

## Capítulo primero

# Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y distribución

Félix Blanco y de la Torre

### Resumen

Tanto la escasez como la abundancia de recursos naturales son fuentes potenciales de conflicto y/o cooperación. En el caso del agua, su valor es doble, no solo le es necesaria al ser humano para subsistir, como fuente de vida, sino que cada vez es más importante en el desarrollo de sus diferentes actividades económicas relacionadas con agricultura, ganadería, industria, energía, etcétera.

Está creciendo la necesidad de agua en el mundo, ya que el crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y el aumento de la producción y del consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor<sup>1</sup>. No obstante, hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, pero no si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte el agua.

La crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza mucho más que de recursos disponibles, pues el mundo no se está «quedando sin agua», pero no siempre está disponible donde y cuando se necesita. Además, el clima, las

---

<sup>1</sup> Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015, apartado de hechos y datos.

variaciones estacionales naturales, las sequías y las inundaciones pueden llevar a situaciones locales extremas.

**Palabras clave**

Agua, agua dulce, recursos hídricos, estrés hídrico, huella hídrica, ciclo del agua, lagos, ríos, glaciares, cuenca, precipitación, consumo humano, industria, agricultura, ganadería.

**Abstract**

Scarcity and/or abundance of resources can lead to conflict or cooperation. In the case of water its value is twofold, because is not only a source of life for humans but also a vital asset for agriculture, livestock and industry. Nowadays, Water demand is increasing due to demographic growth and increased production and consumption. Nevertheless, the demand could be met changing the way water is managed and shared. Global water crisis is more a deficient management by governments than a resource shortage. There is enough water in the world but it is not always available when and where is needed. In addition, climate, seasonal variations and natural disasters can generate critical conditions locally.

**Keywords**

*Water, water scarcity, water footprint, rivers, lakes, fresh water, river basin, industry, agriculture, livestock, human consumption.*

## Introducción

«El agua se ha convertido en un recurso muypreciado. Hay lugares en los que un barril de agua cuesta más que un barril de petróleo».

Lloyd Axworthy

Tanto la escasez como la abundancia de recursos naturales son fuentes potenciales de conflicto y/o cooperación. En el caso del agua, su valor es doble, no solo le es necesaria al ser humano para subsistir, como fuente de vida, sino que cada vez es más importante en el desarrollo de sus diferentes actividades económicas relacionadas con agricultura, ganadería, industria, energía, etcétera.

Está creciendo la necesidad de agua en el mundo, ya que el crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y el aumento de la producción y del consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor<sup>2</sup>. No obstante, hay agua suficiente como para satisfacer las necesidades crecientes del mundo, pero no si no cambiamos radicalmente el modo en que se usa, se maneja y se comparte el agua.

La crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza mucho más que de recursos disponibles, pues el mundo no se está «quedando sin agua», pero no siempre está disponible donde y cuando se necesita. Además, el clima, las variaciones estacionales naturales, las sequías y las inundaciones pueden llevar a situaciones locales extremas<sup>3</sup>.

El presente artículo pretende proporcionar una estimación objetiva sobre los recursos hídricos disponibles en la actualidad, así como su contrapartida de consumo y necesidades. Partiendo de la evaluación de disponibilidad y necesidad se hará una proyección de futuro que permita analizar si el incremento de recursos hídricos disponibles, tanto por una mejor distribución como por la utilización de nuevas tecnologías será capaz de satisfacer la creciente demanda.

## Disponibilidad

### *Cantidad de agua en el mundo-recursos hídricos*

«Toda el agua que habrá jamás, la tenemos ahora mismo».

National Geographic

El volumen total de agua en la Tierra, en estado líquido, sólido y gaseoso, ha permanecido constante desde la formación del planeta. Dos tercios de

---

<sup>2</sup> Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015, apartado de hechos y datos.

<sup>3</sup> Folleto World Business Council for a Sustainable Development (WBCSD), «Water: Facts and trends», segunda revisión 2005.

la superficie terrestre están cubiertos de agua, según las estimaciones del *United States Geological Survey (USGS)*, el volumen total de agua en la Tierra es de aproximadamente 1.386 millones de kilómetros cúbicos (km<sup>3</sup>). Pero se estima que el agua dulce disponible anualmente para consumo humano varía entre 12.500 y 14.000 kilómetros cúbicos<sup>4,5</sup>.

Se calcula que entre el 97 y el 97,5 % del agua de la Tierra es agua salada, que está en los océanos, y menos del 3 % del agua en el mundo es agua dulce (35 millones de km<sup>3</sup>). De este 3 %, dos tercios se encuentran congelados y bloqueados en los glaciares o como nieve permanente en las regiones montañosas y en las regiones antártica y ártica. Por lo tanto, la humanidad depende de menos del 0,5 % del agua para todas sus necesidades y las de los ecosistemas de agua dulce<sup>6</sup>.

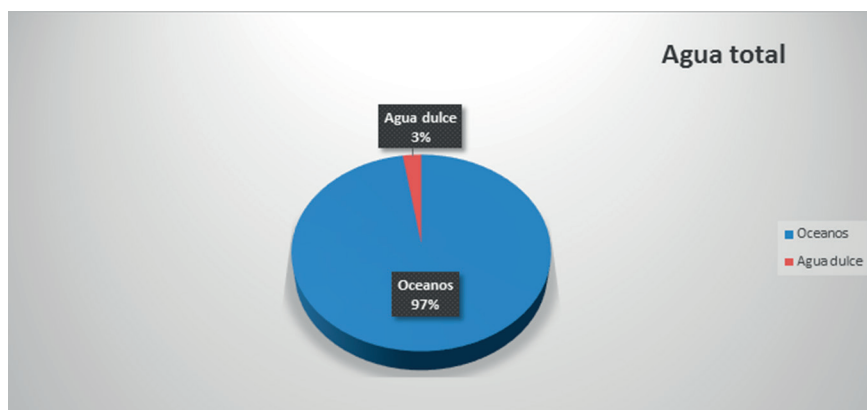


Figura 1.\*

La disponibilidad para el ser humano de las fuentes de agua dulce depende de cómo se distribuye en los diferentes compartimentos del planeta, se ha llegado a estimar que el suministro total de agua dulce disponible para los ecosistemas y humanos es de 200.000 km<sup>3</sup> de agua, solo el 0,01 % del agua total en el planeta<sup>7</sup>. El 68,7 % de toda el agua dulce del mundo se encuentra en los glaciares, el 30,1 % son aguas subterráneas (repartidas entre aguas subterráneas renovables y aguas subterráneas fósiles), el 0,4 % es agua superficial y atmosférica (ríos, lagos, ambiente...) y el 0,8 % compone el perma-

<sup>4</sup> D. Hinrichsen, *et al.*, «Solutions for a Water-Short World». Chapter 3: *The Coming Era of Water Stress and Scarcity*. Population Reports, Series M, n.º. 14. Baltimore, Johns Hopkins School of Public Health, Population Information Program, 1998.

<sup>5</sup> R. B. Jackson, *et al.*, «Water in a Changing World», 2001. *Ecological Applications* Vol. 11, n.º.4, August 2001. Viewed at [www.esa.sdsc.edu/issues9.htm](http://www.esa.sdsc.edu/issues9.htm)

<sup>6</sup> «Water for People, Water for Life», Naciones Unidas World Water Development Report (WWDR), Part II: A look at the world's freshwater resources. World Water Assessment Program (WWAP), UNESCO, 2003, [www.unesco.org](http://www.unesco.org).

<sup>7</sup> Shiklomanov, I. A. (1999). *World Water Resources and their Use*. París, UNESCO.

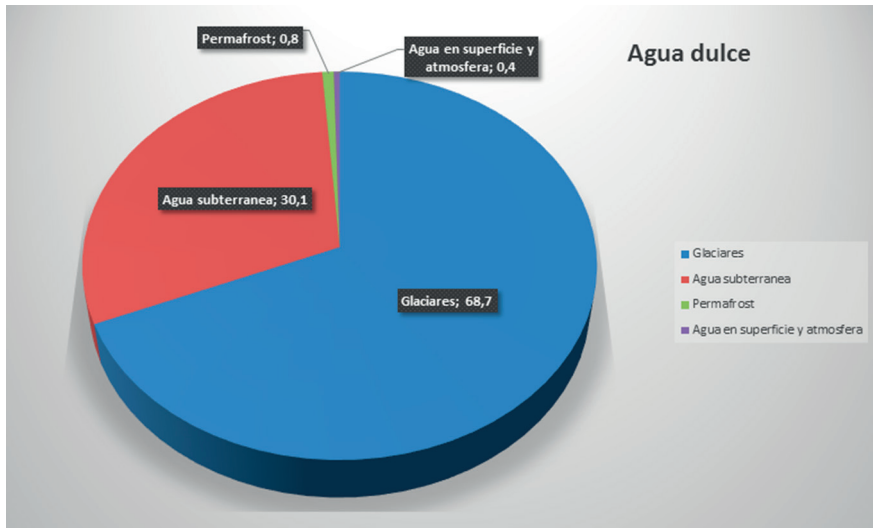


Figura 2. \*\*

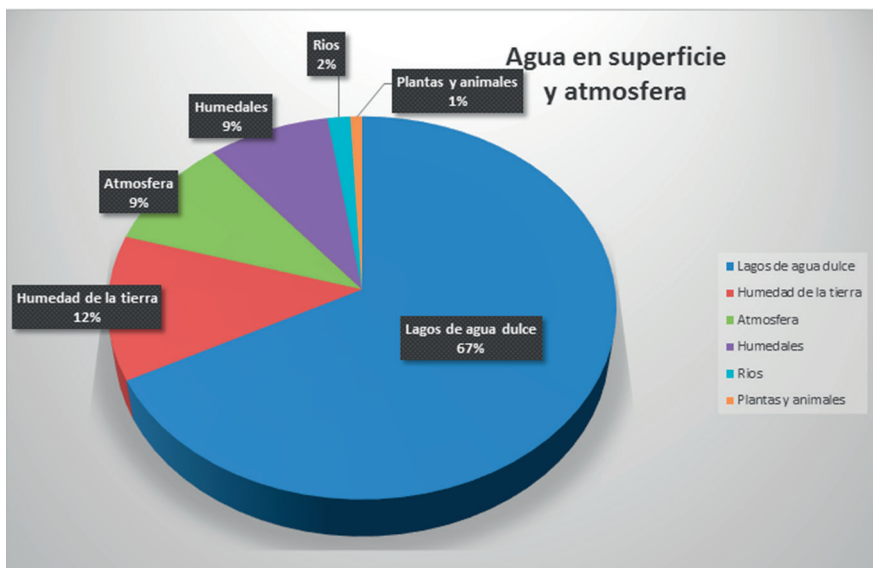


Figura 3. \*\*\* (\*, \*\*, \*\*\*) Imágenes de la distribución del agua mundial. Elaboración propia con datos de USGS.

frost (una gruesa capa de suelo que permanece congelada durante todo el año, principalmente en las regiones periglaciares) (figura 1).

