua y al saneamiento se rige por los siguientes principios:

<sup>2</sup> [Asamblea General de Naciones Unidas \(22 de febrero de 2016\): A/RES/70/169 "The human rights to safe drinking water and sanitation"](#)

<sup>3</sup> [UNWater \(2014\): Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015, Naciones Unidas](#)



- **No discriminación e igualdad:** Todas las personas, en particular los sectores más vulnerables y marginados de la población, deben contar con servicios básicos de agua y saneamiento. Los Estados velarán por que se cumpla el principio de no discriminación tanto en la legislación como en las políticas y las prácticas.

- **Derecho a la participación y a la información:** Todas las personas tienen derecho a participar de forma activa en todos los procesos relacionados con el agua, el saneamiento y la higiene, así como a disponer de información asequible y comprensible en torno a dichos procesos.

- **Rendición de cuentas:** Los Estados deben disponer de mecanismos de rendición de cuentas apropiados y garantizar, si fuera necesario, el acceso a los tribunales. Igualmente, establecerán mecanismos para resarcir a las víctimas de las violaciones de los derechos humanos al agua y al saneamiento.

- **Sostenibilidad:** Los servicios de agua y saneamiento deben mantenerse activos, de modo que no se reduzca el acceso o disminuya la calidad del servicio tanto para los usuarios actuales como para las generaciones futuras. En este sentido, es importante tener en cuenta los costos a corto y largo plazo, así como la disponibilidad de recursos hídricos y financieros.

Adicionalmente, todo proyecto público o privado relacionado con abastecimiento de agua tiene que responder a cinco criterios fundamentales:

**1. Disponibilidad:** Un buen servicio de agua debe proporcionar un suministro suficiente y continuo para uso personal y doméstico.

**2. Calidad:** El agua debe ser potable, salubre y libre de microorganismos o sustancias tóxicas para la salud de las personas.

**3. Aceptabilidad:** El agua tiene que tener un color, olor y sabor aceptables.

**4. Accesibilidad:** El agua debe ser accesible, a ser posible dentro del hogar o en sus inmediaciones. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) no puede estar a más de 1000 metros de distancia y el tiempo necesario para acarrearla no debe superar los 30 minutos<sup>4</sup>.

**5. Asequibilidad:** El acceso a los servicios de agua para uso personal y doméstico debe ser económicamente accesible para todo el mundo, en particular las poblaciones más vulnerables. Es obligación de los Estados garantizar dicha asequibilidad.

Los servicios de agua son diversos, responden a variables políticas, económicas, demográficas y topográficas, y también al contexto social y cultural y a las relaciones de género. Pueden ir desde la conexión a una red de tuberías hasta instalaciones de agua compartida (manantiales, chorros públicos) o soluciones individuales in situ (un pozo, recogida de agua de lluvia). En cualquier caso, el Estado debe velar porque estos servicios sean adecuados y respeten las normas de los derechos humanos.

Muchas de las intervenciones en materia de agua y saneamiento no han resultado sostenibles debido a factores como la falta de planificación, la fragmentación institucional, la escasez de financiamiento, una regulación débil para la gestión privada de los servicios, la falta de compromiso a largo plazo, la escasa participación de las comunidades, la falta de regulación, supervisión y rendición de cuentas y la falta de atención a los grupos más vulnerables. Aprendiendo de los errores, es importante tener en cuenta estas debilidades para asegurar el éxito de intervenciones futuras.

En respuesta al compromiso del Estado español con el derecho humano al agua y al saneamiento y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, la AECID creó el Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS). Con una cartera de cerca de 1300 millones de euros, el FCAS es un instrumento destinado a asegurar el acceso a agua potable y saneamiento a las poblaciones más vulnerables de los 19 países de América Latina y el Caribe.

### 3. Agua y salud

Pese a que el acceso al agua y al saneamiento han sido declarados derechos humanos, actualmente se estima que en el mundo, 2100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y 4500 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico<sup>5</sup>. Cada 10 segundos muere una persona por falta de agua, y cada día mueren en torno a 6000 personas por diarrea (la mayoría niños menores de 5 años).

Sin embargo, una mejora combinada de abastecimiento de agua, saneamiento e higiene podría reducir la mortalidad por enfermedades diarreicas en más de un 45%<sup>6</sup>. Prácticas tan sencillas como lavarse las manos con agua y jabón, eliminar adecuadamente las excretas y almacenar de forma segura el agua para beber, podrían reducir en más del 40% las enfermedades diarreicas y en un 25% las infecciones respiratorias<sup>7</sup>.

Otro dato paradójico de la pobreza es que aun cuando el 75% del total del agua usada en el planeta se utiliza para regadío (agricultura y ganadería), en el año 2012, 1020 millones de seres humanos no tenían una alimentación suficiente y segura<sup>8</sup>. El consumo masivo de agua para la agricultura y la ganadería, y en menor medida la industria, también contradice la prioridad máxima establecida para el uso del recurso hídrico que contempla en primer lugar el abastecimiento personal y doméstico, así como los usos vinculados a garantizar la salud.

*La falta de agua potable y saneamiento básico tiene impactos nefastos en los procesos de desarrollo. El conjunto constituye la segunda causa de mortalidad de menores de cinco años en el planeta, y es el mayor componente de la carga de enfermedades asociadas con el ambiente. Las intervenciones combinadas de agua, saneamiento e higiene pueden reducir hasta un 80% la prevalencia de enfermedades de origen hídrico y muertes relacionadas (50% en el caso de las diarreas)<sup>9</sup>.*

Todavía estamos lejos de haber alcanzado los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, en particular

<sup>5</sup> [Organización Mundial de la Salud: "2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro", 12 de julio de 2017, Ginebra: OMS](#)

<sup>6</sup> [Organización Panamericana de la Salud \(2011\): Agua y saneamiento: Evidencias para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en salud pública, Washington, D.C.: OPS](#)

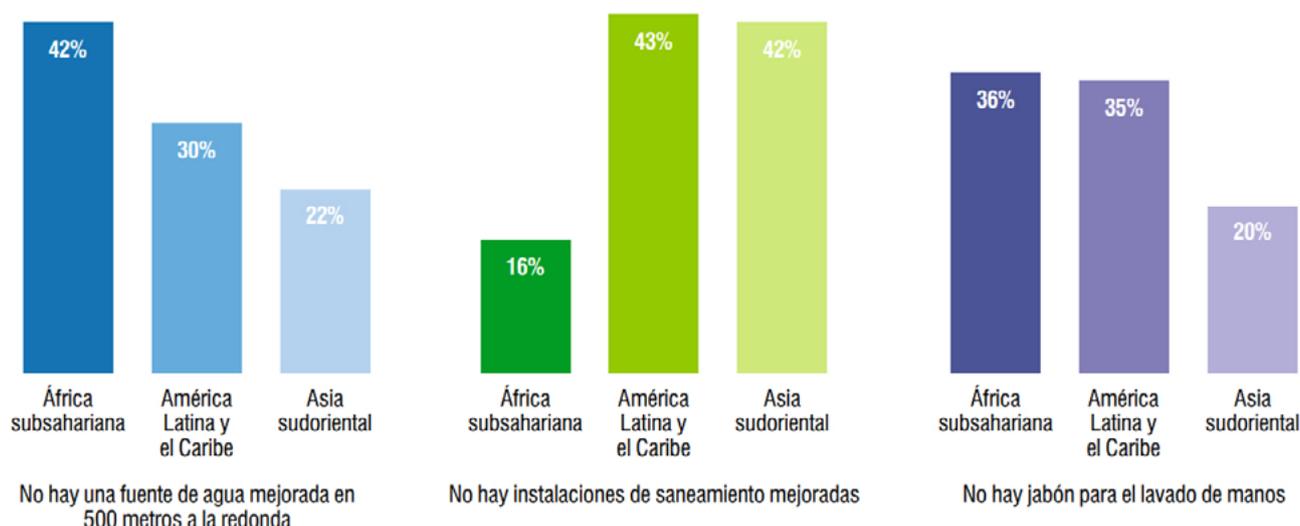
<sup>7</sup> [Unicef \(2009\): "Más de 80 países celebran el segundo Día Mundial del Lavado de Manos", 15 de octubre de 2009, Washington, D.C.: Unicef](#)

<sup>8</sup> [WWAP \(2017\): The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource., París: UNESCO](#)

<sup>9</sup> [Organización Panamericana de la Salud \(2011\): Agua y saneamiento: Evidencias para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en salud pública, Washington, D.C.: OPS](#)

<sup>4</sup> [Howard, G. y Bartram, J. \(2003\): La cantidad de agua domiciliaria, el nivel del servicio y la salud, Ginebra: OMS](#)

## Proporción de establecimientos de salud que carecen de instalaciones básicas de agua, saneamiento e higiene



Fuente: *Progresos en materia de saneamiento y agua potable: informe de actualización 2015 y evaluación del ODM. Organización Mundial de la Salud. Unicef 2015*

en lo que se refiere a agua y saneamiento. Las cifras son alarmantes: casi 2000 millones de personas en el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada con materia fecal<sup>10</sup>; la escasez de agua afecta a más del 40% de la población<sup>11</sup>, y esta cifra va en aumento ya que más de 1700 millones de personas viven en cuencas fluviales en las que el consumo de agua es superior a la recarga<sup>12</sup>. El acceso al agua y al saneamiento resalta la desigualdad e inequidad mundiales, siendo las poblaciones rurales las más vulnerables, y las regiones de África subsahariana, América Latina y Caribe y Asia sudoriental las más afectadas en cuanto a fuentes de agua disponibles y sistemas de saneamiento<sup>13</sup>. Son múltiples las enfermedades relacionadas con el agua:

- Las transmitidas por agua contaminada debido a **materia orgánica** procedente de humanos o animales (disentería amebiana, disentería bacilar, diarreas, cólera, hepatitis A y E, fiebres tifoideas, poliomiéltis, shigelosis, meningitis y leptospirosis);
- Las transmitidas por agua contaminada debido a **sustancias químicas procedentes de la minería y de plaguicidas agrícolas fundamentalmente** (saturismo, fluorismo, envenenamiento con arsénico);
- Las producidas por **organismos acuáticos parasitarios** que infectan directamente al ser humano, penetrando a través de la piel o del sistema digestivo (ascariasis, clonorchiasis, dracunculosis, paragonimiasis,

esquistosomiasis);

- **Las transmitidas por vectores** como los mosquitos y las moscas que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas (malaria, dengue, fiebre amarilla, leishmaniasis, zika, chikunguya);

- Enfermedades **relacionadas con la escasez de agua** (como tracoma, sarna, tífus, tuberculosis, salmonelosis, micosis) que prosperan en condiciones de saneamiento deficiente y hacinamiento. Son enfermedades de rápida difusión en la mayor parte del mundo y se pueden controlar eficazmente con una mejor higiene de las personas y de sus utensilios y ropa, para lo cual es imprescindible tener agua en cantidad y calidad adecuadas.

Las rutas de infección de enfermedades relacionadas con el saneamiento varían: puede ser el contacto directo de manos sucias con comida o boca, el uso de aguas con contaminación fecal, el vertido de agentes contaminantes al agua de consumo, o el tránsito del agua a través de posibles puntos de contaminación.

Existen, no obstante, tratamientos para potabilizar el agua que van desde los más complejos como las plantas de tratamiento de agua potable hasta otros más sencillos, aunque eficaces, que se pueden hacer en los mismos hogares, como sería la cloración, la filtración y la ebullición del agua.

Para poder lograr los objetivos de desarrollo sostenible y garantizar el acceso universal al agua potable segura, al saneamiento y la higiene es necesario ampliar la cooperación internacional al desarrollo y el apoyo prestado a los países en desarrollo a través de actividades y programas orientados a poner fin a la defecación al aire libre, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar, aumentar considerablemente el reciclado y la reutilización del agua, implementar la gestión integrada de

10 [Organización Mundial de la Salud \(2017\): Agua, nota descriptiva: OMS](#)

11 [Naciones Unidas \(s.a.\): Asuntos que importan: Agua: Naciones Unidas](#)

12 [Naciones Unidas \(s.a.\): "Objetivo 6: garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos": Naciones Unidas](#)

13 [OMS y UNICEF \(2015\): Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment, Ginebra: OMS](#)

los recursos hídricos a todos los niveles, y proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua: bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos. Hay que tener en cuenta que la participación de las comunidades locales es crucial para una mejor gestión del agua, el saneamiento y la higiene. Ningún proyecto de este tipo puede prosperar si no cuenta con la participación activa y el compromiso de las comunidades locales afectadas.

#### 4. Situación del agua en el mundo y en América Latina y el Caribe

Las cifras en torno al recurso hídrico en el mundo son impactantes para los profanos en materia de agua. Del volumen total de agua del planeta, menos de un 3% es agua dulce, y de éste la mayoría está en forma de glaciares y nieves permanentes. Las aguas subterráneas representan menos del 1% del volumen total de agua, y las contenidas en lagos, ríos y reservorios son un exiguo 0.007% del total<sup>14</sup>. Otro dato que ya hemos mencionado antes: del total de agua que se consume en el mundo, el agua para riego —agricultura y pastos para el ganado— representa un 75%; el agua que utiliza la industria es aproximadamente un 10% y el consumo doméstico representa

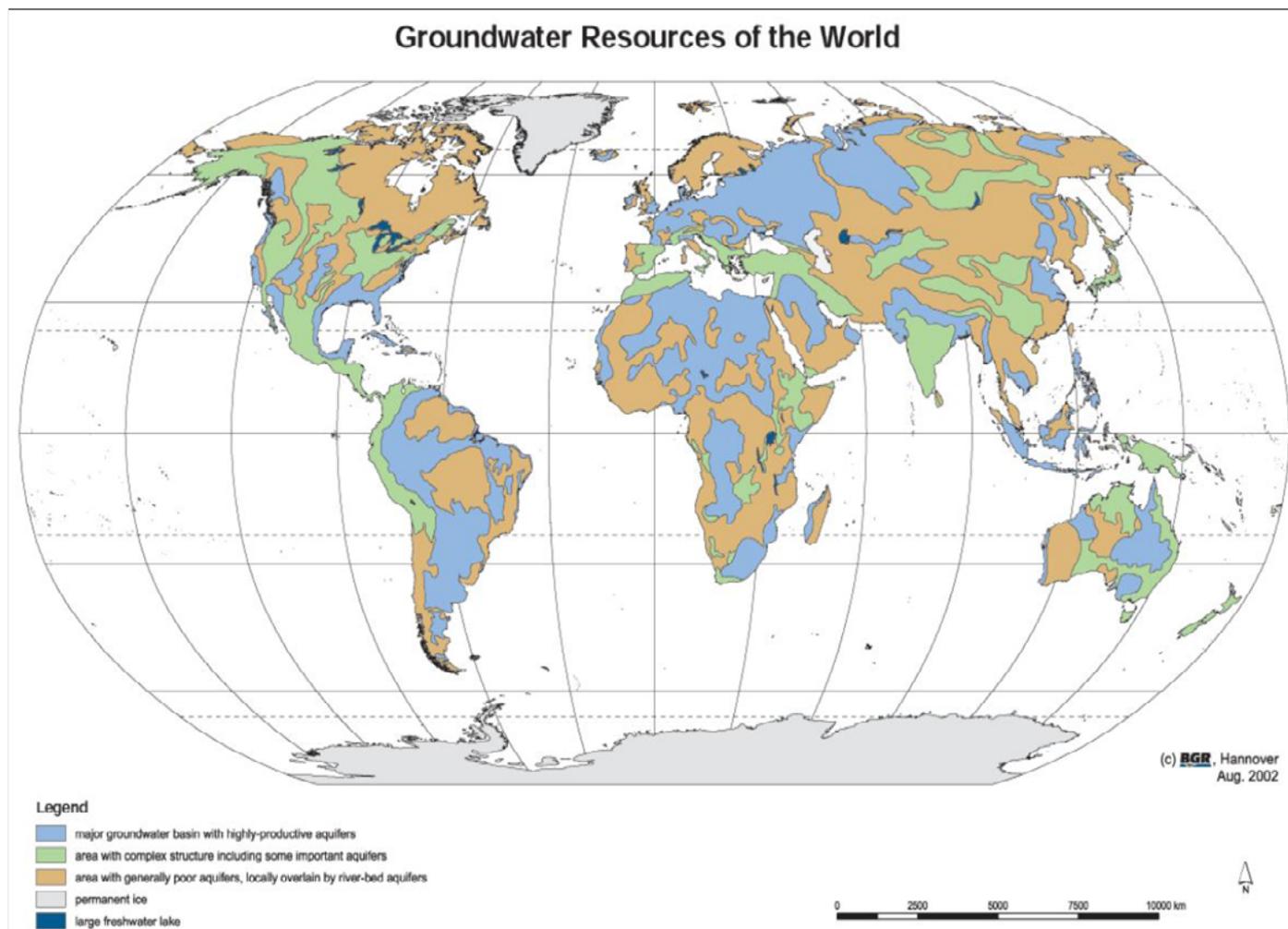
14 [Water Assessment and Advisory Global Network: El Agua en el Planeta](#)

el 15% restante<sup>15</sup>.

Sin embargo, contrariamente a la creencia común, es una falacia que haya escasez de agua en el planeta. Lo que hay es un desequilibrio cada vez mayor entre la oferta y la demanda de agua debido, principalmente, al crecimiento de la población, la contaminación de los recursos hídricos y la mala planificación y gestión de los mismos. Un ejemplo, África, que muere de sed, cuenta con el 23% de los recursos hídricos del planeta para un 14% de la población mundial. Esto contrasta con Europa, donde el 11% de la población mundial cuenta con el 7% del recurso hídrico. También es interesante señalar que hay una relación inversamente proporcional entre aguas superficiales y aguas subterráneas. Así, por ejemplo, algunas de las zonas más áridas de África (desierto de Sahara, Mauritania, el Sahel) cuentan con importantes acuíferos<sup>16</sup>.

15 [WWAP \(Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas\) \(2016\): Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo, París: UNESCO](#)

16 [Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe \(BGR Hannover\) \(2015\): The global map of groundwater vulnerability to floods and droughts, Paris: UNESCO](#)



Fuente: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR Hannover) (2002)

En América Latina y el Caribe, Belice y Panamá ocupan los dos primeros puestos en cuanto a recurso hídrico; mientras que México y El Salvador son los que tienen menor número de litros de agua per cápita<sup>17</sup>. Guatemala se encuentra entre los cinco países con menor recurso hídrico. La mayoría de los países de América Latina aún tienen mucho trabajo por hacer en cuanto a la definición de sus cuencas y acuíferos, así como a la relación entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

El tiempo medio de residencia de las aguas superficiales y subterráneas es muy diferente: así, en los ríos oscila entre 15 y 20 días, mientras que en las aguas subterráneas puede alcanzar decenas y miles de años<sup>18</sup>. Esta particularidad es muy importante a la hora de planificar un proyecto de extracción de aguas superficiales o subterráneas. Cabe resaltar que además de fenómenos naturales como el cambio climático, responsable de la retracción de los glaciares, los desafíos más graves que confrontan los acuíferos y la gestión del agua se relacionan directamente con el manejo irresponsable del recurso hídrico y con las múltiples instituciones que gestionan las aguas de un país: ministerios varios, secretarías, delegaciones, instituciones locales, regionales y nacionales. Tal variedad de actores involucrados diluye las responsabilidades y entorpece una gestión eficaz, profesional y sostenible. La gestión del recurso hídrico tiene que estar en manos del Estado a través de una autoridad del agua al más alto nivel, y no compartida por múltiples actores dentro del Estado.

Hay dos realidades geográficas en materia de agua de suma importancia para la cooperación internacional: una es el ciclo del agua, es decir que todas las aguas del planeta están interrelacionadas; y dos, que gran parte de las cuencas fluviales y de los acuíferos están compartidos. Casi el 40% de la población mundial vive en cuencas compartidas<sup>19</sup>. Esto, que actualmente es uno de los mayores desafíos a resolver en cuanto a gestión de recursos hídricos, podría convertirse en una gran oportunidad para la cooperación internacional. Un cambio importante de paradigma sería entender el agua como fuente de cooperación, no de conflicto. La cooperación internacional en torno al agua no solo es posible, sino que es necesaria para aumentar la seguridad de acceso al recurso hídrico.

Actualmente, uno de los mayores problemas a la hora de cumplir con los objetivos marcados por las Naciones Unidas en materia de agua es, precisamente, la fragmentación de las cuencas. A menudo los límites de las cuencas

no coinciden con los límites territoriales o administrativos. Por tanto, se debería trabajar sobre la base de una cooperación internacional basada en los siguientes principios:

- **Comunidad de intereses:** los recursos hídricos compartidos serán gestionados de manera conjunta y sostenible, en beneficio de todos los usuarios.
- **Soberanía territorial restrictiva:** un Estado puede usar sus aguas, siempre que no perjudique a otros Estados con los que comparte el flujo.
- **Participación conjunta** de Estados y ciudadanía, sobre unas bases de transparencia y voluntad política.

El agua es un recurso finito y frágil, de ahí la importancia de contar con unos principios sólidos de gestión del recurso hídrico para hacer frente a estos desafíos:

1. Unicidad: Hay una sola unidad en el ciclo hidrológico, cantidad y calidad son inseparables.
2. Variabilidad de la distribución espacial del agua: atmosférica, superficial y subterránea.
3. La propiedad del agua debe estar siempre en manos del Estado.
4. La gestión de los recursos hídricos es un esfuerzo conjunto del Estado, los expertos y las comunidades.
5. El agua es sobre todo un derecho humano, además de un bien económico, social, cultural y religioso.

Además de estos principios, un buen manejo de recursos hídricos tiene que integrar planificación y gestión. Entendemos por planificación las actividades orientadas a crear un marco para disponer de los recursos a corto, medio y largo plazo. La planificación debe ser flexible, capaz de actualizarse, prever y adaptarse a los cambios en el entorno y tiene que contar con la participación de la administración pública, la sociedad civil y los usuarios. Son condicionamientos para la planificación que debe ajustarse al marco legal; que tiene que tener una visión a medio y largo plazo; debe ser capaz de adaptarse a los cambios de entorno; ha de integrar todos los recursos de agua; debe considerar los aspectos culturales y religiosos de las comunidades a las que sirve; no puede trasladar costes a otros o a futuro; y los beneficios han de cubrir externalidades y costear la gestión.

Se entiende por gestión la ejecución de actividades orientadas a lograr un objetivo. La gestión tiene que desarrollarse dentro de cauces definidos, ordenados y reglamentados con una visión a corto, medio y largo plazo; ha de estar en manos de organismos o instituciones con capacidad, autoridad y recursos para ello; debe estar al servicio de la ciudadanía y contar con la coparticipación de los interesados; ha de considerar principios de igualdad, solidaridad y subsidiaridad dentro de marcos éticos y morales; y tiene que combinar economía, sociedad y ecosistema.

17 [Ringler, C., Rosengrant, M.W., Paisner, M. \(2000\): Irrigation and water resources in Latin America and the Caribbean: challenges and strategies. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute](#)

18 [E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña \(s.a.\): Hidrología Superficial y Subterránea: Perímetros de protección \(Tema 16: Diseño de perímetros de protección de captaciones\). La Coruña: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos Universidad de La Coruña](#)

19 [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza \(UICN\) \(2009\): Gobernanza de Aguas Compartidas. Aspectos Jurídicos. Bonn, UICN](#)

Una cuestión importante es eliminar vicios, corrupciones e ineficiencias en la gestión del agua. Entre los desafíos específicos está mejorar el conocimiento de los acuíferos en cuanto a cantidad y calidad a través de redes de observación; ganar experiencia para responder eficazmente a situaciones que supongan cargas desproporcionadas o condiciones abusivas; conseguir suficiente representación, participación y corresponsabilidad de usuarios, sociedad civil y otras administraciones; y establecer órganos efectivos de planificación y gestión que integren todos los recursos del agua, tengan capacidad para resolver deficiencias y una visión territorial amplia y a largo plazo.

Son grandes los desafíos y es mucho el potencial de trabajo pendiente en materia de agua para la cooperación internacional. Un primer paso importante sería hacer una evaluación de los recursos hídricos ya que no se conocen los límites, capacidades, formas y funcionamiento de muchos acuíferos. Otros pasos serían crear los programas, mecanismos e instituciones necesarias para la gestión integrada y la ordenación de las cuencas hidrográficas compartidas, estableciendo, al mismo tiempo, mecanismos para la prevención y resolución de conflictos; crear redes de observación que permitan elaborar estudios de calidad/cantidad; impulsar la formación y capacitación de profesionales y expertos en cuestión de recursos hidrogeológicos, así como la investigación en este campo, y llevar a cabo campañas de información y educación para la transformación social, relacionadas con el uso, la protección y conservación de las aguas; y por último, pero no por ello menos importante, crear planes de control, prevención y acción en situaciones extremas, como inundaciones o sequías, a través de sistemas de pronóstico y alarma, protocolos e infraestructuras.

*El Centro de Gobernabilidad del Agua del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), define la gobernanza del agua como el conjunto de sistemas políticos, legales, socio-económicos e institucionales-administrativos, que afectan de forma directa e indirecta el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos, que se caracteriza por objetivos de eficiencia, equidad y sostenibilidad.*

Un buen cambio de paradigma en cuanto a la gestión de los recursos hídricos sería trabajar en el concepto de gobernanza o gobernabilidad del agua.

Existe buena gobernabilidad del recurso hídrico cuando los Estados cuentan con Ministerios del Agua dotados de recursos humanos y financieros adecuados; con legislación que incorpora los conocimientos adquiridos a través de la investigación y la experiencia y que garantice la participación pública; y cuando la información circula en forma transparente y libre. Para concluir, dos recomendaciones importantes:

1. Siempre que sea posible, debe combinarse el recurso de aguas superficiales con aguas subterráneas.
2. La capacidad de almacenamiento es esencial para



Visita guiada a los proyectos del FCAS en Guatemala  
hacer frente a cualquier contingencia que se presente.

## 5. Nociones sobre aguas subterráneas

Para poder gestionar de forma óptima el recurso hídrico es necesario conocer el ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el movimiento cíclico y continuo del agua en el planeta. El agua cambia su estado entre sólido, vapor y líquido durante diferentes fases de su ciclo; también tiene diferentes tipos de almacenamiento (océanos, glaciares, lagos, ríos, aguas subterráneas) y tiempos de residencia muy diferentes según donde se encuentre almacenada.

El ciclo hidrológico comienza con la evaporación del agua desde los océanos, el vapor de agua se condensa en la atmósfera y se precipita en forma de lluvia o de nieve. La transpiración de las plantas también contribuye a la condensación de agua en la atmósfera. Parte de la precipitación no llega a la superficie terrestre, se evapora en el descenso y regresa a la atmósfera; otra parte es interceptada por la vegetación, los edificios, etc. De la proporción que llega al suelo, una parte se desliza por gravedad hacia los puntos más bajos (escorrentía superficial), es responsable de la erosión y el arrastre de sedimentos, puede ir a parar a ríos, lagos, lagunas y al mar; otra parte se encharca; y otra se filtra en el interior de la tierra, donde una proporción queda retenida en la zona no saturada, mientras que otra llega a la zona saturada (acuíferos). Las aguas subterráneas representan en torno al 22% del total de agua dulce del planeta<sup>20</sup>. Las aguas subterráneas son muy importantes como recurso hídrico ya que constituyen la mayor reserva de agua dulce accesible. Su papel en el ecosistema es esencial pues mantienen manantiales, lagos, lagunas, humedales y caudales de ríos. Además, regulan el agua dulce y marina en los acuíferos costeros.

Para una buena gestión del recurso hídrico no basta con conocer el ciclo hidrológico, también hay que conocer los tiempos de residencia del agua. Se llama tiempo de residencia del agua al tiempo medio que pasará una partícula de agua en un acuífero o reservorio determinado. Hay dos formas de estimar los tiempos de residencia: una es dividiendo el volumen de reservorio por la tasa a la cual el agua entra o sale del mismo; y la otra, mucho más

<sup>20</sup> [Water Assessment and Advisory Global Network: El Agua en el Planeta](#)

utilizada actualmente, es a través de técnicas isotópicas. Los tiempos promedio de residencia varían en función del reservorio de agua: unos 2500 años en el caso de las aguas oceánicas; cerca de 10.000 años para los glaciares y casquetes polares; de decenas a miles de años para las aguas subterráneas dulces; 17 años para los lagos de agua dulce; 15 a 20 días en el caso de los ríos; o entre 8 y 10 días si se trata del agua atmosférica<sup>21</sup>.

Las aguas subterráneas representan una fracción importante de la masa de agua dulce del planeta y se alojan en los acuíferos bajo la superficie de la tierra. Un **acuífero** es una estructura geológica subterránea capaz de almacenar y transmitir el agua. El volumen de agua que entra en un acuífero durante un periodo determinado de tiempo se conoce como **recarga**; ésta es natural cuando se debe a filtraciones de precipitaciones de lluvia o de un flujo de agua. Un acuífero también se puede recargar artificialmente. El volumen de agua disponible en un acuífero durante un periodo determinado es el **recurso subterráneo** y la cantidad de agua que contiene un acuífero en un instante determinado es la **reserva subterránea**.

A la hora de extraer agua de un acuífero para uso humano, es clave conocer los límites del mismo y su balance hídrico. Los límites de un acuífero siempre se deben definir con base a criterios hidrogeológicos.

La relación entre los aportes de agua y las pérdidas de agua en un intervalo de tiempo y espacio determinados se llama **balance hídrico**. La diferencia entre el total de entradas y el total de salidas, con un mínimo margen de

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO} \pm \text{error}$$

error, debe ser igual a la variación en el almacenamiento:

Los acuíferos se clasifican según diferentes criterios. En función de sus materiales pueden ser:

- **Detríticos**: formados por gravas, arenas, arcillas.
- **Carbonatados**: materiales calizos y dolomíticos.
- **En rocas duras**: granitos, pizarras, etc.

Según su conductividad hidráulica o comportamiento hidrodinámico, los terrenos se clasifican en:

- **Acuicludos**: impermeables.
- **Acuitardos**: poco permeables.
- **Acuíferos pobres**: algo permeables.
- **Acuíferos de regular a bueno**: permeables.
- **Acuíferos excelentes**: muy permeables.

En función de la presión hidrostática hay:

- **Acuíferos libres, no confinados o freáticos**: cuando el límite superior forma una superficie real que está en contacto directo con el aire de la zona no saturada y, por tanto, a presión atmosférica;
- **Acuíferos confinados, cautivos o a presión**: aquellos que en su límite superior, el agua está a una presión superior a la atmosférica. Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa confinante mucho menos permeable.
- **Acuífero semiconfinado o semicautivo**: pueden considerarse como un caso particular de acuíferos cautivos en los que el muro, el techo o ambos, no son totalmente impermeables y permiten la circulación vertical del agua.



21 Shiklomanov, I.A. (1997): Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.

Para la gestión de aguas subterráneas es clave llevar a cabo campañas de observación y medición sistemáticas y continuadas, tanto a través de estudios piezométricos para establecer los volúmenes de agua en un lugar determinado, como de análisis químicos para determinar la composición y calidad de las aguas.

La composición del agua está determinada por su contenido en sustancias disueltas, partículas en suspensión, componentes biológicos y por su temperatura. El análisis de estos conceptos, con relación a una determinada utilización, aplicación o uso, determinará la calidad del agua.

La calidad del agua subterránea responde a una serie de parámetros físicos, como temperatura, densidad y conductividad eléctrica; químicos, es decir, sustancias disueltas que se han incorporado al agua a través de procesos naturales, éstas por lo general son inorgánicas y están en estado iónico, DQO y DBO, pH, residuo seco, alcalinidad, dureza, acidez y materia orgánica. Entre las sustancias inorgánicas disueltas en las aguas subterráneas, se encuentran los iones mayoritarios (cloruros, sulfatos, nitratos, bicarbonatos, calcio, magnesio, sodio y potasio), iones minoritarios y elementos traza, además de virus, bacterias, algas, hongos y protozoos.

Los análisis de parámetros físico-químicos en el campo suelen incluir medidas de pH, Eh, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura del agua y del aire, alcalinidad y dureza. Para la medición de parámetros físico-químicos en el campo se utilizan equipos como ph-metro, conductímetro, oxímetro y medidor redox. Estos se deben calibrar al comienzo de cada jornada y cuando se produzcan medidas extremas. Después de cada medida se tienen que lavar los electrodos con agua desionizada.

Para el análisis y la interpretación de los datos procedentes de análisis hidroquímicos se utilizan una serie de diagramas, entre los más populares están las columnas logarítmicas de Schoeller Berkaloff, los diagramas de Stiff y los de Piper.

Entre los parámetros biológicos y microbiológicos se encuentran las algas, hongos, protozoos, virus y bacterias. Son organismos patógenos transportados por el agua cuyos periodos de supervivencia en las aguas subterráneas son muy variables. Algunos virus viven menos de 28 días, la e. coli puede resistir de 10 a 70 días, la salmonella entre 85 y 230 días, según la variedad, y las bacterias tifoideas unas 4 semanas<sup>22</sup>. Para medir las bacterias coliformes que indican contaminación fecal, el equipo más conocido es el Kit Oxfam Delagua<sup>23</sup>.

El análisis de la composición del agua no solo sirve para determinar la calidad de la misma en función de un determinado uso, sino que también ayuda a conocer los procesos del agua desde que se infiltra hasta que es extraída;

22 [Moreno Merino, Luis; Navarrete Martínez, Paloma; Virgós Soriano, Luis. \(1998\): Conceptos básicos de microbiología de las aguas subterráneas. Madrid, IGME](#)

23 [Oxfam, Delagua \(2000\): Equipo portátil para análisis de calidad de aguas. Manual del usuario](#)

es decir, indica cómo funciona un acuífero y permite conocer el flujo del agua en el acuífero (recarga, circulación, almacenamiento, descarga).

Las aguas subterráneas son un recurso de gran importancia, vital para el ser humano, ya que suelen aunar calidad y cantidad. Representan una reserva a largo plazo que permite su disponibilidad para hacer frente a emergencias, sequías y cambios climáticos. Entre sus ventajas está que son mucho más resilientes a la contaminación que las aguas superficiales, fáciles de captar, su almacenamiento natural regula el cambio climático y favorece la adaptación, y son gestionables localmente, lo que permite un principio de subsidiariedad. Ahora bien, esto no significa que las aguas subterráneas vayan a sustituir las aguas superficiales, sino que lo ideal es hacer un uso conjunto de ambas.