La distribución de los recursos hídricos en el planeta es irregular, tanto en el tiempo como en el espacio, y el agua no permanece estacionaria sobre la Tierra, sino que se establece una circulación continua del agua entre los océanos, la atmósfera y la litosfera-biosfera, es lo que se conoce como «ci-

clo hidrológico». El ciclo hidrológico se podría definir como la «sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento desde la atmósfera a la tierra y en su retorno a la misma: evaporación del agua del suelo, del mar y de las aguas continentales; condensación en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación»<sup>8</sup>. Cerca de 577.000 km<sup>3</sup> de agua circulan cada año de manera natural<sup>9</sup>, sin otro coste que la energía del Sol (figura 2).

Estos flujos renovables terrestres del ciclo del agua, conocidos como recursos hídricos renovables (RHR) son la principal fuente de agua dulce para el ser humano, no obstante, no están totalmente disponibles y explotables, y el concepto de recursos hídricos disponibles o explotables es variable porque:

- La posibilidad de movilizar los recursos hídricos es diferente entre los países, y la accesibilidad y la distribución de los recursos de agua dulce en el planeta es muy irregular.
- Los criterios socioeconómicos para la explotación varían según el uso y dependen de las condiciones físicas del acceso.
- Parte de los flujos naturales deben reservarse para las necesidades medioambientales de la biosfera y para los usos dentro del río.
- Los flujos de agua sufren variaciones estacionales y anuales, esto dificulta poder contenerlos adecuadamente y utilizarlos.
- Los flujos excesivos pueden causar inundaciones que la Administración no puede controlar.
- Los contaminantes comprometen la calidad de las fuentes y limitan su uso.

### *Ciclo hídrico: distribución irregular del agua en el tiempo y el espacio*

El concepto del ciclo hídrico se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía solar y la gravedad. La atmósfera terrestre se calienta debido a la radiación solar, los rayos atraviesan la atmósfera y calientan la superficie del planeta, esta energía calienta las capas más bajas del aire de la atmósfera, provocando que este aire ascienda. Este proceso continuo es, básicamente, el responsable de la formación de las nubes (la evaporación desde los océanos es el principal proceso por el cual el agua ingresa a la atmósfera).

<sup>8</sup> Glosario Internacional de Hidrología UNESCO-WMO, tercera edición 2012.

<sup>9</sup> P. H. Gleick, «Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources», 1993. Oxford University Press, New York.

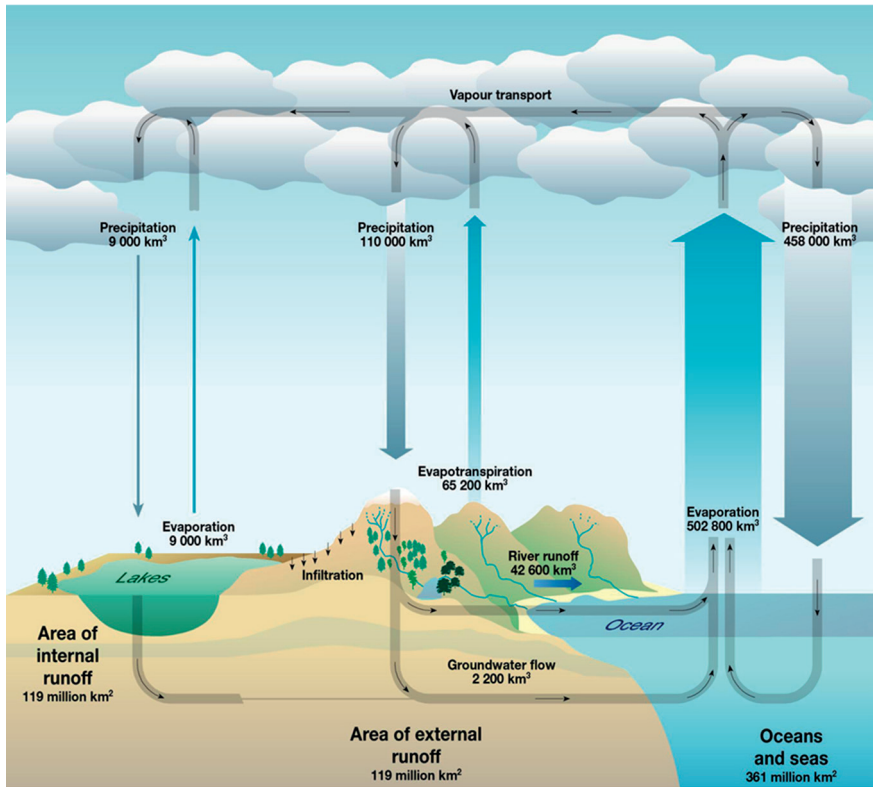


Figura 4. Ciclo del agua y volúmenes de agua transportados en cada etapa. Elaboración: P. Rekaewicz (febrero 2008). Fuente: I. A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) y UNESCO (París), 1999; M. Planck, Instituto de Meteorología, Hamburgo, 1994; Freeze, Allen, John, Cherry, Groundwater, Prentice-Hall: Engle Wood Cliffs NJ, 1979. Recopilación: Vital Water Graphics, «An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, 2nd Edition» - 2008 unep.org.

A continuación, la misma cantidad de agua que se evapora vuelve a la superficie como precipitaciones, pero esto varía mucho geográficamente: sobre los océanos, la evaporación es más común que la precipitación; mientras que sobre la tierra la precipitación supera a la evaporación. De los 502.800 km<sup>3</sup> de agua que se evaporan de los océanos se estima que la mayor parte del agua (aproximadamente el 90 %) cae de vuelta sobre los mismos como precipitación, y solo un 10 % (44.800 km<sup>3</sup>) del agua evaporada desde los océanos es transportada hacia tierra firme y cae como precipitaciones. Con una evapotranspiración y una evaporación conjuntas de 74.200 km<sup>3</sup> el volumen total de agua del ciclo hidrológico terrestre es de aproximadamente 119.000 km<sup>3</sup>. Sobre el 35 % (44.800 km<sup>3</sup>) regresa a los océanos como corrientes de ríos, flujos subterráneos y glaciares. Una parte considerable de los flujos de los ríos y las aguas subterráneas no alcanza los océanos pues

se evapora por el camino o se recoge en corrientes que no tienen salida a los océanos<sup>10</sup>.

Además de que el volumen total de precipitaciones que reciben los continentes y las regiones de los mismos entre ellas son muy diferentes, el camino que sigue el agua después de caer en la superficie emergida también es distinto en cada parte del mundo. A nivel regional, en América y Asia aproximadamente el 55 % del agua que cae sobre la superficie se evapora y un 45 % se incorpora en las corrientes superficiales y subterráneas. En Europa y Oceanía el porcentaje que se evapora asciende al 65 % y en África el 80 % se evapora y apenas un 20 % se infiltra en los suelos y contribuye a las corrientes de escorrentía<sup>11</sup>. El volumen de recursos hídricos renovables disponibles disminuye a medida que aumenta la evaporación, pues implica que disminuyen las escorrentías, las infiltraciones y el rellenado de las aguas subterráneas, así como el agua retenida en el suelo aprovechable para cultivar.

Todo esto lleva a que sean menos de diez países los que poseen el 60 % del suministro total de agua dulce disponible<sup>12</sup>: Brasil, Rusia, China, Canadá, Indonesia, Estados Unidos, India, Colombia y la República Democrática del Congo, e inclusive dentro de esos países la disponibilidad varía mucho. Un claro ejemplo de distribución espacial irregular de las precipitaciones es África, excepto la cuenca del río Congo/Zaire, las irregularidades que sufre el continente hacen que sea el más seco (descontando Australia) y el que sufre del régimen de precipitaciones más inestable. Los RHR de todo África suponen un volumen aproximado de 3.930 km<sup>3</sup> de agua dulce, este dato corresponde con menos del 9 % de los RHR globales<sup>13</sup>. Todo esto coloca a África en una posición muy vulnerable, en la mayoría de los países africanos las sequías son frecuentes y cada año hay una mayor población susceptible de padecer los efectos de las inevitables sequías, que pueden llegar a ser muy intensas. Esta distribución de los RH no coincide con las masas de población.

### *Fuentes de extracción*

La geografía de las áreas en que desarrolla su actividad el ser humano, así como las condiciones socioeconómicas de las poblaciones, determina que la extracción de los recursos hídricos se realice de una u otra fuente. Las prin-

<sup>10</sup> P. Rekaewicz (febrero de 2008). Fuente: I. A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg), y UNESCO (París), 1999; M. Planck, Instituto de Meteorología, Hamburgo, 1994; Freeze, Allen, John, Cherry, *Groundwater*, Prentice-Hall: Engle Wood Cliffs NJ, 1979. Recopilación Vital Water Graphics «An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, 2nd Edition» - 2008 unep.org.

<sup>11</sup> FAO Aquastat, P. H. Gleick, *Water in crisis*, New York University Press, 1993.

<sup>12</sup> World Business Council for Sustainable Development, «Water, Energy and Climate Change», 2009.

<sup>13</sup> «Irrigation in Africa in figures», AQUASTAT, 2005.



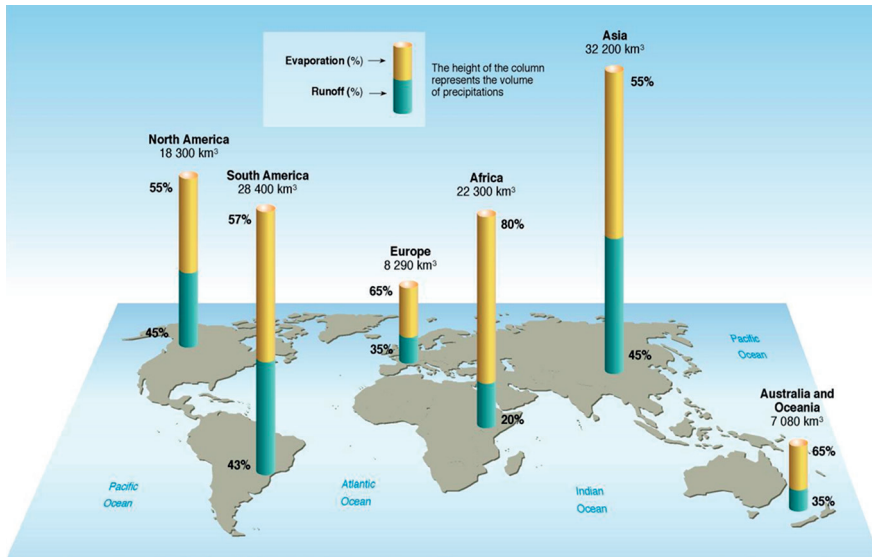


Figura 5. Cantidad de agua precipitada que se evapora o contribuye a las escorrentías a nivel continental. Elaboración P. Rekacewicz (febrero de 2008). Fuente: FAO AQUASTAT, P. H. Gleick, «Water in crisis», New York University Press, 1993.

principales fuentes de las que se extrae agua actualmente son las aguas superficiales y las subterráneas. Las aguas subterráneas son las fuentes de agua dulce más abundantes, seguidas de los ríos, las reservas y los humedales.

### Aguas superficiales: ríos y lagos

Las aguas superficiales (segunda fuente en orden de importancia para la extracción de agua dulce), al igual que el resto de los recursos hídricos, están distribuidas irregularmente según la distribución de las precipitaciones, por lo que los ríos de las regiones tropicales son los que generalmente presentan un mayor volumen de flujo. Además, la mayoría de los lagos de agua dulce se encuentran en altitudes altas (casi el 50 % de los lagos del mundo están en Canadá). Del 0,5 % de agua dulce disponible 119.000 km<sup>3</sup> están en lagos naturales y el volumen total de agua en los ríos del mundo se estima en 2.115 kilómetros cúbicos<sup>14</sup>.

El agua contenida en los lagos es una reserva natural que supone el 67 % del agua dulce superficial (figura 1), pero no todos los lagos permanecen dulces, muchos lagos, en especial aquellos en zonas áridas, debido a la evaporación van perdiendo agua poco a poco y algunos pueden volverse salados al concentrarse las sales que entran, por ejemplo el mar Caspio, el mar Muerto y

<sup>14</sup> B. Groombridge y M. Jenkins, «Freshwater Biodiversity: A Preliminary Global Assessment», 1998. World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) - World Conservation Press, Cambridge, UK.

el *Great Salt Lake* están entre los mayores lagos salados del mundo, algo a tener en cuenta a la hora de pensar en la disponibilidad futura.

### Ríos

Siguiendo el patrón de las precipitaciones, las escorrentías también se distribuyen irregularmente y los ríos que originan conforman un mosaico hidrológico. Se estima que hay doscientas sesenta y tres cuencas de ríos internacionales que cubren el 45,3 % (231.059.898 km<sup>2</sup>) de la superficie de la tierra, excluyendo la Antártica.

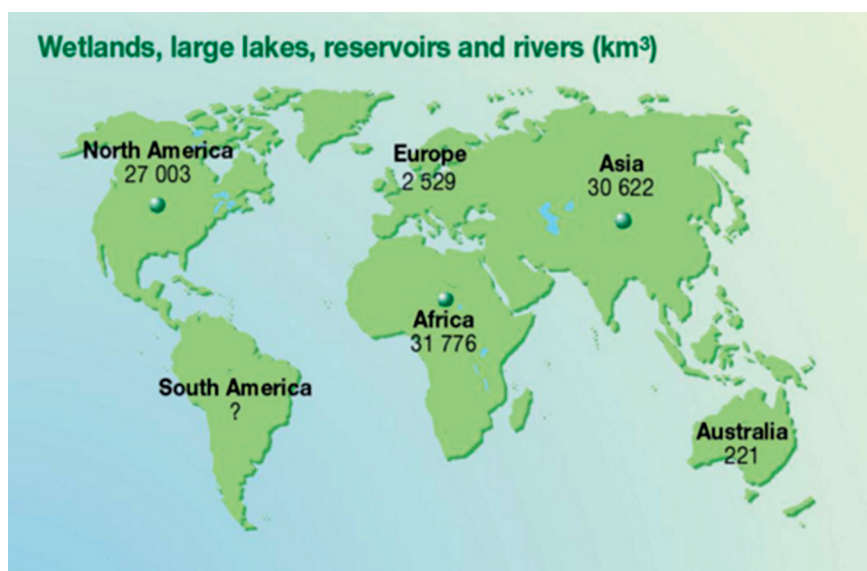


Figura 6. Volumen de aguas subterráneas en los diferentes continentes.  
Fuente: AQUASTAT

El Amazonas transporta el 15 % del total de agua que vuelve a los océanos, mientras que las cuencas del Congo-Zaire llevan el 33 % del total de los flujos en África. Las regiones áridas y semiáridas, que suponen el 40 % del total de la superficie terrestre, solo tienen el 2 % de los flujos superficiales<sup>15</sup>. Esta distribución irregular de los recursos hídricos genera graves problemas de acceso y disponibilidad.

### Embalses

Los depósitos de agua, naturales y artificiales, son muy importantes para amortiguar el efecto de las desigualdades en la disponibilidad de los recursos hídricos a consecuencia de las variaciones estacionales en las precipitaciones. El ser humano es consciente de esta ventaja y hay más de 5.000 km<sup>3</sup>

<sup>15</sup> P. H. Gleick, «Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources», 1993. Oxford University Press, Nueva York.

de agua dulce almacenados en instalaciones de reserva construidos por el hombre, se ha incrementado siete veces la capacidad global desde 1950<sup>16</sup>.

A pesar de la gran utilidad de estas presas y embalses para almacenar el agua, su construcción está limitada por la distribución de las escorrentías (las presas se ubican en las cuencas fluviales), la eficiencia de la gestión gubernamental en materia de agua, la capacidad económica y los intereses económicos.

Por ejemplo, la capacidad de los embalses en África es de 798 km<sup>3</sup>, repartida en cincuenta y tres presas construidas en veintidós cuencas fluviales. Treinta y una de las mismas están en las nueve cuencas mayores, con una capacidad de 643 km<sup>3</sup>. La región del sur por sí sola contiene el 39 % de la capacidad, el golfo de Guinea el 29 % y la región del norte el 24 %. La mayor proporción está en el sur, porque están gestionadas por Sudáfrica y se han construido influenciadas por los intereses económicos de grandes compañías industriales, que las necesitan para su correcto funcionamiento<sup>17</sup>.

La situación de los embalses en América Latina y en el Caribe también sigue el mismo patrón, la capacidad total de los embalses de la región es de 1.166 km<sup>3</sup> y el 94 % de estos se ubican en América del Sur. En esta región se han construido veintisiete presas de gran capacidad (más de 10 km<sup>3</sup>) que almacenan 789 km<sup>3</sup> de agua dulce (el 62 % está en Brasil), con la principal finalidad de obtener energía hidráulica. Centroamérica<sup>18</sup> tiene seis presas de más de 2 km<sup>3</sup> de capacidad, pero cuatro de ellas están en Nicaragua. Y la subregión más vulnerable es el Caribe, donde hay doce embalses con más de 0,2 km<sup>3</sup> de capacidad y que en contraste con el volumen que contienen los embalses del sur apenas permiten almacenar 4,4 km<sup>3</sup> de agua dulce<sup>19</sup>.

### Depósitos subterráneos

Las aguas subterráneas representan el 90 % de las reservas de agua dulce fácilmente disponible<sup>20</sup>, se estima que 10.000.000 km<sup>3</sup> de agua dulce se almacenan en los acuíferos subterráneos<sup>21</sup> (en la figura 4 se pueden ver los volúmenes totales de agua subterránea que tiene cada continente). Alrededor de 1.500 millones de personas dependen de las aguas subterráneas como fuente de suministro de agua potable (WRI, UNEP, UNDP, World Bank, 1998). Desde 1950 ha habido un rápido aumento en la explotación de estos

<sup>16</sup> Folleto *World Business Council for a Sustainable Development (WBCSD)*. «Water: Facts and trends», segunda revisión 2005.

<sup>17</sup> FAO Water Report 7, «Irrigation in Africa in figures», 1995.

<sup>18</sup> Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá.

<sup>19</sup> FAO Water Report 20, «Irrigation in Latin America and the Caribbean in Figures», 2000.

<sup>20</sup> J. A. Boswinkel, «Information Note, 2000». *International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC)*, Netherlands Institute of Applied Geoscience, Netherlands.

<sup>21</sup> «Groundwater - the processes and global significance of aquifer degradation», Foster and Chilton, Royal Society of London, 2003.

recursos y actualmente proveen el 50 % de toda el agua que se bebe, el 40 % del agua usada a nivel industrial y el 20 % del agua usada para regadío<sup>22</sup>.