<b>Ejemplo de balance hídrico</b>		
<b>Entradas</b>		
	Cantidad (hm <sup>3</sup> )	Total
Recarga por infiltración de agua de lluvia	67,3	115,7
Recarga por retornos de regadíos	39,4	
Recarga por el cauce del río X	5	
Recarga por el cauce del río Y	4	
<b>Salidas</b>		
	Cantidad (hm <sup>3</sup> )	Total
Extracción para regadío	67,5	125
Extracción para abastecimiento humano	1,5	
Descarga difusa en el cauce del río Z	49	
Descarga en los mantantiales A y B	3	
Descarga directa en el manantial C	4	
<b>Balance hídrico</b>		
Entradas totales (hm <sup>3</sup> )	115,7	
Salidas totales (hm <sup>3</sup> )	125	
<b>Variación en el almacenamiento (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>-9,3</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de la presentación de Luis Javier Lambán (IGME)



### 5.1. Riesgos y problemas de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas están sujetas a una serie de riesgos y problemas relacionados tanto con su cantidad (reducción del caudal) como con su calidad (contaminación).

En lo que se refiere a la cantidad, es evidente que toda extracción de agua subterránea disminuirá el flujo y el aporte de un acuífero determinado a lagos, ríos y humedales. Asimismo, los cambios en la cantidad de agua pueden afectar a su calidad, de modo que es importante calcular los tiempos de extracción para estimar los efectos diferidos de la misma y poder prever las relaciones causa-efecto. Sin embargo, resulta muy difícil establecer esta relación, tanto en términos de calidad como de cantidad, puesto que los cambios se producen muy lentamente y no son inmediatamente visibles. Proteger los acuíferos no solo es importante para asegurar el suministro actual y de las generaciones futuras, sino porque todo lo que afecta a un acuífero, afecta al resto del ciclo hidrológico.

El rendimiento sostenible de un acuífero sería aquel que utiliza un porcentaje de la recarga anual, en función de las condiciones hidrogeológicas locales. Cuando durante varios años la extracción media de agua subterránea en un acuífero supera o se aproxima a su recarga media, se dice que hay **sobreexplotación, explotación intensiva o sobreuso**. Se habla de **minería del agua** cuando la extracción es muy superior a la recarga, es decir cuando hay un consumo continuado de la reserva. La explotación intensiva de un acuífero costero puede producir descensos en los niveles piezométricos tales que provoquen la contaminación del agua subterránea por entrada de agua salada.

Existen diversos medios para proteger la cantidad de agua de un acuífero: posiblemente el más importante sea conocer bien el acuífero para poder plantear diferen-

tes escenarios de uso y disponibilidad del agua. Otras medidas de protección incluyen elaborar e implementar normas y restricciones para la extracción, educar a las comunidades de usuarios a través de campañas de sensibilización, proteger las zonas de recarga y favorecer la recarga artificial, asignar parte de los beneficios económicos derivados del acuífero a proteger, restaurar y mejorar la recarga, y hacer un uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales.

Asimismo, las aguas subterráneas experimentan problemas relacionados con su calidad. Si bien son más resilientes a la contaminación que las aguas superficiales, los núcleos poblacionales, la industria, la minería y las explotaciones agropecuarias, son fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas.

La contaminación del agua ocurre únicamente como consecuencia de la actividad humana, cuando hay sustancias disueltas perjudiciales o nocivas, o si ha habido una alteración de las propiedades químicas, físicas o biológicas del agua, a consecuencia de una acción humana.

Entre los contaminantes más comunes de las aguas subterráneas están los patógenos originados por la presencia de heces humanas o animales; la materia orgánica y los nutrientes producidos por aguas residuales, la agricultura y la ganadería; los vertidos sólidos y las sustancias tóxicas procedentes de vertidos industriales, actividades mineras y la agricultura intensiva; y las sales disueltas como consecuencia de la intrusión salina, los elevados tiempos de residencia de las aguas subterráneas y las actividades mineras.

Por su distribución, la contaminación puede ser puntual o difusa. Es puntual cuando está localizada, como la resultante de actividades domésticas, ganaderas o industriales: residuos sólidos, tanques de almacenamiento de

combustible defectuosos, pozos mal contruidos o abandonados, etc. Es difusa cuando se extiende por una superficie importante, como en el caso de la contaminación por abonos agrícolas, por intrusión de agua marina o de aguas residuales.

A fin de proteger y conservar la calidad y cantidad de las aguas subterráneas, anticipando o controlando la contaminación y haciendo frente a los problemas de sobreuso o degradación de un acuífero, es necesario conocer la vulnerabilidad del mismo. En términos generales se entiende por vulnerabilidad de un acuífero el grado de protección natural de un acuífero respecto a la contaminación. La vulnerabilidad natural de un acuífero, o su vulnerabilidad intrínseca debido a variables como las características geológicas del mismo, los parámetros hidrogeológicos (conductividad hidráulica y transmisividad), presencia, espesor y características hidrogeológicas del suelo y de la zona no saturada, se debe calcular y expresar en términos hidrogeológicos. La vulnerabilidad específica de un acuífero, que tiene que ver con el gradiente hidráulico, y con la concentración, movilidad y persistencia del contaminante, se expresa en términos de riesgo. Existen varias metodologías que sirven para determinar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación y representarla gráficamente en mapas temáticos a escalas diversas.

La contaminación de las aguas subterráneas suele afectar a grandes volúmenes de agua y resulta difícil de detectar y combatir. Una medida clave de protección es delimitar **zonas o perímetros de protección** en torno a los puntos de captación donde se restrinjan total o parcialmente las actividades o instalaciones susceptibles de contaminar las aguas. Las zonas de protección se definen de forma gradual teniendo en cuenta la proximidad al punto de extracción y el tiempo de residencia del agua en esa área.

Los **mapas de vulnerabilidad** también son de gran ayuda para proteger la calidad de las aguas subterráneas.

Otras medidas claves para proteger la calidad de las aguas subterráneas son la creación de redes de seguimiento, el control de acciones contaminantes y la actuación inmediata en caso de contaminación, la educación y concientización de la ciudadanía, y la creación de comunidades de usuarios que participen activamente en la protección y control.

Para mayor información sobre las normas biológicas y químicas que debe cumplir el agua para ser segura, véase las [Guías para la calidad el agua potable de la Organización Mundial de la Salud](#).

## 6. Captación, almacenamiento y suministro de las aguas subterráneas

El diseño de un sistema de abastecimiento de aguas requiere una serie de estudios previos. En primer lugar, habrá que identificar las fuentes de agua dulce disponibles y priorizar las que se utilizarán para el abastecimiento con base a ciertos criterios, como son:

- Regularidad de presencia de agua dulce: aguas subterráneas, aguas superficiales, agua de lluvia.
- Protección natural del agua frente a contaminación: aguas subterráneas, manantiales, aguas superficiales.
- Facilidad de captación: aguas superficiales, manantiales, aguas subterráneas profundas.
- Facilidad de distribución: manantiales, aguas superficiales y subterráneas profundas.

Para la captación de aguas subterráneas resulta clave priorizar la exploración hidrogeológica, entendida como el conjunto de acciones que permiten localizar acuíferos de los que obtener agua en cantidad y calidad adecuadas, a fin de determinar áreas favorables para las perforaciones que permitirán captar y utilizar las aguas subterráneas de la región para atender satisfactoriamente la demanda.

Las técnicas de exploración hidrogeológica más comúnmente utilizadas son:

- Creación de mapas e informes hidrogeológicos que permitirán tener un inventario de los puntos de agua.
- Sondeos eléctricos verticales (SEV) para el estudio geofísico de las superficies.
- Muestreo de las perforaciones, para conocer la naturaleza y condiciones del subsuelo.
- Registro geofísico de los pozos, lo que nos indicará su potencial espontáneo, la resistividad aparente y la radiación gamma.

Para hacer un inventario de los puntos de agua, se elaborará una ficha que recoja la siguiente información:

- Localización geográfica y altimétrica precisa de la referencia;
- Columna litológica de la perforación o situación geológica del manantial;
- Posición del nivel piezométrico y evolución;
- Los caudales de agua explotados y su evolución con el tiempo;
- Las características físico-químicas del agua y su evolución con el tiempo;
- Los comentarios e indicaciones de los usuarios, encargados o conocedores del lugar.



En la investigación para la ubicación de nuevos pozos y captaciones hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- **Información topográfica:** ¿Hay mapas disponibles y son adecuados? Si no los hay, se pueden usar fotografías aéreas para formar un mapa-base, y complementarlas con un levantamiento topográfico.
- **Información geológica:** ¿Es adecuada la información disponible para definir los límites de los acuíferos presentes en la región? ¿Es necesario diseñar una cartografía geológica adicional? ¿Conviene realizar perforaciones para completar la información geológica?
- **Información geofísica:** ¿Existe suficiente información geológica para estimar con un margen de duda razonable los recursos hídricos de la zona? ¿Sería necesaria una nueva campaña geofísica? ¿Con qué métodos? ¿Habría que hacer testificaciones geofísicas en las perforaciones existentes o en unas nuevas?
- **Inventario de puntos de agua:** Localizar y registrar los datos correspondientes a los manantiales, pozos, perforaciones y presencia de aguas. ¿Las fotografías aéreas muestran las zonas de rezume o de descarga subterránea? ¿Pueden trazarse isopiezas con los datos disponibles o habría que hacer nuevos

sondeos? ¿Es conveniente hacer un programa de control periódico de niveles?

- **Aforos de corrientes superficiales:** ¿Hacen falta determinaciones complementarias del caudal de las corrientes superficiales? En caso afirmativo, cuáles serían las localizaciones y los métodos más adecuados para determinar los aforos, con qué frecuencia, con qué equipo.
- **Evaluación de las precipitaciones y la evapotranspiración:** ¿Son adecuados los datos disponibles sobre el registro de precipitaciones? ¿Dónde está situada la estación meteorológica que proporciona los datos de precipitaciones y evapotranspiración? ¿Sería conveniente tomar medidas propias? En caso afirmativo, ¿cuál sería el lugar más adecuado para las mediciones?
- **Uso de las aguas superficiales y subterráneas:** Incluir la información relativa al volumen y régimen de explotación de aguas superficiales y subterráneas. ¿Habría que determinar nuevamente las características físico-químicas del agua de la zona? En caso afirmativo, llevar a cabo campañas de muestreo vinculadas a otros programas de campo, por ejemplo, al inventario de puntos de agua.

Una vez que se han considerado las variables anteriores, se puede proceder al diseño de un sistema de abastecimiento de aguas, tomando en cuenta una serie de criterios claves:

- El período de diseño del sistema: hay que prever un posible aumento demográfico de la comunidad y, en consecuencia, hacer una estimación de la tasa previsible de crecimiento de la población a abastecer y analizar la durabilidad de las instalaciones y su capacidad para cubrir el servicio;
- La dotación de abastecimiento: ésta depende del contexto, en casos de emergencia se reduce de 3 a 5 litros por persona y día, el mínimo para cubrir necesidades básicas es de 15 a 20 litros/persona/día, y el volumen ideal en comunidades rurales es de unos 50 a 100 litros/persona/día;
- El número de usuarios por grifo o punto de agua, salvo casos de emergencia, debe limitarse a un máximo de unas 80 personas por grifo;
- El caudal por grifo, entre 0.1 y 0.25 L/s.;
- La velocidad de flujo en las tuberías, de 0.5 a 3 m/s (a fin de evitar decantaciones de sólidos en suspensión y erosión en las tuberías).

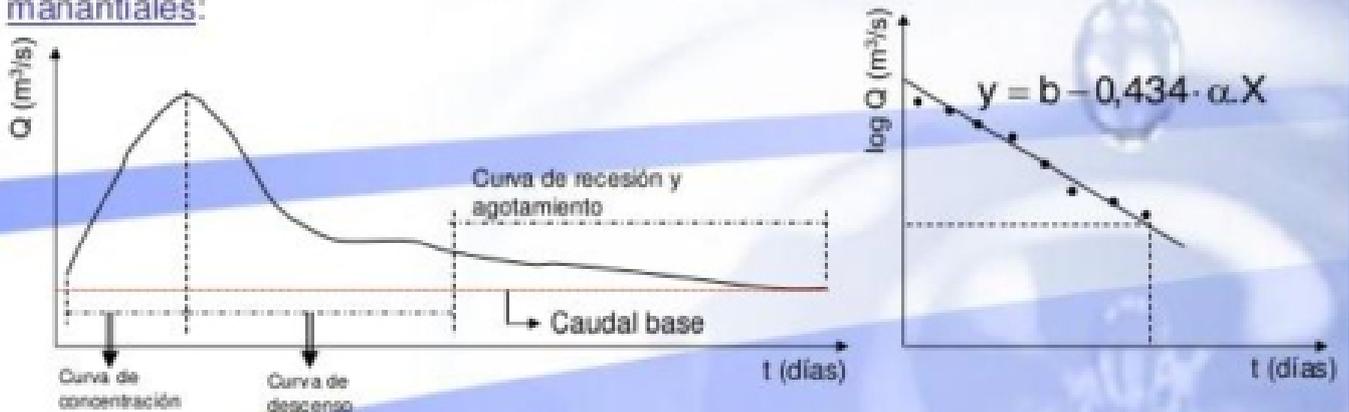
**El pozo** es un sistema básico de abastecimiento que consiste en la explotación del agua contenida en un acuífero. Existen diferentes métodos para la perforación de un pozo: excavación, se puede realizar a mano, debe ser rectilínea y se debe cavar siempre del centro a las paredes; percusión, consiste en romper la formación geológica mediante golpes de una maza (trépano) que cae desde cierta altura; rotación, se trata de hacer rotar un útil de corte; y rotopercusión, utiliza aire a presión para girar y rotar un martillo en el fondo de la perforación. La elección de uno u otro sistema depende básicamente de la profundidad de la capa acuífera, de las características hidrogeológicas del terreno, de la rapidez de perforación deseada y del presupuesto para la excavación.

Otra fuente importante de abastecimiento de agua son **los manantiales**. Estos pueden ser temporales, permanentes o efímeros. Adicionalmente, se pueden clasificar en función del modo de salida del agua del subsuelo, de los materiales geológicos del acuífero al que pertenecen, de la magnitud de su caudal, de las características físico-químicas del agua, de la temperatura del agua o de sus propiedades terapéuticas y medicinales.

Previo a captar agua de un manantial hay que saber cómo funciona el mismo. Para ello es preciso observar la relación entre el área de recarga, el caudal medio y la recarga media anual de un manantial con base a las variables hidrometeorológicas del lugar en el que está ubicado.

### Datos a recopilar sobre el funcionamiento de un manantial

#### A) Interpretación de la curva de agotamiento (o recesión) de las corrientes y manantiales:



Si se dispone de observaciones, de  $Q_t$  y  $t$ , a partir de un gráfico semi-logarítmico, se puede determinar como sigue:  $\lg Q_t = \lg Q_0 - \alpha \cdot t \cdot \log e$

Entonces:  $y = b - 0.434 \cdot \alpha \cdot X$

Donde:  $0.434 \cdot \alpha$  sería la pendiente de ese gráfico.

El volumen de agua almacenada en el acuífero que alimenta el caudal de agotamiento,  $V$ , se expresa como el área bajo la curva de recesión:

$\alpha$  se expresa en segundos.

También,  $V = 0.0864 \cdot Q_0 / \alpha$ , donde  $\alpha$  se expresa en días y  $V$  en  $hm^3$ .

El valor de  $V$  servirá como índice para el cálculo de  $Q_D$ , recursos disponibles

Una vez se haya determinado que es factible captar agua de un manantial específico, habrá que tomar ciertas medidas de precaución para proceder a excavar y ejecutar las obras adecuadas. En primer lugar, hay que evitar excavar demasiado en la capa impermeable puesto que esto podría provocar que el manantial desaparezca o aflore en otro sitio. Para proteger el manantial debe excavar la ladera donde sale el agua y construirse un tanque o "caja de manantial". Asimismo, hay que preparar la zona de captación y construir cajas de captación, que pueden ser de mampostería o de concreto reforzado. Adicionalmente, se construye un sistema de drenaje para el agua de lluvia y el excedente en la zona. Por último, se crea un perímetro de protección –cercado y cerrado con llave– en torno al manantial para evitar la presencia de animales o los depósitos de basura del manantial.

Cuando tenemos las cajas de captación para recoger y almacenar el agua de un manantial, se procede a construir las redes de conducción para la distribución del agua.

El sistema más práctico es el de redes por gravedad, que aprovecha la fuerza de la gravedad para transportar el agua desde un punto de mayor cota a otro de menor cota topográfica. Su diseño se basa en determinar la presión dinámica, la cual resulta de restar a la presión estática la pérdida de carga generada por la fricción del paso del agua a través de una tubería. La pérdida de carga se calcula según la ecuación de Hazen Williams.

El diseño de redes puede ser abierto o cerrado. Una red abierta es un conjunto de tubos que salen de un nudo y se van ramificando. En una red cerrada los tubos se cierran formando circuitos. Esta última es típica de las distribuciones de agua potable en las ciudades.