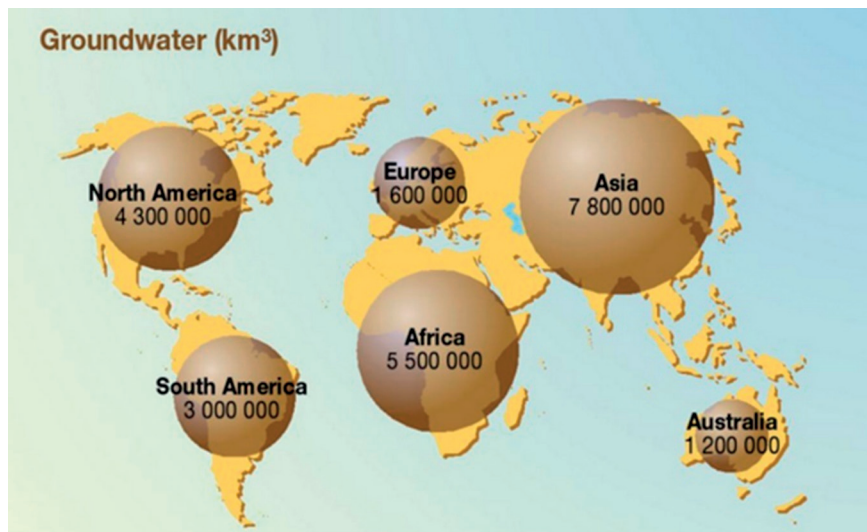


Figura 7. Volumen de aguas subterráneas en los diferentes continentes.  
Fuente: AQUASTAT

Las fuentes cuya agua se renueva con baja frecuencia estarán más amenazadas por las extracciones humanas y se comprometerá su sostenibilidad y disponibilidad futura. Por ello, a la hora de analizar la disponibilidad del agua también se debe tener en cuenta el tiempo que permanecen los recursos hídricos en los diferentes compartimentos del ciclo hídrico (figura 5), así como la proporción de agua de las precipitaciones que se evaporen (figura 3), ya que ambos están relacionados directamente con la capacidad de regeneración de las fuentes de agua dulce. Actualmente solo el 80 % de la población mundial es suministrada por una fuente renovable y accesible y un quinto de la población mundial depende de aguas fósiles, de aguas transfronterizas o de aguas desalinizadas<sup>23</sup>. Las fuentes que usa el ser humano son muy variables y algunos de estos compartimentos presentan significativas dificultades para volver a rellenarse, como es el caso de las aguas subterráneas, en concreto las aguas subterráneas fósiles (acuíferos con renovación inferior al 1 % anual).

La distribución y disponibilidad de los recursos hídricos varía en el tiempo debido a la influencia de la energía solar y de la gravedad sobre el agua, el ciclo continuo del agua se ve afectado por la posición de la Tierra respecto al Sol, hay que tener en cuenta la desigualdad en el calentamiento de la

<sup>22</sup> «Groundwater - the processes and global significance of aquifer degradation», Foster and Chilton, Royal Society of London, 2003.

<sup>23</sup> UNESCO, Informe sobre el Desarrollo del Agua 2009, «El agua en un mundo en cambio».

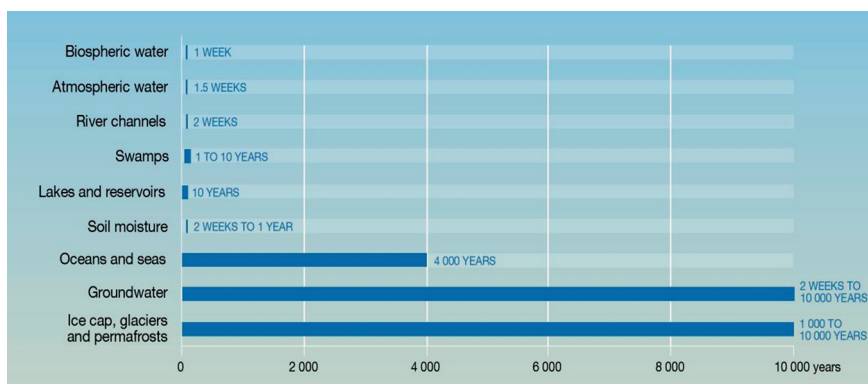


Figura 8. Tiempo que permanecen los recursos hídricos en los diferentes compartimentos del ciclo del agua. Elaboración P. Rekecewicz (febrero de 2008). Fuente: I. A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg). y UNESCO (París), 1999; M. Planck, Instituto de Meteorología, Hamburgo, 1994; Freeze, Allen, John, Cherry, *Groundwater*, Prentice-Hall: Engle Wood Cliffs NJ, 1979. Recopilación Vital Water Graphics «An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, 2nd Edition» - 2008, unep.org

superficie de la Tierra debido principalmente a la elevación del Sol en las diferentes latitudes y estaciones. En latitudes altas los rayos del Sol alcanzan oblicuamente la superficie, atraviesan más atmósfera, se debilitan y deben distribuir su energía en un área más grande, por otro lado, en las regiones ecuatoriales, debido a que los rayos del sol inciden casi perpendicularmente, la energía que reciben es muy superior a la que se recibe en otras zonas. Por todo esto, la intensidad y la frecuencia de los diferentes procesos a que se somete el agua varía enormemente a lo largo del año e incluso entre años, alternándose estaciones secas y de precipitaciones, así como entre las diferentes regiones<sup>24</sup>. Las escorrentías de los ríos son cíclicas en la naturaleza y se alternan ciclos de años húmedos y ciclos secos. Por ejemplo, 1940-1944, 1965-1968 y 1977-1979 fueron periodos con flujos de escorrentías por debajo de la media interanual a nivel mundial. Para estos periodos se estima que las escorrentías estuvieron unos 1.600-2.900 km<sup>3</sup> por debajo de la media. Por el contrario, los periodos entre 1926-1927, 1949-1952 y 1973-1975 tuvieron escorrentías muchos mayores<sup>25</sup>. En las últimas dos décadas se ha observado una disminución de las escorrentías en África y un aumento en América del Sur.

### *Actividad humana sobre el ciclo del agua y los recursos hídricos*

Además de los factores naturales que intervienen sobre el ciclo global del agua, la actividad humana influye significativamente, tanto cuantitativa como

<sup>24</sup> J. A. Mazón. *Meteorología*, 2.ª ed. Paraninfo 2010.

<sup>25</sup> Shiklomanov, I. A. (1999). *World Water Resources and their Use*. París, UNESCO.

cualitativamente. El ser humano influye directamente en la cantidad, calidad y distribución de los recursos hídricos. La sostenibilidad y disponibilidad de los recursos hídricos está amenazada por el impacto de las actividades humanas en el ciclo natural del agua, por las extracciones que superan las recargas, por la destrucción de superficies terrestres evaporíticas, por la anulación y desviación de los cauces y de las reservas naturales, por las alteraciones en el efecto invernadero natural y por los contaminantes químicos, físicos y biológicos de las aguas residuales.

Los ciclos de agua locales se ven afectados por la urbanización y la planificación de las ciudades, cuando la tierra es pavimentada el agua no puede ser recogida por el suelo y se deriva el flujo natural del agua. El gran volumen de agua de las tormentas y las lluvias escurre por las superficies y debe ser recogida en tuberías y drenada en las corrientes o mares más próximos. El resultado es que las corrientes llevan menos agua cuando no llueve y se pueden desbordar y provocar inundaciones en épocas de lluvias.

### *Calidad del agua*

No solo es necesaria una fuente de agua dulce, sino una fuente de agua dulce segura. Por lo tanto, la disponibilidad del agua no depende solo de la cantidad sino también de la calidad. Un agua potable se define según la Guía de la OMS y afines como aquella que puede ser consumida toda la vida sin generar efectos negativos para la supervivencia.

Los ecosistemas tienen una capacidad detoxificante, es decir, son capaces de neutralizar los agentes tóxicos que se les presentan en cierto grado. Cuantos más humanos usan agua, mayor es también su influencia en la calidad del agua, y durante los últimos cien años ha tenido lugar un gran desarrollo industrial que junto con el alcance humano a nivel mundial y a que dos terceras partes del planeta están cubiertas de agua, ha llevado a que se contaminen las aguas con diversos elementos sólidos y en suspensión, físicos, químicos y microbiológicos. Unos dos millones de toneladas de aguas residuales y de desechos industriales y agrícolas se eliminan en aguas receptoras cada día<sup>26</sup>. Las sustancias solubles pasan a formar parte del ciclo del agua<sup>27</sup> y, consecuentemente, los recursos hídricos se ven reducidos por los contaminantes. Además, el ciclo del agua puede distribuir los contaminantes que interactúan con los sedimentos que llevan los ríos y según la actividad y usos que soporten las tierras los sedimentos pueden transportar muchos tipos de contaminantes desde el punto de origen a zonas alejadas de la cuenca en que se originaron.

<sup>26</sup> UNEP y UN HÁBITAT 2010. Informe «Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development».

<sup>27</sup> UNESCO. Informe sobre el Desarrollo del Agua 2003, «Agua para todos, agua para la vida».

La concentración de contaminantes en las aguas de consumo varía según las descargas de las industrias, las masas de agua, las costumbres y la cultura de las comunidades, así que ciertos contaminantes que de manera habitual no presentan concentraciones peligrosas deben ser monitorizados más estrechamente en ciertas áreas donde su concentración puede ser mayor y suponer un riesgo para la salud pública. Las implicaciones para la salud pública dependerán de la naturaleza y la fiabilidad de las fuentes de agua potable, del uso del agua para fines recreativos, para irrigación y del grado de contaminación del agua usada en las piscifactorías.