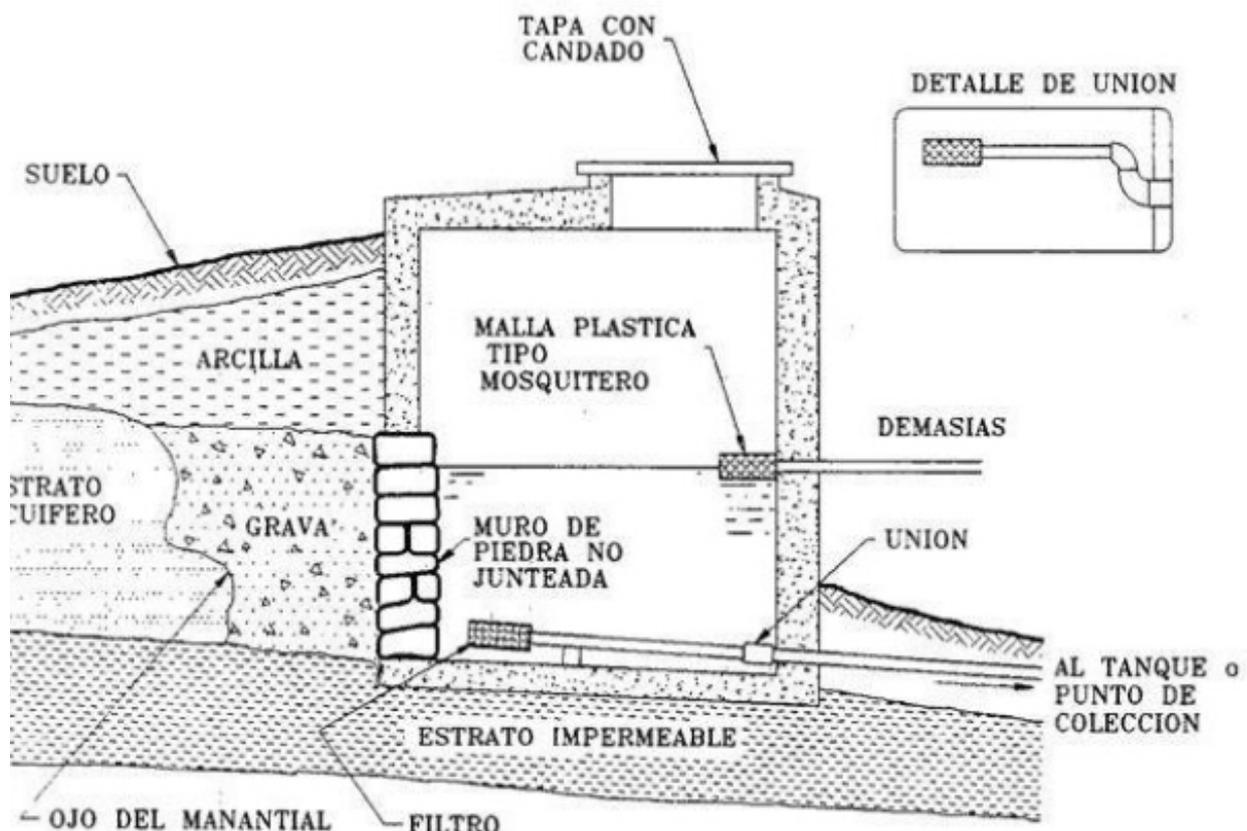
Además del conjunto de tuberías, una red de distribución incluye unas estructuras de protección (cajas rompepresión y válvulas de aire); unas estructuras de mantenimiento (válvulas de limpieza); unas estructuras para salvar condiciones topográficas (pasos de zanjón y pasos aéreos); unas estructuras de control (válvulas de control) y las respectivas conexiones domiciliarias.

Las actividades específicas necesarias durante la ejecución de las obras incluyen dejar mojones que indiquen la topografía del lugar; señalar la ubicación de cajas rompepresión, pasos, válvulas, etc.; zanjear el terreno para la instalación de tuberías; hacer pruebas de presión; rellenar las zanjas y desinfectar las tuberías. Asimismo, la persona a cargo de la supervisión de las obras comprobará la calidad de la tubería que se va a instalar y hará las pruebas de presión pertinentes; verificará la profundidad de la zanja, con base al área en la que se instala; identificará la cama donde se instalará la tubería; se asegurará de la utilización de accesorios de fábrica; comprobará la compactación y tipo de material de relleno de las zanjas así como la verticalidad de los pasos aéreos y los anclajes de las tuberías; confirmará los derechos de paso en los terrenos que atraviesen la red de tuberías; revisará los taludes y las zonas de deslizamiento; coordinará la mano de obra para el zanjeo e instalación de tubería; manejará los planes ambientales; y organizará los campamentos temporales para la ejecución de las obras.

Una vez instaladas las redes de distribución será necesario construir las estructuras para el almacenamiento del agua. Los tanques de almacenamiento pueden ser plásticos, de mampostería, de cemento o de acero. Pueden ser elevados, a ras del suelo o enterrados.

### Tipo de caja de captación de un manantial

Fuente: Presentación de José Luis Armayor



Hay tanques de almacenamiento y tanques de succión. El de almacenamiento contiene agua para abastecer la demanda horaria, dota de presión a la red de distribución y suministra agua en situaciones de emergencia. Un tanque de succión suministra el suficiente volumen de agua para que puedan trabajar los equipos de bombeo.

Independientemente del tipo de tanque que se vaya a construir, la ejecución de las obras debe incluir un replanteo topográfico para definir cuál es el tipo de tanque más adecuado para esa zona; el trazado y puenteado de las obras; excavaciones; armado y fundiciones; acabados; instalación de accesorios (válvulas, dispositivos de ventilación, rebose, escaleras), construcción de un cerco perimetral y cunetas; protección de taludes expuestos; y pintura del tanque.

El agua almacenada en los tanques debe estar libre de agentes patógenos tales como virus, bacterias y protozoos. En ocasiones, la desinfección del agua se hace aplicando cloro en cualquiera de sus tres estados. En las áreas urbanas es más común el uso del cloro gaseoso mientras que en las rurales se utiliza más el cloro líquido o sólido.

Los tanques han de estar equipados con dispositivos de cloración. Para ello, se ubicará en primer lugar el espacio para la instalación de los equipos. Se construirán tanques, cajas o casetas de protección según el tipo de cloro que se va a utilizar; se instalarán los accesorios y cloradores correspondientes, y finalmente se realizarán pruebas de cloro residual para dejar graduado el equipo.

La persona a cargo de las obras supervisará la estabilidad del terreno donde se construirá el tanque; solicitará un estudio de capacidad soporte del suelo y ángulo de corte; verificará las escuadras y dimensiones del trazado del tanque; definirá la mezcla de concreto o mampostería; verificará las fundiciones y la instalación de las estructuras en general; asegurará la instalación correcta de los equipos y comprobará que las personas que quedarán a cargo de su operación y mantenimiento conocen bien su funcionamiento; graduarán las dosificación de cloro con medidas de cloro residual y verificarán que no existan fugas de cloro.

En aquellos lugares donde sea escasa la existencia de nacimientos de agua, embalses, ríos, u otras fuentes naturales de abastecimiento, se utilizarán **cosechadores** de agua. Estos recogerán y almacenarán el agua de lluvia que servirá para cubrir las necesidades básicas del hogar.

Dos normas básicas para la instalación de los cosechadores: deben estar lo más cerca posible de la

cocina y se procurará que estén protegidos del sol, a modo de evitar el sobrecalentamiento del agua y la proliferación de algas. A la hora de preparar y nivelar el terreno donde estarán ubicados los cosechadores hay que evitar los rellenos innecesarios, proteger taludes, sanear el área en torno al cosechador y evitar colocarlo en la proximidad de árboles.

Para construir un cosechador, se procede, en primer lugar, al trazado y estaqueado de la infraestructura; a continuación, se hará la fundición de las bases en las que se instalará el techo; seguidamente, se instalará el techo, la canaleta y la tubería que conectará al tanque de almacenamiento; y por último, se construirá o instalará el tanque de almacenamiento. Se harán unas pruebas finales para verificar la instalación correcta del equipo.

La persona a cargo de la instalación de un cosechador verificará que la lámina del techo no tenga lastimaduras o dobleces; verificará los traslapes de láminas; revisará las pendientes de las canaletas; verificará las especificaciones establecida para las tuberías y que éstas no tengan fugas; y, muy importante, instalará un embudo con su correspondiente cedazo.



Una vez concluida la instalación, se procederá a hacer una serie de pruebas finales: prueba de corrimiento de agua en el techo y el canal, verificar que no haya goteras ni filtraciones, prueba de conducción de agua en la tubería que interconecta con el depósito de agua, y prueba de estanqueidad el agua. Para ésta, se colocará una marca y se registrará el descenso del agua después de 72 horas. Este descenso no puede ser superior al 1/2 del volumen total del agua almacenada.

## 7. Modelos de cooperación para proyectos de agua y saneamiento

El acceso al agua y el saneamiento es el recurso más importante para la erradicación de la pobreza. El agua es el elemento transversal y prioritario para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. No obstante, actualmente casi una sexta parte de la población no tiene acceso al agua y más de la mitad de la población mundial (6 de cada 10)<sup>24</sup> carecen de un saneamiento seguro. De modo que todo proyecto exitoso de cooperación al desarrollo tiene que contemplar una intervención integral en materia de agua, saneamiento e higiene.

El Fondo incorpora los cinco principios de la [Declaración de París \(DP\) sobre la eficacia de la ayuda al desarrollo y programa de acción de Accra](#):

1. Apropriación: los países socios ejercen una autoridad efectiva sobre sus políticas y estrategias de desarrollo, establecen sus prioridades y coordinan la cooperación que reciben;
2. Alineamiento: los donantes gestionan su ayuda según las prioridades, estrategias, instituciones y procedimientos de desarrollo de los países socios;
3. Armonización: los donantes se coordinan para evitar duplicidades, simplificar procedimientos y distribuir el trabajo;
4. Gestión orientada a resultados: los recursos se administran para lograr resultados medibles y se utiliza la información para mejorar la toma de decisiones;
5. Mutua responsabilidad: donantes y socios utilizan los recursos con transparencia y son responsables de los resultados del desarrollo, fortaleciendo de este modo el apoyo público a las políticas nacionales y la ayuda al desarrollo.

Adicionalmente, los proyectos de agua y saneamiento apoyados por el Fondo deben cumplir también los cinco criterios de los derechos humanos al agua y el saneamiento (disponibilidad, calidad, accesibilidad, asequibilidad, y aceptabilidad) y el [Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: "Garantizar la disponibilidad del agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos"](#).

Para facilitar el cumplimiento de los criterios descritos en los dos párrafos anteriores, existe una herramienta de autodiagnóstico creada para los gestores del Fondo: la [Lista de Comprobación para el análisis de la incorporación de los derechos humanos al agua y al saneamiento \(DHAS\) en proyectos](#). Esta lista de comprobación, con 67 indicadores, permite analizar en detalle el contenido de los derechos humanos al agua y al saneamiento en proyectos de cooperación, de cara a valorar si se han considerado todos los criterios que componen estos derechos humanos en los proyectos desarrollados en el marco del FCAS.

24 [Organización Mundial de la Salud \(2017\): 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro](#)

La lista contempla algunos de los principios transversales que rigen los derechos humanos (universalidad, no discriminación, equidad, participación, acceso a la información, rendición de cuentas, sostenibilidad), los criterios normativos del derecho humano al agua y del derecho humano al saneamiento (disponibilidad, accesibilidad, calidad/salubridad, aceptabilidad, asequibilidad), así como una serie de preguntas relacionadas con los titulares de obligaciones, de cara a verificar si los Estados están cumpliendo con sus obligaciones en el marco de este tipo de proyectos, y si el proyecto está llevando a cabo acciones que promuevan la responsabilidad por parte de los Estados.

Esta herramienta dispone de espacios específicos que permiten que el gestor del proyecto registre su valoración para cada pregunta, establezca las medidas correctoras o de mejora y realice su seguimiento durante la ejecución del proyecto. Aunque es posible analizar un proyecto determinado en cualquier momento de su ciclo de vida, se recomienda aplicar la herramienta desde la fase de diseño para facilitar la incorporación de las acciones correctoras.

Hay dos recomendaciones elementales para todo proyecto de agua:

- Un proyecto de agua siempre debería ir acompañado de un proyecto de reforestación.
- Las ONG y agencias de cooperación al desarrollo deben profesionalizarse y conocer bien sus limitaciones antes de hacer una intervención en materia de agua.

### 7.1. Proyectos de Cooperación en Guatemala

La implementación de proyectos de cooperación en materia de agua enfrenta diferentes obstáculos en Guatemala.

El país centroamericano cuenta con 38 cuencas de aguas superficiales y tiene, en teoría, suficiente agua para abastecer a la población. Más del 30% de su suministro procede de aguas subterráneas<sup>25</sup>; sin embargo, el país apenas cuenta con hidrogeólogos, no existe un mapa hidrogeológico de la región y solo hay una empresa que cuenta con maquinaria adecuada para perforaciones.

La mayoría de las aguas de consumo en Guatemala están contaminadas, y algunos acuíferos (como el del Valle de Guatemala, que abastece a la ciudad capital) están sobreexplotados. La agricultura consume el 57% total de la demanda<sup>26</sup>. La minería y la industria emplean porcentajes igualmente elevados y las infraestructuras hídricas consisten en obras hidráulicas destinadas a producir energía eléctrica. Los desastres naturales frecuentes (terremotos, deslizamientos de tierra) son responsables

25 [Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología \(INSIVUMEH\): Programa de Hidrología, Guatemala: INSI-VUMEH](#)

26 [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura \(2015\): Ficha país: Guatemala, FAO](#)

de la destrucción de las infraestructuras existentes. Las sequías son cada vez más frecuentes y no existen planes de prevención y respuesta ante emergencias. El país no cuenta con una ley de aguas ni tampoco con una institución única que regule, planifique y gestione el recurso hídrico; la escasa legislación existente en materia de agua no se cumple. A esto se suman una población con escasa o nula educación hídrica y una desigualdad extrema en la distribución del recurso, siendo las poblaciones rurales y las clases socioeconómicas empobrecidas las más desfavorecidas.

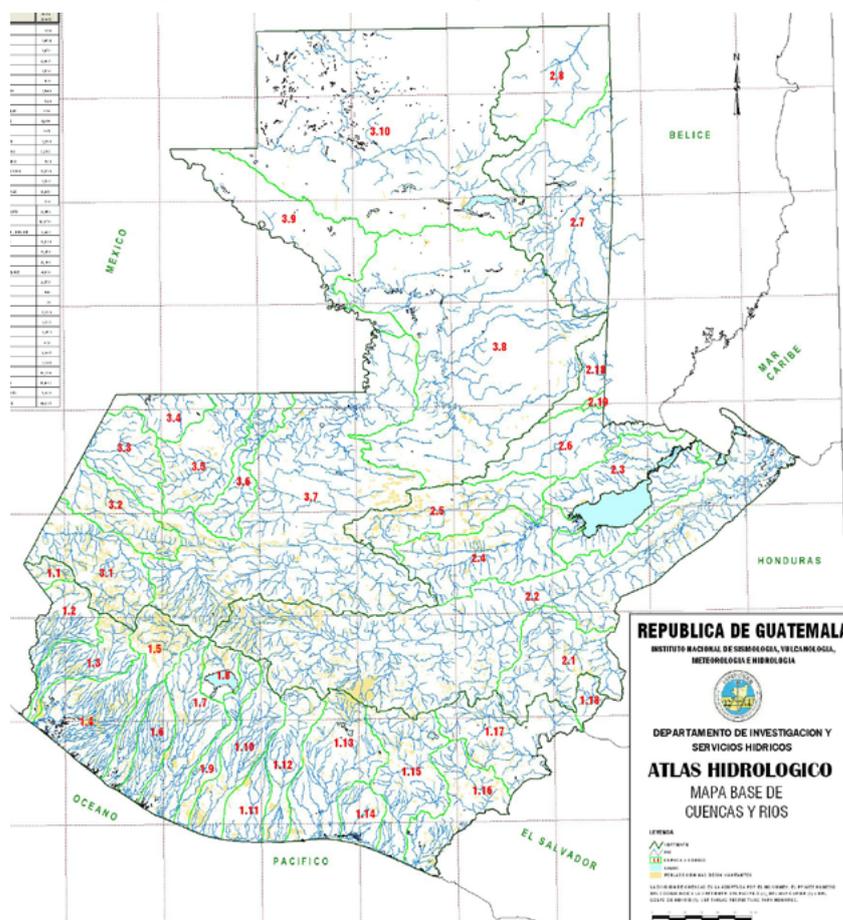
Existen soluciones para revertir estas condiciones de vulnerabilidad, que dependen en gran medida de la voluntad política y la existencia de recursos humanos y financieros disponibles. Algunas propuestas concretas serían: depurar las aguas y proteger su calidad; controlar los vertederos sanitarios y crear un plan de gestión de residuos; crear nuevas infraestructuras de almacenamiento y distribución y reforzar las existentes de cara a paliar los efectos de desastres naturales; regular el uso del agua, priorizando el consumo humano; formar profesionales (hidrogeólogos) que se hagan cargo de la planificación, gestión y mantenimiento del recurso hídrico; crear una ley de aguas y establecer un organismo único de gestión y regulación; educar a la población en cuanto a protección de las aguas, mantenimiento de las infraestructuras, saneamiento e higiene.

En el área urbana de Guatemala, se requieren proyectos de cooperación relacionados con suministro a barrios marginales, construcción de infraestructuras y mejora de las existentes, apoyo en cuanto a conocimientos técnicos, estudios en torno a situaciones de sobreuso, sostenibilidad de los sistemas, fortalecimiento institucional y coordinación interinstitucional, y regulación en materia de aguas.

Para el área rural serían deseables proyectos relacionados con suministros a comunidades rurales en riesgo de desnutrición y enfermedades de origen hídrico, proyectos en escuelas y centros de salud, proyectos en áreas afectadas por la sequía y el cambio climático, implementación de sostenibilidad de los sistemas, fortalecimiento institucional, interinstitucional y regulación de aguas. Para futuros proyectos de agua en zonas ganaderas se recomienda:

- Inventariar usos de agua para ganadería doméstica.
- Inventariar los focos de contaminación por la actividad ganadera.
- Establecer la compatibilidad entre zonas de recarga de acuíferos (utilizados para extracción de aguas subterráneas y actividad agrícola) y usos ganaderos (desforestación).

## Mapa base de cuencas y ríos de Guatemala



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala

- Contemplar las áreas de salvaguarda (perímetros de protección cualitativos) para los puntos de agua.

Los proyectos de agua en zonas agrícolas deberían tomar en cuenta:

- Los riesgos de sequía.
- Inventariar los usos de agua para agricultura.
- Inventariar los focos de contaminación por la actividad agrícola.
- Establecer la compatibilidad entre las zonas de recarga de acuíferos (utilizados para extracción de aguas subterráneas y la actividad agrícola) y usos agrícolas (desforestación).
- Introducir usos compatibles de fertilizantes con el medio ambiente y el riego de contaminación de las aguas subterráneas.
- Introducir cultivos ecológicos competentes y compatibles con el medio ambiente.
- Contemplar áreas de salvaguarda (perímetros de protección cualitativos) para los puntos de agua.

## 8. Descripción hidromorfológica y experiencias por país

### 8.1. Argentina

La República de Argentina tiene una superficie de 2.800.000 km<sup>2</sup>, con diversidad de climas y paisajes. Su población es de 40.000.000 habitantes, distribuidos en 23 provincias. Su densidad media continental es de 14.6 habitantes/ km<sup>2</sup>. La capital federal es Buenos Aires.

En 40% de su recurso hídrico es superficial, en forma de ríos, lagos, glaciares y la base antártica. Cuenta con tres grandes acuíferos subterráneos, probablemente interconectados entre sí: Guaraní, Toba y Puelche / Pampeano.

El acuífero Guaraní, que comparte con Brasil, Uruguay y Paraguay, es uno de los acuíferos más grandes del mundo con una superficie de 1.200.000 km<sup>2</sup>. Existe un acuerdo transfronterizo entre los cuatro países para la gestión del acuífero, además de un Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní, financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, el Banco Mundial y el Programa Hidrológico Internacional de la Unesco. El acuífero Guaraní podría abastecer durante doscientos años a la población mundial actual. Actualmente, su mayor usuario es Brasil y Argentina lo utiliza únicamente para consumo doméstico.

El acuífero Toba también es un acuífero transfronterizo, compartido con Bolivia y Paraguay. Tiene una superficie total de 362.000 km<sup>2</sup> y es utilizado por más de medio millón de habitantes. Este acuífero está en peligro debido a la explotación minera de Bolivia y Chile. Específicamente, hay una empresa canadiense de extracción de oro que extrae el metal de Chile pero utiliza el agua de Argentina.

El acuífero Puelche / Pampeano tiene una extensión de 230.000 km<sup>2</sup>. Es un acuífero de capas semiconfinadas, con una profundidad promedio de 70 metros. Es la gran reserva de agua potable de la Argentina; sin embargo, está sobreexplotado ya que abastece de agua a más de 10 millones de habitantes.

Si bien el 60% del agua dulce disponible se encuentra en los acuíferos subterráneos, Argentina prefiere utilizar sus aguas superficiales y cuenta para recogerlas y conservarlas con grandes diques en todo el país. Una problemática asociada a la presencia de diques es que en torno a estos surgen nuevos asentamientos, se desarrolla el turismo, se utilizan para la navegación y la pesca, lo cual termina teniendo un impacto negativo tanto en la calidad como en la cantidad del agua almacenada.

Los acuíferos argentinos también experimentan problemas de calidad y cantidad. Con respecto a la calidad se observa salinización de las aguas, presencia de arsénico y flúor, y contaminación por las descargas de aguas servidas. En Argentina solo el 30% de la población tiene cloacas.

En cuanto a la cantidad, existe un deterioro hidráulico relacionado con la disminución del nivel de bombeo, el

aumento de la velocidad de flujo y el incremento del área de extracción. A esto se suma que muchos pozos están en desuso debido a problemas de salinización y contaminación.

El consumo doméstico, las actividades agropecuarias, la minería, la industria y la extracción de petróleo con la técnica de fracking, todo ello altera el equilibrio entre disponibilidad y demanda del recurso hídrico. Existe una interdependencia entre energía y agua: la energía requiere agua, el agua requiere energía.

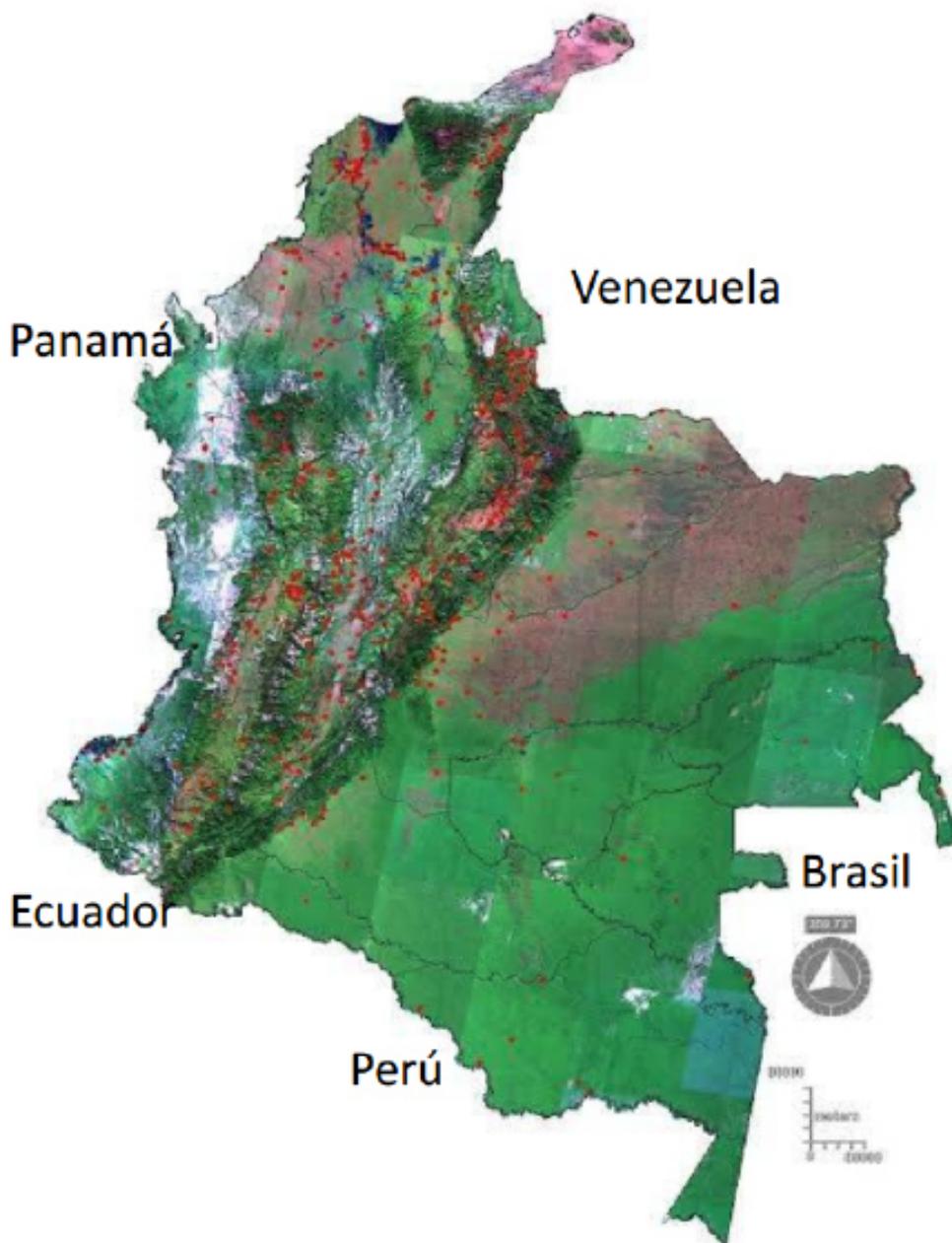
Los objetivos de un proyecto de cooperación en materia de aguas en Argentina serían preservar el recurso hídrico superficial y subterráneo, aplicar técnicas de saneamiento utilizando tecnologías limpias y ajustar leyes y políticas de control.

El derecho humano al agua va acompañado de la obligación de cuidarla. De ahí la campaña Caudal Seguro, no usemos más de lo que tenemos. Entre las propuestas concretas que hace Argentina para la protección y gestión del recurso hídrico están garantizar el caudal para consumo de la población, regular la demanda para uso agropecuario e industrial, reforzar la educación ambiental de la población, e incrementar la investigación de técnicas y equipos para el tratamiento de vertidos.

También se recalca la necesidad de desarrollar instrumentos legales adecuados para el manejo y la protección de los recursos, evitando conflictos locales, transfronterizos e internacionales, poniendo énfasis en que esto se haga sobre las bases de un conocimiento hidrológico INTEGRAL. Lo que nos recuerda de nuevo la importancia de la profesionalización experiencia que tienen que tener todos aquellos actores que intervengan en proyectos relacionados con el recurso hídrico.

Áreas de intervención sugeridas para futuros proyectos de cooperación son: dotación de equipos para tratamientos en lagos superficiales e impulsar la extracción de aguas subterráneas.

La presentación argentina cerró con un llamado a los Estados para que mantengan una soberanía permanente sobre los recursos naturales, como medida clave de protección de los mismos.



En el año 2014 se llevó a cabo en Colombia el Estudio Nacional de Agua (ENA 2014) que permitió reconocer el estado y la dinámica del agua en el país. Se identificaron las cuencas y subzonas hidrográficas que se deben priorizar para mejorar la gestión del recurso hídrico. Asimismo, se pudo determinar la cantidad de agua que se utiliza en el país, y definir la disponibilidad de agua verde (procedente de las precipitaciones) y de agua azul (ríos, lagos, acuíferos), siendo de un 97% y un 3% respectivamente. En Colombia, aproximadamente el 62% de la precipitación pluvial se convierte en recurso hídrico superficial. El ENA 2014 también identificó 61 sistemas acuíferos y una oferta hídrica potencial de agua subterránea de 5848 km<sup>3</sup>, distribuidos en 16 provincias hidrogeológicas.

En Colombia, a partir del proceso de implementación de la Política Nacional para Gestión Integral del Recurso Hídrico se construyó el concepto de gobernanza del agua, el cual reconoce la prioridad del consumo humano y asume al territorio y a la cuenca hidrográfica como entidades activas en tales procesos, con el fin de evitar que el agua y sus dinámicas se conviertan en amenazas para las comunidades y de garantizar la integridad y diversidad de los ecosistemas. En este sentido, el Estado tiene la responsabilidad de garantizar el acceso al agua de manera responsable, equitativa y sostenible. También se diseñaron los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS), instrumentos

propicios para que tanto en su formulación como en su implementación se construyan escenarios que permitan el desarrollo de la gobernanza del agua, donde se reflejen los acuerdos y entre el poder público, la sociedad civil, las comunidades étnicas y los sectores económicos.

El representante de Colombia presentó un proyecto multi-institucional para el análisis hidrogeológico mediante sondeo eléctrico de la zona de manejo y protección ambiental del río Tunjuelo, el cual se encuentra en la zona de influencia de la construcción de pilonas para el Cable Aéreo de Ciudad Bolívar, en Bogotá.

Debido al crecimiento demográfico de la ciudad capital y al caos vehicular que lo acompaña, se vio la necesidad de construir un Cable Aéreo al sur de Bogotá. Tres de las pilonas del Cable estarían localizadas sobre el río Tunjuelo, de modo que era necesario elaborar un modelo hidrogeológico conceptual en la Zona de Manejo y Protección Ambiental (ZMPA) del río Tunjuelo, en el área de influencia de las pilonas 2, 3 y 4 del proyecto Cable Aéreo de Ciudad Bolívar, que sirviera para identificar y valorar los posibles impactos que pudieran presentar sobre

## 8.2. Colombia

Colombia, tiene una extensión de 1.141.748 km<sup>2</sup> de territorio continental. Está dividida administrativamente en 32 departamentos, 1096 municipios, 5 distritos y 20 corregimientos departamentales. Su capital es Bogotá D. C. Dependiendo de la región, la precipitación pluvial es de carácter bimodal y monomodal (500 - 9.000 mm). Fisiográficamente, Colombia está delimitada en seis (6) grandes cuencas hidrográficas. Se tienen codificadas las subcuencas y microcuencas. El país tiene tres cuencas compartidas.

La gestión del recurso hídrico en Colombia está en manos del Ministerio de Medio Ambiente, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), el Servicio Geológico Colombiano, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), las Secretarías municipales, la Policía ambiental, los Acueductos municipales y las Juntas de Acción Comunal (JAC).

el recurso hídrico subterráneo la construcción de dichas pilonas. Para ello, había que realizar la caracterización hidrogeológica del área de ZMPA del río Tunjuelo donde se localizaran la pilonas y elaborar el perfil estratigráfico e hidrogeológico de la misma; identificar y valorar los posibles impactos sobre los acuíferos por la construcción de las pilonas; apoyar la caracterización hidrogeológica con base en la instalación de piezómetros y respectivas pruebas; determinar y evaluar las condiciones del agua subsuperficial en condiciones normales y extremas; establecer los niveles de la tabla de agua en condiciones normales y en condiciones extremas de lluvias críticas; y elaborar un modelo hidrogeológico conceptual.

En primer lugar, se esbozó un panorama general de la ciudad y se definieron los diferentes riesgos inherentes, tanto de carácter socio-natural como antrópicos no intencionales. Seguidamente, se recopiló toda la información existente acerca de todos los puntos de agua, incluyendo los inventarios de puntos de aguas subterráneas, pozos, aljibes, piezómetros. Se interpretaron los resultados y se marcaron los pozos más cercanos a la zona de obras.

El trabajo de campo inició con una descripción litológica de las muestras de sedimentos. Se hicieron sondeos eléctricos verticales para obtener información interpretable y correlacionable con las diferentes capas que conforman el subsuelo entre 25 y 35 m; se perforó e instaló una red de monitoreo de aguas subterráneas con el fin de estimar las variaciones y direcciones del flujo subsuperficial y establecer su relación hidráulica con los cuerpos de agua superficial y su comportamiento con los cambios estacionales (periodos húmedo y seco); con el objeto de determinar posibles conexiones hidráulicas entre el río y los primeros niveles saturados se llevó a cabo una nivelación topográfica de la red de monitoreo y de la lámina del río; se realizaron pruebas de baldeo o valvuleo (Slug) para adicionar o remover en forma instantánea un volumen de agua conocido y generar un cambio instantáneo en la presión o cabeza hidráulica del pozo de monitoreo y en la zona acuífera interceptada cercana al pozo; y se realizaron un análisis de la calidad del agua subterránea y superficial en periodo seco y en temporada de lluvias.

Una de las conclusiones de los estudios fue que no existe similitud entre la calidad y la composición hidroquímica del agua subterránea en los niveles más someros saturados y el río Tunjuelo, lo que podría indicar que corresponden a aguas de diferentes características y procedencia, y que por lo menos los niveles acuíferos someros no recibirían agua del río, aunque estos sí podrían aportar al drenaje.

Con base a los estudios realizados, se determinó que los posibles impactos sobre el agua subterránea de la construcción de las pilonas podrían ser: (a) Los materiales presentes en superficie en los sitios donde se cimentaran las tres pilonas son principalmente de materiales finos, como limos y arcillas, que permiten una baja tasa de infiltración de agua hacia los materiales saturados subyacentes. (b) Con relación a los posibles redireccionamientos de flujos, el impacto sería mínimo, estos se darían más por los desagües temporales en la zona de excavación, que en sí por la estructura; una vez cimentadas las pilonas, las condiciones de flujo se reestablecerían casi en sus condicio-

nes iniciales, ya que la zona intervenida es un área muy pequeña y no tendría mayor incidencia sobre la dirección de los flujos. (c) Durante la construcción de las pilonas, los contaminantes potenciales podrían generar una disminución de la calidad físico-química y bacteriológica del agua subterránea. (d) El cambio en la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo, podría darse por la disminución de la capacidad de infiltración en las zonas de alimentación de los acuíferos, la compactación del suelo, la pérdida de la cobertura vegetal y la impermeabilización de las áreas intervenidas con infraestructura.

Con base a los resultados de los estudios realizados se determinó que la construcción de las pilonas en el área de ZMPA no presentaría impactos significativos sobre el agua subterránea, porque las características hidrogeológicas del sitio hacen que los acuíferos no sean sensibles, y por otra parte, la oferta hídrica subterránea, hasta la profundidad a ser intervenida no es relevante. Igualmente, las estructuras a instalar no son de gran tamaño, lo que podría generar una impermeabilización de las áreas o disminuir la capacidad de infiltración hacia los acuíferos, ya que de por sí el área presenta unas características actuales, con materiales de baja permeabilidad con poca capacidad de infiltración.

Debido, tal vez, a que no ha habido experiencias previas similares a ésta, el proyecto ha enfrentado problemas de gestión, gobernabilidad, seguimiento y mantenimiento. Una serie de decisiones políticas arbitrarias y los oportunismos e intereses particulares afectaron negativamente los lineamientos del proyecto. No obstante, y a pesar de las limitaciones, se lograron los resultados deseados.