Una vez se tiene acceso a una fuente de agua dulce y puesto que la mala calidad del agua repercute gravemente en la salud, el siguiente paso lógico es tratar el agua para eliminar los elementos tóxicos y patógenos y asegurar la seguridad de uso para las personas que la consumen. A su vez las aguas residuales deben ser tratadas para proteger los recursos hídricos, la salud humana y la de los ecosistemas. Sin embargo, estas masas de agua antropogénicas drenan directamente en aguas superficiales, subterráneas y mares o llegan a las plantas de tratamiento de aguas residuales, donde no se realizan tratamientos específicos para eliminar todos los contaminantes y terminan alcanzando las fuentes de partida del agua potable que se consume. En muchos países se ha aumentado el saneamiento construyendo redes de alcantarillado, pero sin prestarle la debida atención al tratamiento y eliminación de las aguas residuales. Incluso en los países con unas rentas medio-altas las aguas residuales de aproximadamente el 75 % de los hogares con conexión a la red de alcantarillado pueden no recibir el tratamiento adecuado<sup>28</sup>.

Los elementos contaminantes se incorporan al ciclo del agua desde:

- Las **aguas residuales domésticas**: son las aguas que provienen de las actividades domésticas de la vida diaria, como el lavado de ropa, la preparación de alimentos, la higiene personal, la limpieza... Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. También son fuente de cosméticos y medicamentos. Recogen las excretas de la población y por lo tanto presentan microorganismos que pueden suponer un riesgo para el ser humano y los ecosistemas.
- Las **aguas de lluvias** originadas por el escurrimiento superficial de las precipitaciones que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. La naturaleza de estas aguas varía según su procedencia: urbana, rural, semirrural y según el tipo de uso a que se

---

<sup>28</sup> Baum, *et al.*, 2013. «Sanitation: A Global Estimate of Sewerage Connections without Treatment and the Resulting Impact on MDG Progress». The Water Institute, Department of Environmental Sciences and Engineering, Gillings School of Global Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, 135 Dauer Drive, CB#7431, Chapel Hill, North Carolina 27599, United States.

destinen los suelos. Arrastran la basura y los elementos depositados en la superficie.

- Los **residuos líquidos industriales**: son los provenientes de las diferentes actividades industriales (efluentes de fábricas, minería, extracción de recursos...). La composición de estas aguas es la más variada, dependiendo de la actividad de la industria que las genere pueden ser coloreadas, tener un pH agresivo, presentar contaminantes físicos como temperatura, sólidos en suspensión... Las industrias deben ser responsables con el medioambiente y hacer seguras las aguas antes de descargarlas al medioambiente. Los Gobiernos deben supervisar estos procesos de limpieza del agua.
- Las **aguas residuales agrícolas y ganaderas**: son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas, la irrigación y las aguas sucias generadas por el ganado. La descarga de estas aguas es mayormente directa a los ríos o alcantarillados, sin tratamiento previo. Se caracterizan por la presencia de fitosanitarios, fertilizantes (sales y sólidos en suspensión), hormonas, antibióticos y microbiota incluida patógena del ganado.
- La **defecación al aire libre y la práctica de abonado con heces humanas**: muchas poblaciones aún carecen de instalaciones de saneamiento adecuadas y las fuentes que se encuentran en los entornos donde se practica la defecación al aire libre se contaminan con nutrientes y patógenos de las excretas humanas. Al igual ocurre cuando las mismas se utilizan para abonar los cultivos. En algunos países se hace uso también de las aguas residuales sin tratamiento alguno para riego, con efectos sobre la salud humana y degradación del suelo, además, la cuantificación del uso de aguas residuales y de drenaje en la agricultura es un aspecto complejo de medir y no existen cifras oficiales que den cuenta de ello.

Es necesario conocer la calidad del agua para poder llevar a cabo una gestión sostenible de los recursos hídricos y aunque los países han avanzado en aspectos normativos sobre la calidad del agua y se han establecido normas de calidad mínimas, el control de la contaminación por aguas residuales domésticas e industriales, relaves mineros y la contaminación difusa de la agricultura todavía sigue siendo un desafío a afrontar mundialmente.

Las consecuencias y el impacto de los contaminantes guardan relación con la naturaleza química, física o biológica de los mismos. Independientemente de la misma, todos ellos en mayor o menor medida ponen en peligro la biodiversidad.

#### Contaminantes químicos

En cuanto a los contaminantes químicos, actualmente se dispone de una información limitada con respecto a su presencia en las fuentes de agua y su impacto, tanto sobre el medio ambiente como sobre el ser humano,



y son necesarios estudios adicionales para conocer los efectos absolutos y la importancia real de muchos de los químicos que se pueden encontrar en las fuentes de agua potable (el avance en las áreas de química analítica y toxicología ha permitido confirmar la presencia de químicos de origen antropogénico en fuentes de agua potable en Estados Unidos, India, China, Europa...). Los efectos negativos sobre la salud que se conocen de estos contaminantes incluyen patologías cancerosas, alteraciones en la reproducción, el crecimiento y el desarrollo, deterioro orgánico (daño hepático, renal, etcétera), modificaciones en el comportamiento y además pueden ser factores de riesgo de enfermedades como la hipertensión o la obesidad.

A nivel medioambiental, los estudios actuales<sup>29</sup> han demostrado asociaciones entre los químicos y la infertilidad de ciertas especies acuáticas, se ha confirmado que la mayoría de los agentes componentes individuales que se encuentran en las aguas residuales, como el agua dulce sobre un ecosistema de agua salada, nutrientes inorgánicos, patógenos, disruptores endocrinos, sólidos en suspensión, sedimentos, y metales pesados pueden afectar severamente el crecimiento y/o reproducción de ciertas especies. Además, es importante tener en cuenta que los efectos de la exposición a ciertos contaminantes químicos pueden ser transgeneracionales, es decir, no es el individuo el que presenta la consecuencia del contaminante sino su descendencia, o incluso la siguiente generación.

### Contaminantes físicos

Respecto a los «contaminantes físicos», el principal contaminante físico al que se enfrentan los recursos hídricos es la temperatura. Muchas actividades industriales humanas aprovechan la capacidad calorífica del agua para enfriar sus procesos, estas aguas calientes se drenan al medioambiente y desequilibran la microbiota, dañando los ecosistemas desde el primer eslabón.

El otro contaminante físico más relevante son los sólidos en suspensión, que enturbian el agua e interfieren en los procesos energéticos de los organismos fotosintéticos. Además, pueden sedimentarse y permanecer por tiempo prolongado contaminando los fondos de los acuíferos y comprometiendo los *biofilms* fluviales.

### Contaminantes biológicos

La gravedad del impacto de los contaminantes biológicos sobre la salud humana es indiscutible, numerosos datos apoyan la importancia de los daños de las infecciones transmitidas por el agua, a nivel económico, y como causa de mortalidad y de daños limitantes crónicos sobre la salud.

---

<sup>29</sup> Evaluación de los ecosistemas del milenio. Ecosistemas y bienestar humano, síntesis sobre la salud. World Health Organization.

Uno de los problemas más graves que surgen cuando un gran número de personas se ven obligadas a convivir de manera masificada, como es el caso de los campamentos de refugiados, son los brotes de enfermedades transmitidas por el agua, por lo que cuando se planifican y realizan labores de apoyo en situaciones de emergencias y conflictos se debe priorizar el proveer de agua segura, saneamiento e higiene para evitar las enfermedades de transmisión por el agua.

La importancia del agua como factor de riesgo de enfermedades patógenas, radica por un lado en que actúa como canal directo de contacto humano y contaminación de los alimentos y por otro en que asimismo es vehículo de transmisión de bacterias zoonóticas (patógenos que infectan tanto a animales como a humanos, como por ejemplo la fiebre amarilla), se contamina e implica al medio ambiente, los rebaños y las manadas de animales quedan expuestos y se convierten en reservorios de patógenos con lo que se incrementan las posibilidades de contagio humanas. La principal fuente de contaminantes biológicos que corresponden a patógenos humanos son las deyecciones de la población, como consecuencia de la falta de sistemas de saneamiento adecuados, y el uso de heces humanas como fertilizante; bacterias, virus y parásitos se transmiten así entre los individuos de la comunidad. Mil millones de personas hacen sus necesidades al aire libre<sup>30</sup> y se estima que mil ochocientos millones de personas utilizan una fuente de agua potable contaminada con bacterias fecales<sup>31</sup>.

Junto con los patógenos humanos y zoonóticos, se pueden presentar en las aguas receptoras explosiones de microorganismos que se originan como contaminantes secundarios a las alteraciones químico-físicas del agua a causa del contacto con otros contaminantes, y estas explosiones terminan desequilibrando los ecosistemas y disminuyendo la biodiversidad.

Los conocimientos actuales sugieren que las enfermedades transmitidas por el agua, zoonóticas e infecciosas, van a continuar presentes y va a aumentar su importancia en la salud pública, de ahí que la exposición a las mismas y su incidencia vayan a incrementarse. Esto va a estar propiciado por los cambios en los patrones de consumo de agua, el crecimiento de la población y la composición de la misma, porcentaje de individuos inmunodeprimidos (VIH, otros), ancianos, niños y mujeres embarazadas; las migraciones y los viajes; los patrones de comercio internacional de animales, productos animales y otros alimentos; el cambio climático y las catástrofes medioambientales; la capacidad de adaptación de los patógenos<sup>32</sup>; con-

<sup>30</sup> WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2014). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2014 Update and MDG Assessment».

<sup>31</sup> Bain, *et al.*, 2014. «Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review», *Trop Med Int Health*. 2014 Aug; 19(8): 917-927. Published online 2014 May 8. doi: 10.1111/tmi.12334, PMID: PMC4255778.

<sup>32</sup> Resistencia a antibióticos, también favorecida por el uso incorrecto de los mismos.