### 8.3. Costa Rica

Costa Rica tiene una extensión de 51.100 km<sup>2</sup>. Está dividida administrativamente en 7 provincias. Su capital es San José. Su clima es tropical, con dos estaciones: seca, de diciembre a abril, lluviosa, de mayo a noviembre. El agua es potable en 95% del país. El 93.4% del país tiene cobertura de agua potable, siendo la provincia de Limón, en la costa Atlántica, la más desatendida, con un 78.3% de cobertura. Según datos censales del año 2010, el 24.1% de la población contaba con alcantarillado y el 72.3% tenía fosa séptica.



Zona del río Tempisque. Fuente: Presentación Costa Rica

En Costa Rica hay más de 2000 asociaciones comunales, conocidas como ASADAS, Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillados, que administran los sistemas de acueductos y alcantarillados comunales bajo la supervisión del Ministerio de Ambiente y Energía, que también las apoya con una capacitación constante. Otras instituciones que intervienen en el manejo del recurso hídrico, incluyen, aunque no se limitan a estas, al Ministerio de Salud, la Dirección del Cambio Climático, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, el Instituto Meteorológico Nacional, y varias instituciones más de carácter nacional o provincial.

El proyecto presentado por Costa Rica fue una evaluación del balance hídrico del río Tempisque. Perteneciente a la vertiente del Pacífico, el río Tempisque es el tercer río en importancia del país. Debido al aumento del turismo en la zona con su correspondiente auge inmobiliario en los sectores costeros se observa que se ha incrementado la extracción de agua en los acuíferos costeros y, en consecuencia, ha habido un aumento de la salinidad en los pozos de extracción de la zona. Además, los análisis realizados en aguas de las playas del Pacífico Norte mostraron la presencia de muchos coliformes. Adicionalmente, las transnacionales agroexportadoras de piña, el segundo mayor importador de plaguicidas químicos del país, dejan muchos contaminantes orgánicos en las aguas del Tempisque y sus afluentes.

El objetivo del proyecto es implementar un modelo de explotación sostenible del acuífero del Tempisque, con el fin de que las autoridades nacionales, locales y los sectores productivos logren satisfacer sus demandas de agua, de acuerdo con la capacidad del sistema acuífero, tanto en la cantidad como la calidad del agua. Un criterio agregado para elegir este proyecto es que contaba con la cooperación de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).

La implementación del proyecto se dividió en tres fases: en una fase inicial, Fase I, se procedió a hacer el inventario y análisis de toda la información existente de carácter hidrológico, geológico, hidrogeológico, químico e isotópico. Además, se prepararon los mapas cartográficos base y se revisó la información sobre calidad de aguas e isótopos disponible en estudios previos. También se recolectó información relacionada con las fuentes potenciales de contaminación.

La Fase II incluyó una recolección de datos de campo y análisis de laboratorio. Se definió la red de monitoreo de niveles y de calidad del agua y se realizaron cuatro muestreos de aguas de toda la red y dos parciales. Se implementó la metodología analítica para realizar los análisis isotópicos, usando el equipo donado por el OIEA para tal fin. Se realizó el cartografiado geológico de la zona de estudio a escala 1:50.000; se realizaron mediciones periódicas de los niveles de agua en los pozos de la red y se instalaron dos colectores de agua de lluvia en la zona de estudio. Se realizó la evaluación geofísica del subsuelo, se muestrearon los suelos de la zona para la determinación de propiedades físico-mecánicas y se realizó un mapa de uso del suelo.

En la Fase III, se hizo el análisis de la información generada. Seguidamente, se analizó el comportamiento de los niveles del acuífero y se elaboró la red de flujo del acuífero. Se determinó el balance hídrico de la zona y se evaluó el carácter de efluencia-influencia de los ríos. La información química e isotópica fue revisada y analizada para ver si había contaminación. Se elaboraron perfiles hidrogeológicos para finalmente construir el modelo hidrogeológico conceptual. Se preparó el mapa de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Tempisque. Se realizó el balance hídrico subterráneo, recopilando datos sobre la composición y humedad del suelo, profundidad de las raíces, recarga de los acuíferos; y se identificaron los usos del agua. Finalmente, se generó un documento escrito con los principales resultados del estudio.

A la luz de los resultados obtenidos, se propuso una zona para la perforación de pozos de extracción a modo de poder subir agua a las zonas costeras y disminuir así la salinización provocada por el sobreuso de los acuíferos costeros. En el 2017 se perforaron dos pozos al noroeste de Isolos, piezómetros PZ'01 para captar los aluviones del río Tempisque, así como el acuífero inferior derivado de la formación Bagaces.

Para llevar a cabo el proyecto existieron alianzas estratégicas entre instituciones estatales, académicas y la cooperación internacional. El Instituto Costarricense de Turismo colaboró en el proceso de construcción de piezómetros (Trancas).

## 8.4. Cuba

La República de Cuba es una nación soberana insular situada en el mar Caribe. Tiene una extensión de 109.884 Km<sup>2</sup>, distribuidos en 15 provincias y un municipio especial. La capital es La Habana.

En Cuba las aguas subterráneas se distribuyen en 167 cuencas, zonas y tramos hidrogeológicos importantes, totalizando un área acuífera efectiva de aproximadamente 37.000 Km<sup>2</sup>, lo que equivale al 32% del territorio nacional. Casi todas las cuencas subterráneas son cársticas y, en su mayoría, libres y abiertas al mar, siendo su principal y casi única fuente de alimentación las precipitaciones pluviales, lo que indica la importancia de la correcta explotación y observación sistemática del régimen de las mismas.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos es el organismo gestor del agua en Cuba, y desde 2017 el país cuenta con una Ley de las Aguas Terrestres que vino a sustituir a la Política Nacional del Agua.

El trabajo presentado por Cuba es un estudio para definir la relación cuenca geológica-humedal realizado en el Gran Humedal del Norte, en la provincia cubana de Ciego de Ávila.

Un humedal es una superficie de tierra, generalmente plana, que se inunda de manera permanente o estacional. Los humedales son de suma importancia para la vida por ser centros de diversidad biológica y fuentes de agua de las que dependen numerosas especies vegetales y animales para sobrevivir. En concreto, el Gran Humedal del Norte tiene un papel clave como barrera contra la intrusión salina hacia la cuenca geológica ubicada aguas arriba del humedal.

Para la conservación y uso racional del humedal, las autoridades responsables del mismo velan para que la demanda del recurso hídrico no altere las características ecológicas del humedal. Con base a esto, se hace un balance anual de las aguas. Al finalizar la temporada de lluvias, cada usuario solicita el volumen de agua que contempla para su uso, acompaña su solicitud de una serie de datos pertinentes como el área de cultivo, eficiencia y tipo de riego, etc.; los equipos técnicos balancean el recurso disponible y a partir de ahí se asignan las cuotas. Hay 305 equipos asignados a la observación y protección del Humedal en toda la provincia de Ciego de Ávila, incluso en los cayos. Asimismo, hay 190 pozos de observación distribuidos por todo el territorio, mensualmente se monitorean un tercio de los mismos y del resultado de las observaciones, sumado a los monitoreos de control de las precipitaciones pluviales, se obtienen las estadísticas sobre el nivel de las aguas subterráneas.

El objetivo del estudio sobre la relación de la cuenca geológica y el Gran Humedal del Norte es garantizar el manejo óptimo del recurso hidráulico del humedal, a partir del conocimiento de la evaluación hidrológica de todas las cuencas hidrográficas que tributan al humedal, el escurrimiento medio que llega al mismo anualmente, su distribución dentro del año, los estudios hidrogeológicos que

permitan definir la relación cuenca geológica-humedal, así como la recarga al acuífero y el modelo conceptual con los mecanismos de transferencias del agua dentro del humedal.

La metodología del mismo incluyó una evaluación de las aguas superficiales que tributan al Gran Humedal —redes pluviométricas y redes hidrogeológicas—; así como la evaluación de las aguas subterráneas. Se recopilaron mapas geológicos de la provincia, mapas de paleorelieve, y mapas de hidroisohipsas, incluyendo mapas hidrodinámicos del periodo seco. Los resultados análisis geológicos revelaron que más del 85% de la cuenca está formado por rocas de la formación Guines, constituidas por calizas fosilíferas, biohémicas, dolomíticas, micríticas; dolomitas, lentes ocasionales de margas calcáreas y calcarenitas; mientras que la geología del humedal está constituida por depósitos palustres: residuos vegetales, limos carbonatados, arcillas salinizadas arenosas con restos carbonizados de troncos y raíces de mangles con espesores menos de un metro.

En los mapas de paleorelieve se puede observar que las cuencas hidrogeológicas de la vertiente norte están abiertas al mar, por eso el flujo de las aguas subterráneas tiene la descarga libre a la zona de drenaje.

Los mapas de hidroisohipsas permitieron localizar posibles focos contaminantes (se identificaron más de 800, entre ellos, cementerios, fábricas, cochiqueras). Definen también la hidrodinámica del territorio: todo el movimiento de las aguas subterráneas es hacia el norte existiendo distorsiones locales en algunas zonas, producto a la elevada extracción de agua. Se puede afirmar que la cuenca geológica descarga en toda su extensión, sobre el Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila.

Para demostrar la relación estrecha existente entre los niveles de las aguas subterráneas y los del embalse Puente Largo, se realizaron los limnigramas hiperanuales de las cargas hidráulicas en este último y varios pozos de observación ubicados próximos al Gran Humedal.

Utilizando el método de Binderman se creó una tabla con los elementos de balance del acuífero por sectores.

Tomando en cuenta el análisis de todos los datos recopilados, se llegó a la conclusión de que hay una buena correlación entre aguas subterráneas y superficiales en la cuenca del humedal. El aporte de los sectores hidrogeológicos al humedal es positivo, aun si existen grandes fluctuaciones de volumen hídrico de un año a otro.

## 8.5. El Salvador

La República de El Salvador es una nación soberana centroamericana ubicada en el litoral del Océano Pacífico. Tiene una extensión territorial de 21.041 km<sup>2</sup>, para una población de aproximadamente siete millones y medio de habitantes, lo que lo convierte en el país más densamente poblado del continente americano. Su capital es San Salvador. Cuenta con 58 cuencas hidrológicas distribuidas en 10 regiones hidrográficas. La más importante es la del río Lempa, compartida entre Guatemala, Honduras y El Salvador abastece a la mayor parte de la población salvadoreña.

El país recibe una precipitación promedio anual de 1780 milímetros (mm), la cual constituye la fuente principal de recursos hídricos superficiales y de recarga de las masas de agua subterránea. Según datos actualizados del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, las actividades agropecuarias consumen el 51% del total del agua utilizada en el país; prácticamente la mitad de esta proporción se destina a los pastos y más de un tercio a la caña de azúcar. El consumo doméstico ocupa un 31% del total de agua consumida y la generación de energía térmica un 13%. La industria consume un exiguo 4%.

El 10% de la población urbana y el 47% de la población rural carecen de acceso a agua, lo que representa a un 23% de la población salvadoreña. El abastecimiento de agua está repartido entre varias manos: la Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANANDA) es responsable del 45% del suministro, principalmente en las zonas urbanas; mientras que la población rural está abastecida en su mayoría por sistemas comunitarios. Hay más de 2.500 sistemas comunitarios en todo el país. Muchos de ellos han sido posibles gracias a la cooperación internacional, o dependen directamente de ésta.

En 1962 se aprobó la Ley de ANANDA con el objeto de proveer y ayudar a proveer a todos los habitantes de la República con el servicio de agua potable y alcantarillado. La ley cumplió en las áreas urbanas, pero no así en el ámbito rural. En 1972 se crearon las Juntas Administradoras de Acueductos Rurales, para la administración y manejo del agua en las zonas rurales. En 1980 se crea el Programa de Introducción de Agua Potable en Áreas Rurales (PIABAR), y el Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural (PLANSABAR), y desde estos programas se establecen más de 300 sistemas comunitarios. En 1995, se cierra PLANSABAR, y en 1996 se establece el Fondo de Inversión Social para Desarrollo Social (FISDL). Con el apoyo económico de la cooperación internacional, el FISDL se hace cargo del abastecimiento de agua en las áreas rurales, incrementa considerablemente el número de sistemas comunitarios y, desde 1998, subsidia a través del Fondo de Inversiones en Electricidad y Telefonía (FINET) el 80% de la factura eléctrica por costos de bombeo de los sistemas comunitarios.

En el 2001, con la llegada de los terremotos, se realizó una evaluación del acceso al agua potable de la población rural de la zona sur, y se identificaron serias carencias de información y la inexistencia de una gestión integral y equitativa de los recursos hídricos. Se planteó

entonces la necesidad de hacer un estudio con una visión integral de la problemática de los recursos hídricos; es decir, el abastecimiento de agua potable en cantidad y calidad suficiente, un saneamiento tanto de aguas grises como negras adecuado al entorno y la protección del recurso hídrico. Así surgió el Plan Director de Abastecimiento y Saneamiento de agua en comunidades rurales del Sur del Departamento de La Libertad, una iniciativa que aglutinó los esfuerzos de todas las instituciones que de una forma u otra participan en el proceso de desarrollo sostenible de las comunidades rurales.

Para la implementación del Plan, en primer lugar, se hizo un acercamiento a las comunidades a fin de hacer un diagnóstico socio ambiental de las mismas. Se llevaron a cabo censos poblacionales, se realizaron censos de la infraestructura, los servicios, las viviendas, visitas de los promotores de salud, proyectos de electrificación, tipos de organización comunitaria. Seguidamente, se mapearon las fuentes de agua de la zona y se hizo el análisis hídrico de las aguas. Se visitaron todas las fuentes con el fin de determinar sus características. Se georreferenció cada fuente y se tomaron muestras de agua. Se mapearon los pozos, los manantiales, la composición y la calidad del agua en cada uno de ellos. Luego de recabada la información se elaboró un diseño de propuestas técnicas teniendo en cuenta los siguientes criterios: las propuestas se calculan con el número de familias que se prevé que habrá dentro de 20 años (considerando un crecimiento de la población de un 2.1% anual); el caudal considerado para el diseño de las alternativas es el caudal crítico (el caudal de la época seca) y dividido por 1.3. Esto significa que en todas las fuentes se deja un 23% del caudal libre (caudal ecológico) para no secar los ríos y no influir así negativamente en el entorno. Si la propuesta se basa en la conexión a un sistema ya existente, entonces no se le resta el caudal ecológico. Si la dotación posible de agua es inferior a 50 litros por persona y día, entonces se propone un sistema con distribución por cantareras públicas. Y si es inferior a 40, entonces se debe complementar la cantidad de agua disponible con tanques de captación de agua de lluvia. Igualmente se proponen sistemas por cantareras cuando la población no es propietaria de los lotes de vivienda. El número de cantareras se determina de forma que cada una abastezca entre 8 y 12 familias, y considerando que la distancia a recorrer para acceder a las mismas sea entre 220 y 200 m. En el caso del saneamiento de aguas servidas (aguas negras y grises) se proponen distintas tecnologías dependiendo de criterios técnicos.

Finalmente, se asignaron partidas del presupuesto para mantenimiento y preservación y se redactaron dos memorias, una para la comunidad y otra para el municipio, con las propuestas técnicas para el abastecimiento, saneamiento y manejo adecuado del recurso hídrico, a modo de que la comunidad sea partícipe de la gestión.

La representación de El Salvador complementó su presentación con la proyección de un video sobre un proyecto de bombeo de agua potable para más de 200 familias en la comunidad Nueva Granada, Usulután, utilizando energía fotovoltaica a través de paneles solares.

## 8.6. Guatemala

Guatemala tiene una extensión de 108.890 km<sup>2</sup>. Es un país multiétnico y plurilingüe, donde conviven 4 grupos étnicos diferenciados: ladinos, mayas, xincas y garífunas. Guatemala cuenta con 3 regiones hidrográficas, 38 cuencas y 194 cuerpos de agua. La mayor cuenca es la del Golfo de México; gran parte de ese agua la consume el país azteca. El potencial de aguas subterráneas es de un 29 a un 49%, según la región<sup>27</sup>.

Guatemala es el país de Centroamérica con mayor cantidad de recursos hídricos. Según datos censales del año 2014 el 77.8% de la población guatemalteca tiene acceso al agua; no obstante, contar con agua entubada no quiere decir tener agua potable. Aproximadamente un 70% de la población tiene acceso a drenajes. Más del 50% de las aguas del país están contaminadas (los datos más recientes del Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales indican que el 90% de las fuentes de agua en Guatemala están contaminadas).

Guatemala participó en este encuentro con siete representantes de diferentes instituciones y disciplinas. Las presentaciones incluyeron videos de testimonios de comunidades carentes de acceso a agua, videos acerca de un proyecto de abastecimiento de agua a través de su captación en cosecheros implementado por la ONG Arquitectos sin Fronteras en una comunidad mam, video de presentación de la Asociación Nacional de Municipalidades, video de testimonios de usuarios de agua en comunidades rurales. Asimismo, se hicieron presentaciones sobre características generales de Guatemala en cuanto a recurso hídrico y saneamiento.

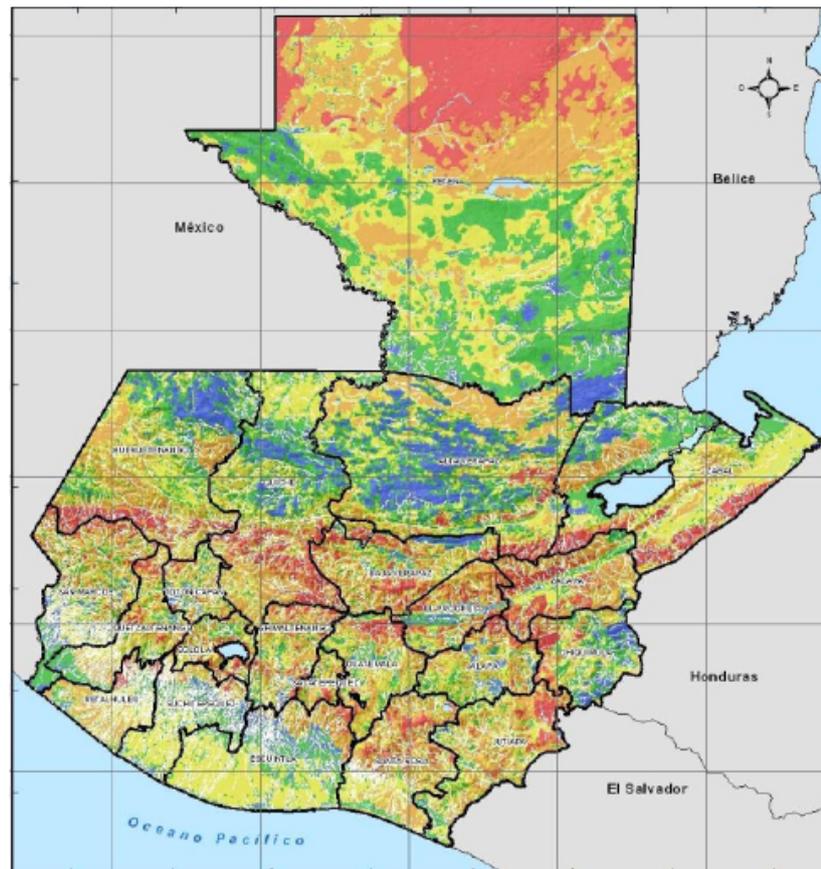
Uno de los representantes, miembro de una cooperativa integral de café en Acatenango, habló de los avances tecnológicos que han permitido reducir el uso de agua en las fincas de café de un millón de litros al día, utilizados anteriormente para el lavado del grano, a 30.000 litros que se usan en la actualidad. También se hizo referencia a los ocho acuíferos naturales ubicados en las faldas del volcán Acatenango, de los cuales aprovechan por gravedad las aguas de dos de ellos. Se refirió al potencial hídrico que cree que existe en las faldas del volcán Acatenango, el cual podría permitir la incorporación de nuevos cultivos, pero para su extracción y manejo precisan la ayuda técnica y financiera de algún proyecto de cooperación.

Por parte del Programa de Agua Potable y Saneamiento para Desarrollo Humano del Instituto de Fomento Municipal, INFOM, se presentó el programa de agua potable y saneamiento para desarrollo humano que llevan a cabo conjuntamente INFOM y el BID (Banco Interamericano de Desarrollo).

El objetivo de este programa es mejorar y ampliar los servicios de agua potable y saneamiento en áreas rurales,

<sup>27</sup> [Gunther Schosinsky N. G. \(2006\): Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos, Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica: Costa Rica](#)

## Potencial de aguas subterráneas en Guatemala



Fuente: USAID / Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

periurbanas y urbanas, dentro de un marco que incentive el desarrollo institucional, promueva la participación organizada de las comunidades rurales y asegure la sostenibilidad a mediano y largo plazo de los sistemas. Por ende, los componentes del programa son inversión, infraestructura, gestión social y fortalecimiento institucional. Para la ejecución del programa se contó con un préstamo del BID y una donación del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Para el componente de desarrollo institucional del sector, se contó con la ayuda técnica de la Organización Mundial de la Salud y del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

En el marco de la construcción y mejora de la infraestructura se contemplan proyectos de letrinas y aljibes en Alta y Baja Verapaz y Chiquimula; proyectos de agua y saneamiento en la cuenca del Chixoy; proyectos urbanos y periurbanos de sistemas de agua potable en seis comunidades de San Marcos afectadas por el terremoto del 2014; un plan maestro de inversiones en 16 comunidades de la cuenca del lago Atitlán; y un programa de captación y conservación de aguas subterráneas.

Las principales restricciones que tiene el Programa se refieren a tiempo, costo y alcance; mientras que su fortaleza es su componente social. Se trabaja con COCODES (Consejos Comunitarios de Desarrollo), alcaldías, mesas de género, grupos medioambientales, para garantizar la sostenibilidad del proyecto a través de un ejercicio de seguimiento y mantenimiento, fortaleciendo las capacitaciones de la población beneficiaria y priorizando el empoderamiento de las comunidades.

## 8.7. Honduras

Honduras tiene una superficie de 112.492 km<sup>2</sup>, con una población de casi 9 millones de habitantes. La cobertura de agua potable es del 81%, mientras que la cobertura de saneamiento es del 69%. Únicamente el 10% de agua residual recolectada recibe tratamiento.

La presentación de Honduras se centró en la llamada Región Trifinio, que abarca aproximadamente 7541 km<sup>2</sup>, 45 municipios y una población de 800.000 habitantes, pertenecientes a tres países: Honduras, Guatemala y El Salvador. La Región Trifinio comparte las cuencas transfronterizas de los ríos Lempa, Ulúa y Motagua. Esta área presenta los índices más bajos de desarrollo de Centroamérica: el 59.1% de la población vive en condiciones de pobreza; el 30.5% de la población es analfabeta; más del 30% de los niños tienen desnutrición crónica; más del 40% de la población no tiene acceso a agua segura. En respuesta a esta realidad socioeconómica, surge, en el año 2008, la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa, situada en la región del Trifinio y constituida por municipios de los tres países (Honduras, El Salvador y Guatemala). Tiene como objetivos impulsar el desarrollo integral de la región y promover la integración centroamericana.

En la cuenca alta del río Lempa viven unas 300.000 personas pertenecientes a los tres países centroamericanos. El río está contaminado por los vertidos de los beneficios de café, los vertederos clandestinos, las aguas negras y las fincas agropecuarias; siendo así que a fin de mejorar la calidad de vida de las poblaciones del trifinio a través de una gestión integral, sustentable y compartida de su recurso hídrico, la Mancomunidad (MTFRL) creó la Política Pública Local Transfronteriza “Aguas Compartidas”, en la que participan municipalidades de los tres países. Son objetivos específicos de la misma: promover la gestión mancomunada de los servicios de agua potable, mejorar el acceso al agua de consumo humano, reducir la contaminación de las fuentes de agua y desarrollar e implementar un Mecanismo Independiente de Financiamiento Trinacional para el manejo del recurso hídrico en la región. Nueve municipios de Honduras, tres de El Salvador y ocho de Guatemala, implementan la política “Aguas Compartidas”.

En el marco del programa de “Aguas Compartidas” se han impulsado los proyectos Acciones de la Política Pública Local Trinacional para el Manejo Integral y Compartido del Recurso Hídrico, financiado por la Unión Europea; Agua Limpia para la Seguridad Alimentaria y Nutricional, auspiciado por el Programa Regional para la Seguridad Alimentaria y Nutricional PRESANCA II- SG-SICA; y Gestión Urbana para el Manejo Integral de los Recursos Hídricos en el Trifinio Centroamericano, financiado por el Área Metropolitana de Barcelona.

Resultados visibles de estos proyectos han sido la organización y legalización de doce Juntas Administradoras de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento; la legalización de terrenos y derechos de paso de los sistemas de Agua Potable; capacitaciones a Juntas Administradoras de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento, para la opera-

ción, mantenimiento y administración de los mismos; el lanzamiento de la campaña educativa y de sensibilización “Agua Limpia, Vida Sana para Todos” con sus respectivos promocionales; la creación de una red Trinacional de Juntas de Agua; campañas de sensibilización de usuarios, casa por casa, sobre los sistemas urbanos de agua potable y el uso eficiente del agua para consumo; intercambio de experiencias entre países; el desarrollo del Curso para la formación de fontaneros comunitarios y municipales, con certificado por INTECAP y la entrega de paquetes de herramientas a Juntas Administradoras de Agua; la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura para agua y saneamiento; el monitoreo del río Lempa antes, durante y después de la cosecha de café; el diseño y la implementación de la Primera Edición del Diplomado en Gestión Integral del Recurso Hídrico, dirigido a funcionarios de Gobiernos Locales miembros de la MTFRL (este es un esfuerzo colectivo de cooperación por parte de Centro Universitario de Oriente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala – CUNORI; Carrera de Gestión Ambiental Local del CUNORI; Programa Bosques y Agua de la Cooperación Alemana – GIZ; Mancomunidad Copanch´ortí; Comisión Trinacional del Plan Trifinio; Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – UICN; Global Water Partnership – GWP; Área Metropolitana de Barcelona (AMB), Fondo multilateral de Inversiones Miembro del Grupo BID). La cooperación de la UICN en el diplomado ha sido de suma importancia para poder incorporar los acuíferos en el curso.

Para finalizar, un breve repaso a las instituciones hondureñas a cargo de la administración de agua y saneamiento. El SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados), fundado en 1961, es el ente encargado de desarrollar los abastecimientos de agua y alcantarillados. En 1990, se crea AHJASA (Asociación Hondureña de Juntas Administradoras de Agua y Saneamiento). En el 2013, SANAA transfirió la responsabilidad del abastecimiento a los municipios y ahora es responsable de la promoción y supervisión de instalaciones regionales. Actualmente, dos instituciones, ERSAPS y CONASA, están a cargo de las políticas y regulaciones en materia de agua, mientras que los municipios y las juntas de agua son responsables de la prestación del servicio.

## 8.8. México

Los Estados Unidos Mexicanos tienen una superficie de casi 2 millones de km<sup>2</sup>, distribuidos en 32 entidades federativas. La población es de 120 millones de habitantes (censo del año 2015), y eminentemente urbana (80%). La capital, Ciudad de México, cuenta con más de 20 millones de habitantes. El clima es árido y semiárido en 2/3 del país, donde se concentra el 77% de la población y donde se genera el 87% del PIB. El 39% de su recurso hídrico son aguas subterráneas, que representan la principal fuente de abastecimiento en gran parte del país. El 61% son aguas superficiales. Hay identificados 653 acuíferos, distribuidos en 13 regiones hidrológicas-administrativas.

El 95.3% de la población tiene acceso a agua potable, y el 82.5% de la población dispone de servicios de saneamiento.

CONAGUA es la entidad que administra, regula, controla y protege las aguas nacionales. México tiene una Ley Nacional de Aguas en la que se enmarcan todas las actividades de CONAGUA.

Hasta el año 2013, una serie de decretos legales sancionaba que el 55% de las aguas del territorio nacional estaban vedadas o protegidas, dejando un 45% en condición de libre alumbramiento, lo que permitía la libre extracción de agua subterránea sin necesidad de una autorización previa por parte de las autoridades. En consecuencia, grandes proyectos agrícolas e industriales construyeron pozos indiscriminadamente y sin control, y en poco tiempo se observaron una severa sobreexplotación de acuíferos, daños al medio ambiente, y perjuicios a otros usuarios.

### Acuíferos sobreexplotados en México



Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

Concretamente, se pudieron identificar 115 acuíferos dramáticamente sobreexplotados que provocaron: la desaparición de manantiales y lagos; la disminución o desaparición de caudal base afectando a ecosistemas; hundimientos diferenciales del terreno; daños a infraestructuras; caídas del nivel de saturación; incremento de costos de bombeo; deterioro de la calidad del agua; abandono de pozos; y problemas sociales por conflictos del agua.

Surge entonces la necesidad de diseñar e implementar un Proyecto para el Ordenamiento de Acuíferos en México para La Administración del Recurso, hacia La Sustentabilidad y el Desarrollo, que permita a CONAGUA contar con instrumentos jurídicos para la administración de las aguas subterráneas en México, velando por su sustentabilidad, e impidiendo la sobreexplotación de los acuíferos.

Como parte de la metodología de este proyecto se realizaron las siguientes acciones: se delimitaron los acuíferos; se evaluó la disponibilidad del agua subterránea; se suspendió el libre alumbramiento; se elaboraron estudios técnicos en 333 acuíferos en suspensión de libre alumbramiento; y se elaboraron decretos de veda y zonas reglamentadas.

Para determinar la disponibilidad de agua subterránea en un acuífero se aplicó la fórmula: Disponibilidad media anual de agua del subsuelo en un acuífero = Recarga total media anual - Descarga natural comprometida - Extracción de aguas subterráneas.

Las evaluaciones realizadas evidenciaron que había 245 acuíferos con déficit de agua y 408 acuíferos con disponibilidad.

Para el otorgamiento de concesiones se tomaron en cuenta los balances hidrogeológicos (recarga, descarga natural comprometida) así como el Registro Público de Derechos de Agua (titulado, registrado, pendiente)

El 5 de abril de 2013 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación, ocho Acuerdos Generales emitidos por el titular del Ejecutivo Federal, en los que se suspendió el libre alumbramiento en 333 acuíferos. Se prohibió la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura o la instalación de cualquier otro mecanismo que tuviera por objeto el alumbramiento o extracción de las aguas nacio-

nales del subsuelo, el incremento del volumen de extracción autorizado o registrado previamente por la autoridad.

Los Acuerdos Generales de suspensión de libre alumbramiento son provisionales y estarán vigentes hasta que sean decretadas las vedas y zonas reglamentadas en los 333 acuíferos.

Los causales de utilidad e interés público protegidos por la Ley Nacional de Aguas y en los que se sustentan los decretos para las vedas y zonas reglamentadas, son: la protección, mejoramiento, conservación de cuencas y acuíferos; la restauración de acuíferos; el restablecimiento del equilibrio hidrológico de las aguas nacionales; la atención prioritaria de la problemática hídrica en acuíferos con escasez de agua; el control de la extracción y de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo; la sustentabilidad ambiental y la prevención de la sobreexplotación de los acuíferos.

Se han realizado estudios técnicos de cada uno de los 333 acuíferos en los que se suspendió el libre alumbramiento, en los que se definen los siguientes aspectos: su ubicación y extensión territorial; la descripción de la población y su desarrollo socioeconómico; el marco físico de la región en la que se ubica el acuífero (climatología, fisiografía, geomorfología, geología); la hidrología superficial; la hidrología subterránea (acuífero, piezometría, modelo conceptual del acuífero, extracción del agua subterránea, calidad del agua subterránea, balance de aguas subterráneas); la disponibilidad media anual de agua subterránea; la situación regulatoria del acuífero; la problemática del acuífero; conclusiones y recomendaciones.

Se ha completado el 99.7% de los estudios y han sido publicados en el Diario Oficial de la Federación.

Con base a los resultados de los estudios técnicos, la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA ha elaborado 17 decretos de veda y 20 decretos de zona reglamentada, con el objeto de prevenir la sobreexplotación y sus efectos perjudiciales.

Entre los problemas encontrados en el proceso, cabe destacar que la delimitación a veces no sólo siguió criterios técnicos, sino también administrativos. Para algunos acuíferos falta información reciente y el presupuesto es insuficiente para actualizar balances de agua subterránea. Existen algunos errores en el Registro Público de Derechos de Agua, lo que dificulta el registro, verificación y validación de los volúmenes extraídos.

Se deben lograr mejoras sustanciales con relación a: los balances hidrogeológicos y el conocimiento de los acuíferos; la actualización del Registro Público de Derechos de Agua; la vinculación entre el agua superficial y el agua subterránea; la agilización de los procesos entre dependencias gubernamentales; y la vinculación entre el agua superficial y el agua subterránea.

## 8.9. Nicaragua

La República de Nicaragua tiene una extensión total de 130.373,4 km<sup>2</sup>. Está dividida administrativamente en 15 departamentos y 2 regiones autónomas con 153 municipios. Tiene una población de 6.30 millones de personas. Su capital es Managua. Nicaragua cuenta con 25 formaciones volcánicas, 22.000 km<sup>2</sup> de reserva naturales, más de 10.000 km<sup>2</sup> de lagos, lagunas y ríos. Adicionalmente cuenta con tres Reservas de Biosferas declaradas por la UNESCO (Reserva de Bosawás, Isla de Ometepe y Río San Juan) y 21 cuencas hidrográficas.

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), creada en 2007, es el organismo encargado de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, en el marco de la gestión integrada de los recursos naturales y de la gestión de la calidad ambiental nacional. La Ley de Aguas Nacionales establece el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo y de preservación en cantidad y calidad, de todos los recursos hídricos existentes en el país, sean estos superficiales o subterráneos, residuales y de cualquier otra naturaleza, garantizando a su vez la protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente. Los objetivos particulares de esta ley son: ordenar y regular la Gestión Integral del Recurso Hídrico a partir de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas e hidrogeológicas del país; crear y definir las funciones y facultades de las instituciones responsables de la administración del sector hídrico y los deberes y derechos de los usuarios; y regular el otorgamiento de derechos de usos o aprovechamientos del recurso hídrico y de sus bienes.

La realidad es que ANA cuenta con un recurso económico y humano limitado para cubrir todo el territorio, lo que dificulta el cumplimiento de la ley. En los años 2013-2014, se puso en marcha un proyecto de cooperación entre ANA, los gobiernos municipales y otras instituciones del Estado, denominado Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales, con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo, GIZ.

Los objetivos de este proyecto de cooperación son:

- Brindar apoyo a ANA para la implementación y desarrollo de una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), basada en un diagnóstico del estado hídrico de la cuenca, cuyo principal objetivo es el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos y su uso sostenible.
- El Plan de GIRH de la Subcuenca Mayales servirá para ser replicado en otras cuencas.
- Definir medidas correctivas y de regulación que permitan garantizar el uso sostenible y equitativo, así como una buena calidad del agua, mejorando la resiliencia de la cuenca frente a los posibles impactos del cambio climático.