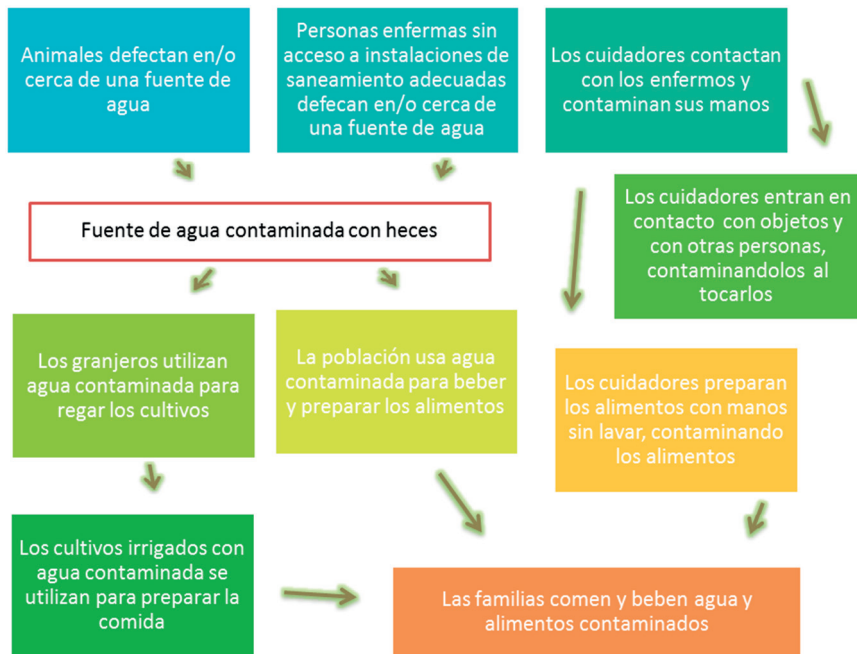


Figura 9. Mecanismo de distribución de patógenos de transmisión por el agua. Elaboración propia. Fuente: U.S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention CS229489-A, «Diarrhea: Common Illness, Global Killer».

flictos armados y desastres humanos; la colonización de nuevos hábitats y el aumento del entorno urbano (implicará un aumento de la población de especies animales salvajes urbanas posibles portadoras de patógenos como ratas, zorros, mofetas o zarigüeyas). Habrá una mayor densidad de mascotas domésticas (incluyendo mascotas exóticas) que entrarán en contacto con las salvajes; las nuevas necesidades de alimentos proteicos y de vegetales frescos para cubrir la carencia actual<sup>33</sup> llevarán al aumento de la cría y engorde de animales confinados. Están aumentando también los cultivos agrícolas y ganaderos urbanos, facilitando el contacto con los desechos fecales animales.

El impacto de estos factores variará significativamente a nivel mundial y habrá una gran diferencia según el nivel de desarrollo de los países. Las poblaciones más vulnerables serán las que carezcan de acceso a fuentes de agua potable seguras y a saneamiento, ya que el riesgo de la exposición y contagio será mayor.

<sup>33</sup> En las regiones en desarrollo en su conjunto la proporción de personas subalimentadas en la población total ha disminuido del 23,3 % en 1990-1992 al 12,9 %. FAO, Informe «El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015».

**Estado de los recursos hídricos: estrés hídrico y escasez física**

El primer paso para valorar la escasez/no escasez de agua en términos globales o en una región específica es determinar la cantidad de agua disponible, y cuantificar la necesaria para atender las necesidades, para poder concluir si hay suficiente agua. La principal dificultad a la hora de desarrollar métodos e indicadores válidos es obtener datos precisos o representativos, ya que no todos los parámetros son medibles directamente y muchos datos son estimaciones. Estos cálculos parten de datos cuya precisión también es baja, pueden ser datos antiguos (veinte o más años), previamente estimados, o simplemente han surgido nuevos métodos de estimación más completos. Entre las diferentes formas existentes para medir la escasez de agua o el estrés hídrico, el agua renovable per cápita, recursos hídricos renovables per cápita (RHRp) o Indicador Falkenmark es el indicador más conocido y uno de los principales índices empleados por las empresas y los Gobiernos en la toma de decisiones en materia de agua, este índice trabaja con datos a nivel nacional y genera información que es intuitiva y de fácil comprensión. Este primer límite de escasez fijado por Falkenmark en 1989 fue la base de las demandas de consumo de agua. Es un índice basado en las necesidades humanas de agua. La escasez de agua se describe en función de los recursos hídricos disponibles y la población humana, cuántas personas pueden vivir aceptablemente con una cantidad determinada de recursos hídricos. «Si conocemos cuánta agua es necesaria para cubrir las necesidades humanas, entonces el agua que tiene disponible cada persona servirá como medida de la escasez»<sup>34</sup>. Falkenmark propone la categorización de las áreas (figura 13) basándose en el uso individual, lo que permite diferenciar entre escasez de agua de origen climático o humano. Un área o país está bajo estrés hídrico regular cuando los suministros hídricos renovables caen por debajo de 1.700 m<sup>3</sup> per cápita al año. Las poblaciones sufren de escasez de agua crónica cuando el suministro de agua cae por debajo de 1.000 m<sup>3</sup> per cápita al año, y de escasez absoluta cuando este cae por debajo de 500 m<sup>3</sup> per cápita al año<sup>35</sup>.

<b>m3 per cápita</b>	<b>Categoría</b>
<b>&gt; 1700</b>	<b>Sin estrés</b>
<b>1000 – 1700</b>	<b>Estrés</b>
<b>500 – 1000</b>	<b>Escasez</b>
<b>&lt; 500</b>	<b>Escasez absoluta</b>

Figura 10. Categorización de las áreas según el agua disponible per cápita de Falkenmark. Elaboración propia. Fuente: Falkenmark, «The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed».

<sup>34</sup> Rijsbermar, 2006.

<sup>35</sup> Falkenmark, «The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed». *Ambio* 18, n.º 2 (1989): 112-118. Rijsbermar 2006.

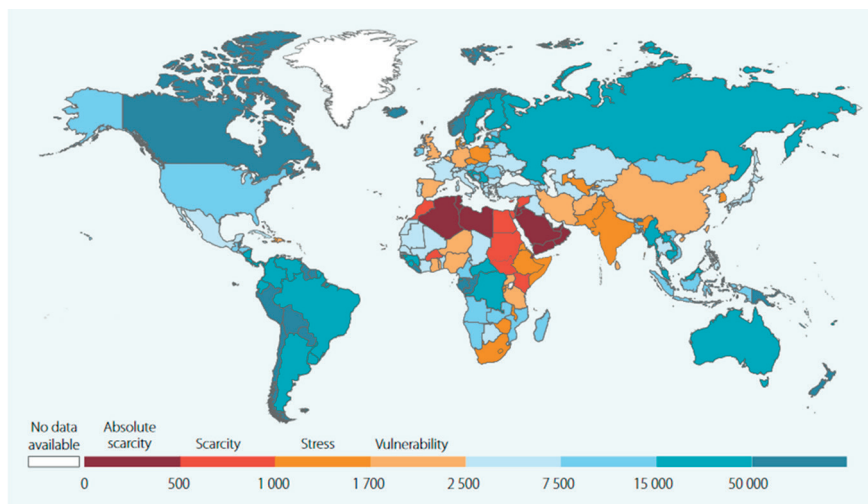


Figura 11. Recursos renovables totales per cápita 2013 (m<sup>3</sup>).  
Fuente y elaboración: WWAP, según la base de datos AQUASTAT (<http://www.fao.org/nr7a-quastat/main/index.stm>), clasificación según los índices de la ONU.

El indicador de Falkenmark de 1989 es útil, pero oculta información en los datos que suministra. Simplifica la situación del agua en algunos países, no sirve para poblaciones pequeñas; no tiene en cuenta la accesibilidad a los recursos hídricos ni las variaciones en el consumo de agua entre países debidas a cultura, estilos vida, tecnología, sectores o clima, ni contabiliza

<b>Necesidad</b>	<b>litros/día/ persona</b>
<b>Agua para bebida</b>	5
<b>Saneamiento</b>	20
<b>Higiene y baño</b>	15
<b>Preparación alimentos</b>	10
	50

Figura 12. Necesidades de agua básicas diarias por persona (l/día/cap).  
Fuente: Gleick, P. H. 1996. «Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs». Water International. Vol. 21, n.º 2, pp. 83-92.

las aguas transfronterizas. Al trabajar con datos a nivel nacional, en países grandes se reparten los recursos hídricos entre la totalidad del territorio, ocultando la variabilidad dentro del país, es el caso de Estados Unidos, China o Australia.

Este reconocimiento de que el consumo de agua varía entre los sectores sociales lleva a Gleick en 1996 a desarrollar un índice de escasez incorporando los requisitos de agua específicos para las necesidades básicas humanas.

Para medir las diferencias en la disponibilidad del agua, teniendo en cuenta el aumento de la población, Asheesh en el año 2003 propone como herramienta la relación entre la demanda de agua y el crecimiento de la población. Tiene en cuenta la disponibilidad anual de los recursos hídricos renovables, la demanda anual doméstica per cápita, la demanda industrial de agua y la demanda anual para áreas verdes, la evapotranspiración anual, la población y la tasa de crecimiento de la misma, las pérdidas estimadas de recursos hídricos y los requisitos hídricos del medio ambiente.

El aumento continuo de la demanda y la extracción de agua han llevado a que se reconozca la importancia del agua necesaria para la sostenibilidad del medioambiente. En 2003, se propone como medida de la escasez de agua emplear la huella hídrica o huella del agua. A pesar de las ventajas de este indicador, en 2009 se apunta la necesidad de mejorar los métodos de medida de la huella hídrica con el fin de crear un modelo estandarizado que permita la comparación de las huellas hídricas entre áreas, productos, sectores, etcétera, y se propone combinar la huella hídrica con el índice de estrés hídrico desarrollado por Pfister en ese mismo año<sup>36</sup>.

El estrés hídrico<sup>37</sup> (fruto del aumento de la demanda, de la contaminación del agua o de la disminución de la disponibilidad) y la regulación de aguas transfronterizas son factores que pueden contribuir a crear una crisis del agua y a generar un conflicto. Cuanto mayor sea la proporción entre el agua usada y el agua disponible mayor será el estrés en el sistema de suministro y más difícil será satisfacer las crecientes demandas de agua de la población.

En cuanto a cantidad, el ser humano extrae el 8 % del total de los recursos hídricos renovables anuales y se apropia del 26 % de la evapotranspiración anual, así como del 54 % de la escorrentía accesible<sup>38</sup>. El control que ejerce el ser humano sobre las escorrentías actualmente alcanza todo el mundo y

---

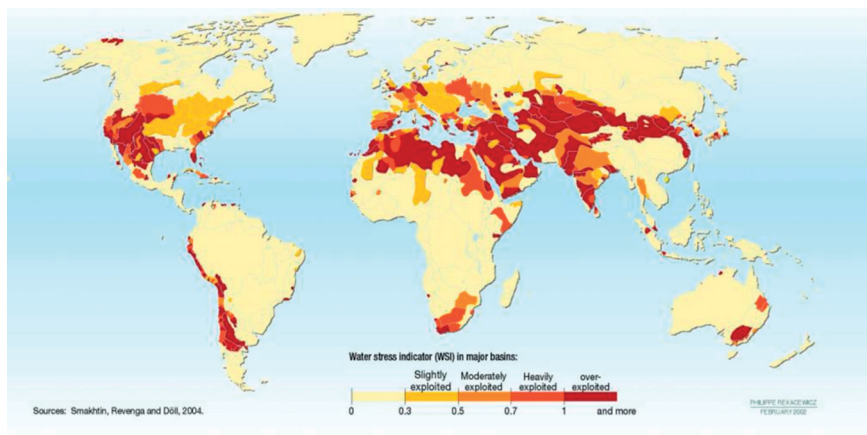
<sup>36</sup> B. M. D. Matlock, «A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies». University of Arkansas, *The Sustainability Consortium White Paper* n. 106, April 2011.

<sup>37</sup> El estrés hídrico sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible durante un periodo determinado de tiempo o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad, definición dada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

<sup>38</sup> UNESCO, Informe sobre el Desarrollo del Agua 2003, «Agua para todos, agua para la vida».

el porcentaje de apropiación asciende debido al aumento de la población y a los cambios en el estilo de vida.

Los datos sobre agua extraída se refieren a la cantidad bruta de agua extraída anualmente para un uso determinado. A la hora de calcular la extracción total de agua se tiene en cuenta el agua extraída para los tres sectores que más agua consumen: agricultura (irrigación y bebida del ganado), suministro de agua (uso doméstico/municipal) e industria.



**Figura 13. Índice de escasez de agua en las principales cuencas fluviales.**  
Elaboración y fuente: Smakhtin, Revenga y Döll, 2004, P. Rekacewicz, February 2006, Colección Vital Water Graphics 2, 2009.

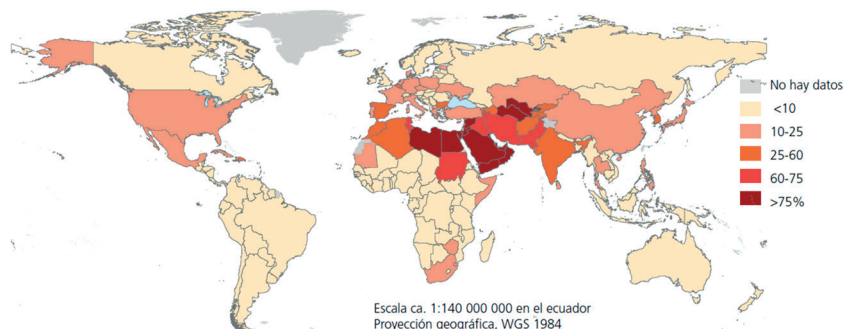
Como indicador del nivel de presión humana sobre los recursos hídricos para los objetivos de desarrollo del milenio (ODM) se analiza el porcentaje de recursos hídricos extraídos consuntivamente (para usos agrícolas, industriales y domésticos) frente al total de los recursos hídricos renovables<sup>39</sup>.

La escasez de agua es la relación entre el agua que se consume y los recursos hídricos renovables disponibles, y para determinar si la región sufre de estrés hídrico se miden las extracciones de agua frente a los recursos hídricos renovables. El concepto de estrés hídrico se aplica en las situaciones donde no hay suficiente agua para todos los usos, ya sean agrícolas, industriales o domésticos. La figura muestra la explotación de los recursos hídricos en el mundo. Las áreas más oscuras representan mayor volumen extraído y mayor estrés hídrico en el área.

Un área bajo estrés hídrico puede estar sufriendo de escasez de agua física o económica<sup>40</sup>, presenta escasez física de agua cuando más del 75 % del agua

<sup>39</sup> UNESCO, Informe sobre el Desarrollo del Agua 2015, «Water and Jobs».

<sup>40</sup> Water for Food, «Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture», 2007. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.



**Figura 14. Porcentaje de recursos hídricos renovables consumidos.**  
Fuente: FAO 2015, [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/Maps/MDG\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/Maps/MDG_eng.pdf).

del flujo de un río se extrae para usos agrícolas, domésticos e industriales. Esta extracción tan alta repercute en el medioambiente, con una degradación aguda del mismo, disminución de las aguas subterráneas y lleva a la obligada redistribución entre los sectores del agua disponible. Por otro lado, las áreas con escasez de agua económica poseen recursos hídricos renovables adecuados, con menos del 25 % de las aguas de los ríos extraídas para usos humanos, pero carecen de las infraestructuras necesarias para poder utilizar los recursos.

Independientemente de la variabilidad de los flujos del ciclo hídrico, los promedios de varios años muestran que existen variaciones significativas en la cantidad de agua per cápita disponible entre los países.

Definir umbrales para el estrés hídrico en términos de agua disponible per cápita es difícil y complejo, y conlleva hacer suposiciones sobre el uso del agua y su eficiencia. Cuando la disponibilidad anual per cápita de recursos hídricos renovables se sitúa por debajo de 1.700 m<sup>3</sup> los países comienzan a sufrir estrés hídrico de manera periódica o continua. Por debajo de los 1.000 m<sup>3</sup> la escasez de agua afecta al desarrollo económico, a la salud humana y al bienestar<sup>41</sup>.

## Necesidad

Cuando nacemos el 75 % de nuestro cuerpo es agua y cada quince días renovamos completamente toda el agua de nuestro cuerpo. El 80 % de nuestra sangre es agua, se renueva cada tres o cuatro meses. Y el corazón humano bombea unos 6.000 litros de agua al día que distribuyen oxígeno y nutrientes

<sup>41</sup> UNESCO, Informe sobre el Desarrollo del Agua 2009, «El agua en un mundo en cambio».



# Los recursos hídricos en el mundo: cuantificación y...

Continente Regiones	Precipitación			RHIR	
	Profundidad Subregiones por año (mm)	Volumen por año (km <sup>3</sup> )	Volumen por año (km <sup>3</sup> )	En % de los recursos de agua dulce del mundo	por habitante 2013 (m <sup>3</sup> )
<b>Mundo</b>	<b>814</b>	<b>108 928</b>	<b>42 921</b>	<b>100.0</b>	<b>5 996</b>
<b>África</b>	<b>677</b>	<b>20 371</b>	<b>3 931</b>	<b>9.2</b>	<b>3 545</b>
<b>África Septentrional</b>	<b>96</b>	<b>550</b>	<b>47</b>	<b>0.1</b>	<b>274</b>
<b>África Subsahariana</b>	<b>815</b>	<b>19 821</b>	<b>3 884</b>	<b>9.0</b>	<b>4 143</b>
<i>Sudano-Saheliana</i>	311	2 679	160	0.4	1 062
<i>Golfo de Guinea</i>	1 356	2 877	952	2.2	3 650
<i>África Central</i>	1 425	7 593	1 876	4.4	15 261
<i>África Oriental</i>	912	2 669	285	0.7	1 154
<i>África del Sur</i>	656	3 107	270	0.6	2 057
<i>Islas del Océano Índico</i>	1 514	896	341	0.8	13 642
<b>Américas</b>	<b>1 104</b>	<b>44 408</b>	<b>19 655</b>	<b>45.8</b>	<b>20 259</b>
<b>América Septentrional</b>	<b>637</b>	<b>13 881</b>	<b>6 077</b>	<b>14.2</b>	<b>12 725</b>
<i>América Septentrional</i>	625	12 392	5 668	13.2	15 956
<i>México</i>	758	1 489	409	1.0	3 343
<b>Centroamérica y Caribe</b>	<b>2 018</b>	<b>1 515</b>	<b>729</b>	<b>1.7</b>	<b>8 467</b>
<i>Centroamérica</i>	2 267	1 184	637	1.5	14 130
<i>Caribe - Grandes Antillas</i>	1 436	296	89	0.2	2 305
<i>Caribe - Pequeñas Antillas y Bahamas</i>	1 576	35	4	0.0	1 535
<b>América del Sur</b>	<b>1 638</b>	<b>29 012</b>	<b>12 849</b>	<b>29.9</b>	<b>31 610</b>
<i>Guyana</i>	2 363	895	340	0.8	253 921
<i>Andes</i>	2 053	9 639	5 462	12.7	40 307
<i>Brasil</i>	1 761	14 995	5 661	13.2	28 254
<i>América del Sur</i>	845	3 483	1 386	3.2	20 007
<b>Asia</b>	<b>828</b>	<b>26 855</b>	<b>11 865</b>	<b>27.6</b>	<b>2 756</b>
<b>Oriente Medio</b>	<b>217</b>	<b>1 422</b>	<b>484</b>	<b>1.1</b>	<b>1 503</b>
<i>Península Arábiga</i>	85	263	6	0.0	84
<i>Cáucaso</i>	682	127	73	0.2	4 369
<i>Irán (República Islámica del)</i>	228	398	129	0.3	1 659
<i>Oriente Próximo</i>	414	634	276	0.6	1 786
<b>Asia Central</b>	<b>273</b>	<b>1 271</b>	<b>242</b>	<b>0.6</b>	<b>2 545</b>
<b>Asia Meridional y Oriental</b>	<b>1 139</b>	<b>24 162</b>	<b>11 139</b>	<b>26.0</b>	<b>2 865</b>
<i>Asia Meridional</i>	1 063	4 767	1 935	4.5	1 179
<i>Asia Oriental</i>	634	7 454	3 410	7.9	2 104
<i>Sudeste Asiático Continental</i>	1 872	3 629	1 898	4.4	8 116
<i>Sudeste Asiático Meridional</i>	2 747	8 312	3 896	9.1	9 932
<b>Europa</b>	<b>545</b>	<b>12 561</b>	<b>6 578</b>	<b>15.3</b>	<b>8 846</b>
<b>Europa Occidental y Central</b>	<b>829</b>	<b>4 099</b>	<b>2 128</b>	<b>5.0</b>	<b>3 969</b>
<i>Europa Septentrional</i>	937	1 235	836	1.9	32 107
<i>Europa Occidental</i>	929	1 319	621	1.4	2 386
<i>Europa Central</i>	669	745	249	0.6	2 192
<i>Europa Mediterránea</i>	731	801	423	1.0	3 096
<b>Europa Oriental</b>	<b>467</b>	<b>8 462</b>	<b>4 449</b>	<b>10.4</b>	<b>21 466</b>
<i>Europa Oriental</i>	585	597	136	0.3	2 115
<i>Federación de Rusia</i>	460	7 865	4 313	10.0	30 196
<b>Oceanía</b>	<b>586</b>	<b>4 733</b>	<b>892</b>	<b>2.1</b>	<b>29 582</b>
<b>Australia y Nueva Zelanda</b>	<b>574</b>	<b>4 598</b>	<b>819</b>	<b>1.9</b>	<b>29 409</b>
<b>Islas del Pacífico</b>	<b>2 055</b>	<b>135</b>	<b>73</b>	<b>0.2</b>	<b>31 669</b>