En una primera fase del proyecto, se hizo un diagnóstico basado en la recopilación y análisis de los datos existentes. Para recabar la información se visitaron instituciones, empresas privadas, alcaldías. Seguidamente se llevaron a cabo estudios complementarios para rellenar vacíos en la información. El procesamiento y análisis de los datos obtenidos fueron presentados a los órganos de la cuenca y otras instituciones competentes para su validación y aprobación. Después, se pudo determinar el diagnóstico de los recursos hídricos y diseñar un plan de gestión integrada de los mismos.

Para la elaboración del plan de gestión, se establecieron los objetivos, se planificaron las medidas de gestión integrada, se determinaron los plazos e indicadores del plan, y sobre estas bases se elaboró el plan de coordinación interinstitucional, con roles y responsabilidades bien definidas para su implementación. El plan fue presentado a los órganos de la cuenca y las instituciones competentes para su validación.

La Subcuenca Mayales se ubica en el Departamento de Chontales, abarca seis municipios y se subdivide en seis microcuencas. Tiene una extensión territorial de 1.053 km<sup>2</sup>. La población urbana de 63.205 habitantes y la rural es de 16.894 habitantes.

La parte alta de la cuenca comprende las montañas de la Cordillera Amerrisque, de relieve acentuado y pendientes altas. Las pendientes de la parte media son más suaves, y la parte baja presenta poco relieve, siendo a veces casi plana. Aquí, las precipitaciones prolongadas pueden provocar inundaciones.

El análisis geológico de la cuenca muestra formaciones de rocas volcánicas con intercalaciones de tobas, brechas ignimbríticas y basaltos. Las rocas duras forman mesas escalonadas, colinas aisladas, mesetas y cuerpos intrusivos. Las rocas de menor dureza han sido erosionadas y forman las depresiones y valles donde se presentan numerosos arroyos.

Las causas que ocasionan estos sistemas de fallas son la baja resistencia mecánica de los materiales y la incidencia de esfuerzos tectónicos regionales resultantes de la interacción de las placas tectónicas Coco y Caribe.

En la parte superior de la cuenca, la densidad de fallas ha ocasionado la formación de acuíferos aislados que limitan el almacenamiento de agua, y proporcionan únicamente el volumen suficiente para el abastecimiento de pozos artesanales.

En la subcuenca se pueden distinguir tres dominios hidrogeológicos: acuíferos pocos profundos en sedimentos fluviales que se encuentran principalmente en la parte alta y media de la subcuenca; acuíferos aluviales y/o coluviales que se encuentran más en la parte media y baja de la subcuenca; y acuíferos fracturados que son explotados en la parte alta de la subcuenca. Se estimó una precipitación media anual de 1398 mm.

El equipo técnico de ANA, GIZ y las alcaldías, realizaron un inventario de los pozos más importantes y accesibles, localizando un total de 67 pozos perforados y 20 pozos excavados.

En la zona media y baja se encontraron profundidades menores a los 10 metros, mientras que en las zonas elevadas varían entre 10 a 35 metros. La mayoría de estos pozos se localizan próximos a las riberas de los ríos ya que de lo contrario no encontrarían agua.

La columna de agua en los pozos es poco profunda, con un promedio de 4.35 m. Su escaso espesor es uno de las razones por las que muchos de ellos se secan en época de verano.

La falta de conexiones hidráulicas entre los acuíferos de los diferentes dominios, no permitieron la elaboración de un mapa piezométrico.

Se determinó el perfil hidroquímico a través del diagrama de Piper tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas. La hidroquímica de las aguas superficiales es del tipo bicarbonatada cálcico-magnésica, mientras que la de las aguas subterráneas es bicarbonatada cálcico-sódica y bicarbonatada sódica.

Para el análisis de plaguicidas organoclorados, organofosforados e hidrocarburos aromáticos policíclicos, se tomaron 10 muestras superficiales y 9 subterráneas, en las cuales no se detectó la presencia de estos contaminantes. Los ingenios azucareros deben presentar análisis de calidad de agua cada seis meses y nunca les aparecen plaguicidas; se presume que esto se debe a que compran los resultados de los laboratorios. ANA no tiene laboratorio propio para poder hacer los análisis y garantizar la veracidad de los mismos.

Se detectó mucha contaminación bacteriológica debido a la construcción de letrinas y la presencia de ganado cerca de los pozos.

El análisis del consumo actual de la subcuenca se realizó en base al consumo urbano y rural de cada una de las municipalidades de Cuapa, Comalapa y Juigalpa.

A excepción del casco urbano de Juigalpa, el suministro actual de agua en la Subcuenca Mayales no satisface la demanda real. La dotación actual en el municipio de Cuapa es de 74 litros/persona/día; en Juigalpa es de 176.

Recarga del acuífero: se estimó en 9 millones de metros cúbicos para un año medio; 6 millones de metros cúbicos para un año seco; y 12 millones de metros cúbicos para un año húmedo.



### 8.10. República Dominicana

La República Dominicana es una nación soberana insular, con una superficie de 48.670 km<sup>2</sup> y una población de 10.3 millones de habitantes. República Dominicana ocupa dos tercios de la Isla de la Española, la segunda más extensa del archipiélago de las Antillas Mayores, después de Cuba. Tiene una frontera terrestre de 270 km con Haití, que ocupa el tercio restante de la isla. La capital es Santo Domingo.

El artículo 15 de la Constitución de República Dominicana (2010) reconoce el agua como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. El mismo texto constitucional admite como prioritario el consumo humano de agua sobre cualquier otro uso. Mientras, el artículo 61 de la Carta Magna describe y protege el derecho a la salud, ordenando al Estado garantizar el acceso universal al agua.

Además de lo establecido en la Constitución, la Ley 64-00 sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales indica, en su artículo 127, que toda persona tiene derecho a utilizar el agua para satisfacer sus necesidades vitales de alimentación e higiene, siempre y cuando el uso particular no perjudique a terceros o contamine el líquido. En esencia, la Ley 64-00 aborda el tema desde un enfoque de protección y conservación de los recursos naturales, sin reconocer el agua como un derecho de primer orden. No existe por tanto, una Ley de Aguas que contemple el recurso hídrico como un derecho humano.

A pesar de que en las zonas urbanas la cobertura de agua potable es de un 97%, el abastecimiento que proporciona el Estado no se considera efectivo, de modo que las empresas privadas se han convertido en las princi-

pales abastecedoras de agua para beber. Prácticamente un 70% de los hogares dominicanos consume agua embotellada y un 13% adquiere su agua en camiones privados de abastecimiento. La zona sur del país es la más vulnerable, con un gran porcentaje de hogares cuyo suministro de agua procede de fuentes con un alto grado de contaminación.

El servicio de agua potable y la recolección y tratamiento de aguas residuales está en manos de ocho instituciones públicas: Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA); y las Corporaciones de Acueductos y Alcantarillados de Santo Domingo (CAASD), Santiago (CORAASAN), Moca (CORAAMOCA), Puerto Plata (CORAAPLATA), La Vega (CORAAVEGA), Boca Chica (CORAABO) y La Romana (CORAAROM). Esta descentralización podría contribuir a una buena gestión del agua, ya que favorece el acercamiento entre proveedores del servicio y usuarios, y facilita la participación e integración de estos en la gestión, pero hace falta un organismo de supervisión y control general que regule la prestación del servicio y garantice un acceso igualitario. Sin embargo, lejos de contemplar esta necesidad, el Presupuesto General del Estado asignado al agua se reduce cada año, de tal modo que en el 2014 la suma de las ocho instituciones públicas que proveen los servicios de agua potable y alcantarillado representó el 1,4% del total de gastos del Estado.

República Dominicana necesita dotarse de un marco legal que reconozca y proteja de forma explícita el acceso al agua como un derecho humano fundamental. El debate para alcanzar este reconocimiento debe incluir la participación directa de la ciudadanía.

En cuestión de saneamiento, en mayo de 2015 se puso en marcha el proyecto "Formulación de la Estrategia Na-

cional de Saneamiento de la República Dominicana” con el apoyo del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El objetivo de este programa era crear las bases para la formulación de una Estrategia Nacional que sirva para orientar la elaboración y consenso de un Plan General de Prioridades de Inversión en Saneamiento.

Este proyecto también sirvió para visibilizar la problemática del país en materia de saneamiento, y su importancia para mejorar la calidad de vida de su ciudadanía, su impacto en la salud, en la gestión integral del recurso hídrico, así como la necesidad de la participación de los usuarios.

Actualmente hay quince proyectos de cooperación internacional en República Dominicana, todos ellos ubicados en Santo Domingo. La Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial, son los principales gestores de proyectos.

A su vez, República Dominicana tiene una Política de Cooperación Internacional para el Desarrollo que tiene una doble función. Por un lado, sirve como instrumento de desarrollo en cuanto a que asimila el marco de definiciones y principios comunes que facilitan la gestión eficaz y eficiente de la Ayuda Oficial al Desarrollo, guía las acciones del conjunto de actores que participa en los distintos procesos de gestión de la cooperación oficial al desarrollo, y coadyuva a la consolidación del Sistema

Nacional de la Cooperación Internacional al Desarrollo (SINACID). Por otra parte, actúa como herramienta de política exterior porque: busca una apertura hacia nuevos esquemas de relaciones internacionales y mecanismos de la cooperación internacional, acorde con la política exterior dominicana; promueve el respeto y cumplimiento de los objetivos acordados por el Estado dominicano con la comunidad internacional, y reconoce el ordenamiento jurídico interno y los principios que rigen las relaciones internacionales de la cooperación internacional o reembolsable. Sus elementos principales comprenden tanto la cooperación que el país recibe, como aquella que está en condiciones de ofrecer a otros países.

La visión que propone la Política de Cooperación Internacional es que “para el año 2030, República Dominicana sea un país referente de la cooperación internacional al desarrollo, por disponer de una Política de Estado que promueve un desarrollo económico, social e institucional integrador y sostenible, basado en las prioridades y estrategias nacionales, y conforme a los compromisos internacionales adquiridos, a la vez que permite compartir con otros países de la región y del mundo sus capacidades y buenas prácticas, contribuyendo a aumentar su integración e inserción internacional y a la generación de bienes públicos regionales y globales para una sociedad más justa, inclusiva y equitativa”.

El tipo de cooperación a otros países que vislumbra República Dominicana está en la línea del intercambio de habilidades propia de la cooperación Sur-Sur.



## 9. Conclusiones y recomendaciones

A continuación se enumeran las principales conclusiones y recomendaciones del Curso:

1. Para la integración de las aguas subterráneas en la gestión de los recursos hídricos, es esencial tener conceptos claros y precisos sobre aspectos básicos de la hidrogeología como: qué es un acuífero y cómo se delimita; qué es un balance hídrico y cómo se estiman sus términos; en qué consiste la recarga natural y artificial; qué se entiende por sobreexplotación; diferencia entre recursos y reservas; diferencia entre composición, calidad y contaminación; etc.

2. La gestión del recurso hídrico tiene que estar en manos del Estado a través de una autoridad del agua al más alto nivel, y que no esté compartida por múltiples actores dentro del Estado.

3. En términos generales, se puede decir que no existe escasez de agua en el mundo. La clave está, en buena parte de los casos, en una adecuada planificación y gestión tanto de la cantidad como de calidad del agua, así como de su protección. Dicha planificación y gestión debe realizarse siempre a escala de cuenca (aguas superficiales) y acuífero (aguas subterráneas).

4. Dos realidades geográficas en materia de aguas son importantes desde el punto de vista de la cooperación internacional: el ciclo hidrológico y la interconexión de todas las aguas, y la existencia de cuencas y acuíferos compartidos entre países. Cuando no se tienen en cuenta ambas realidades, surgen problemas en la gestión del agua. Así, en la cooperación internacional se recomiendan los siguientes principios: comunidad de intereses, soberanía territorial restrictiva y participación conjunta de Estados y ciudadanía, sobre unas bases de transparencia y voluntad política.

5. Para una adecuada planificación y gestión de las aguas subterráneas, resulta indispensable tener un buen conocimiento sobre la delimitación y el funcionamiento de los acuíferos, para lo cual es esencial disponer de redes adecuadas de seguimiento y control, tanto de la cantidad como de la calidad de los recursos hídricos subterráneos.

6. Valorar, a la hora de determinar la fuente de agua más adecuada para abastecimiento a una población, las características específicas de las aguas subterráneas como son: su buena calidad general; su temperatura constante; su facilidad de extracción; su ubicación geográfica próxima al centro de consumo; su fácil adaptación a la demanda hídrica, que puede satisfacer, de modo rápido y eficaz, excesos puntuales de su demanda; su protección natural ante la agresión de diferentes agentes, etc.

7. Al extraer agua de un acuífero para uso humano, es esencial conocer la cantidad y calidad del agua, así como su funcionamiento hidrogeológico. Los límites de un acuífero siempre se deben definir con base a criterios hidrogeológicos. Toda extracción de agua subterránea disminuirá el aporte de agua a lagos, ríos y humedales, aunque con un cierto retardo teniendo en cuenta las características hidrodinámicas del acuífero. Asimismo, los cambios en la cantidad de agua pueden afectar a su calidad. Por ello, es importante conocer el funcionamiento de los acuíferos para estimar los efectos diferidos de la extracción, y así poder prever las relaciones causa-efecto.

8. Siempre que sea posible se aconseja la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas. La capacidad de almacenamiento de un acuífero es esencial para hacer frente a cualquier contingencia que se presente.



9. Se entiende por “contaminación” del agua únicamente aquella que es consecuencia de la actividad humana. La protección de acuíferos es importante no solo para asegurar el suministro actual y de las generaciones futuras, sino porque afecta al resto del ciclo hidrológico. Las medidas de protección de los acuíferos incluye: elaborar e implementar normas y restricciones para la extracción de las aguas subterráneas; educar a las comunidades de usuarios a través de campañas de sensibilización; proteger las zonas de recarga de aguas subterráneas; y favorecer la recarga artificial de acuíferos.

10. Para que los proyectos de cooperación funcionen es necesario que haya decisión política. De ahí la importancia de que los políticos estén asesorados por buenos técnicos y expertos en aguas subterráneas.

11. Todo proyecto de agua exitoso debería ir acompañado de un plan de reforestación, además de contemplar una intervención integral en materia de agua, saneamiento e higiene. Asimismo, una partida del presupuesto debería reservarse para el seguimiento, protección y mantenimiento de dicho proyecto.

12. Importancia de dedicar tiempo y esfuerzo a concienciar a la población de la conveniencia y utilidad de un determinado proyecto de cooperación. De este modo se facilita la incorporación de hábitos de higiene saludables que, en muchos casos, son desconocidos entre las comunidades indígenas y que, además, incorporan una gestión que permite combatir las enfermedades de origen hídrico al utilizar agua de buena calidad. Lavarse las manos con agua y jabón es más eficaz que cualquier vacuna para prevenir las enfermedades.

13. Tener en cuenta la diferencia entre hábito y costumbre. Los primeros, con una adecuada campaña social de concienciación, se pueden adquirir o desarraigar en un tiempo razonablemente breve; las costumbres, sin embargo, son mucho más difíciles de incorporar o erradicar ya que hay generaciones por medio y necesitan largo tiempo para su consolidación.

14. Al realizar proyectos de cooperación es fundamental involucrar al personal de la zona beneficiada, para que sean ellos los principales responsables de la gestión y buena marcha del mismo. De ahí la conveniencia de aplicar el principio de subsidiaridad, y de promover el fortalecimiento institucional de aquellas organizaciones, comunitarias y/o locales y estatales, que tienen responsabilidad en la gestión del suministro de agua.

15. Es muy importante que en todos los niveles de organización de la gestión del agua, estén presentes en equidad las mujeres, al ser las principales gestoras del agua en las unidades familiares.

16. En la gestión del agua, es necesario no perder de vista su tratamiento integral, es decir, el cuidado de todo el proceso que comienza con la captación del agua y termina con su adecuada evacuación. Así, adquiere también relevancia el transporte, almacenamiento, desinfección y distribución.

17. El derecho humano al agua y al saneamiento, recogido en todos sus detalles en el Objetivo de Desarrollo Sostenible nº 6 (ODS, 6), es un derecho fundamental que todos los proyectos de agua y saneamiento deben cumplir para que sean sostenibles y aceptados por los beneficiarios. Además, hay que tener en cuenta que, de un modo u otro, los otros 16 ODS tienen que ver con el agua para su cumplimiento.

18. En los proyectos de agua y saneamiento, la prioridad la tienen las personas, cada persona, siendo especialmente importantes las mujeres, niños y todos aquellos que presentan algún grado de vulnerabilidad (discapacitados físicos, personas mayores, viudas, etc.).

19. Las ONGs y Agencias de Cooperación al Desarrollo deben profesionalizarse y conocer bien sus limitaciones antes de hacer una intervención en materia de agua. De ahí la necesidad de que los gestores y responsables del suministro del agua estén capacitados y sean competentes en su profesión. Para ello se precisan cursos de formación y especialización que se engloben en el fortalecimiento institucional.

20. La hidrogeología y la cooperación son caminos únicos, no paralelos, y para ello sería muy conveniente desarrollar manuales y actividades formativas que integren la especialización que tiene el conocimiento hidrogeológico para ser aplicado, de la forma más razonable y exitosa, en los proyectos de cooperación para el suministro y saneamiento del agua. Hidrogeología y cooperación son por tanto, dos caminos separados que se han de unir.