Tabla1. Disponibilidad en el agua dulce. Precipitación y recursos hídricos internos renovables (RHIR). Fuente: FAO. 2014. AQUASTAT Base de datos. <http://www.fao.org/nr/aquastat>.

a las células y tejidos, a la vez que retiran los residuos de las actividades celulares. El agua es imprescindible.

### *La huella hídrica de la humanidad*

La huella hídrica de un producto o servicio corresponde a la suma del agua utilizada a lo largo de los diferentes pasos de la cadena de producción. Es el indicador hídrico con el enfoque más holístico en cuanto a factores socio-económicos, ecológicos e industriales.

La huella hídrica considera el lugar de donde proviene el agua y, en función de ello, la clasifica en tres tipos o colores: azul, verde y gris. Agua azul se refiere a la que se encuentra en los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, esteros, etcétera) y subterráneos, es decir, la extracción de agua superficial y subterránea de determinada cuenca; agua verde es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad (particularmente el uso de agua de lluvia ocupada durante el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal) y agua gris es toda el agua contaminada durante un proceso. Sin embargo, este no es un indicador de la cantidad de agua contaminada, sino de la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de estos y los estándares locales de calidad del agua vigentes. La suma del agua verde, el agua azul y el agua gris que requiere un producto o servicio dentro de todo el proceso de elaboración será su huella hídrica.

En el día a día el ser humano usa agua para diferentes fines: beber, higiene personal, coladas, regar jardines... Estos usos directos del agua no incluyen toda el agua que se utiliza, ya que los humanos empleamos agua para producir prácticamente todo lo que consumimos, alimentos, viviendas, tecnologías, ropa..., esta agua indirecta, no visible, se conoce como «agua virtual». Por lo tanto, una medida completa de la huella del agua o huella hídrica de un individuo, un sector industrial o una sociedad es la combinación del uso directo del agua y del agua usada indirectamente para producir los bienes y servicios que se consumen.

El «comercio de agua virtual» hace referencia al flujo oculto de agua si los alimentos u otras comodidades se comercian de un sitio a otro. Hoekstra and Chapagain han definido el contenido de «agua virtual» de un producto (una comodidad, bien o servicio) como «el volumen de agua dulce usada para producir el producto, medida en el lugar donde el producto fue en realidad producido».

La huella del agua ha surgido como una herramienta para identificar y cuantificar estos impactos. La huella hídrica de una nación indica el agua total que consume la población, se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de la nación. Parte de los productos consumidos se producen en otras

naciones, por lo que la huella hídrica de una nación consiste en el uso de recursos hídricos domésticos y uso de agua fuera de los bordes de la nación.

La huella hídrica interna son los recursos hídricos domésticos utilizados (comprende el agua utilizada en los sectores agrícola, industrial y doméstico, que son los tres sectores de la actividad humana que más agua consumen) menos el agua virtual exportada. Y la huella hídrica externa es el volumen anual de recursos hídricos usado en otros países para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de la nación en cuestión. Es igual al agua virtual importada al país menos el agua virtual reexportada.

En resumen, si se parte del volumen de recursos hídricos domésticos utilizados, para conocer la huella de una nación, se debe sustraer el agua virtual que se exporta y añadir la que se importa. El consumo de «agua virtual» y la polución asociada a la producción de bienes tienen una dimensión global ya que muchos países dependen fuertemente de recursos hídricos extranjeros, y muchos países tienen un impacto significativo sobre el agua que se consume y la polución en otro territorio.

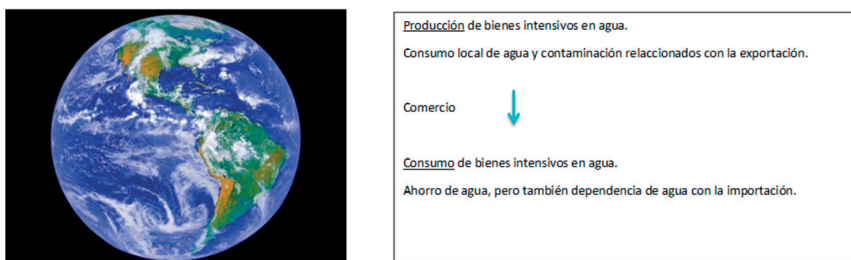


Figura 15. Flujo de aguas virtuales. Elaboración propia.

Fuente: Y. Hoekstra, A. K. Chapagain. «Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern».

Los cuatro factores directos que determinan la huella hídrica de un país son:

- El volumen de consumo (relacionado con el ingreso nacional bruto).
- El patrón de consumo (ex. consumo de carne alto frente a bajo).
- El clima (las condiciones de crecimiento).
- Las prácticas agrícolas (la eficiencia del uso del agua).

En los países ricos la gente consume más bienes y servicios por lo general, lo que se traduce inmediatamente en un aumento de las huellas hídricas. La demanda de agua no solo se determina por el volumen de consumo, el «patrón de consumo» es relevante, algunos bienes como el arroz o la carne y los productos lácteos tienden a ser intensivos en agua<sup>42</sup>. Los productos

<sup>42</sup> Productos intensivos en agua son aquellos que consumen grandes cantidades de agua en su cadena de producción.

agrícolas y/o alimentos que más contribuyen a las huellas hídricas externas de las naciones son la carne de vacuno, la soja, el trigo, el azúcar de caña, el arroz, el algodón y el maíz<sup>43</sup>.

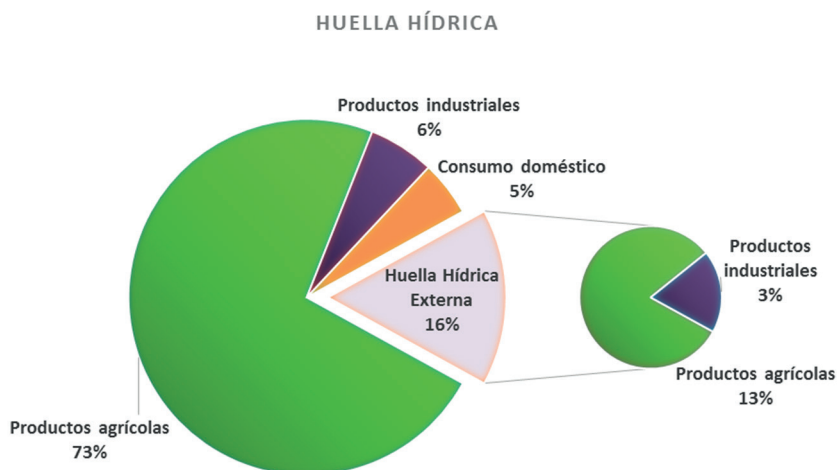


Figura 16. Contribución de las diferentes categorías de consumo a la huella hídrica global, distinguiendo entre huella interna y externa. Fuente: Hoekstra, A. Y., y Mekonnen, M. M. (2012). «The water footprint of humanity». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (9), 3232-3237. doi:10.1073/pnas.1109936109.

La huella interna supone el 84 % del total. El tamaño de la huella hídrica global está mayormente determinado por el consumo de alimentos y otros productos agrícolas (86 % del total, el 73 % del agua se corresponde con la huella interna y 13 % con la externa). Después de los productos agrícolas contribuyen los industriales (9 % del total, 6 % del agua se corresponde con la huella interna y 3 % con la externa), el 5 % restante se destina a usos domésticos. Una quinta parte de la huella hídrica mundial está relacionada con la producción de bienes para exportar. El volumen total de agua virtual que fluye entre los países con el comercio de productos agrícolas e industriales fue de 2.320 Gm<sup>3</sup>/año para dicho periodo (68 % verde, 13 % azul, 19 % gris). La suma de las huellas hídricas externas de las naciones es el 16 % de la huella hídrica global. Existen diferencias significativas entre los países. Algunos países africanos, como Sudán, Mali, Nigeria, Etiopía, Malawi y Chad, apenas tienen huella hídrica externa, simplemente porque importan muy poco. Por otro lado, la huella hídrica externa de algunos países europeos como Italia, Alemania, Holanda o Reino Unido supone entre el 50-80 % de la huella hídrica nacional, porque tienen un gran volumen de importaciones.

<sup>43</sup> Hoekstra, A. Y., y Hung, P. Q. (2005). «Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade».

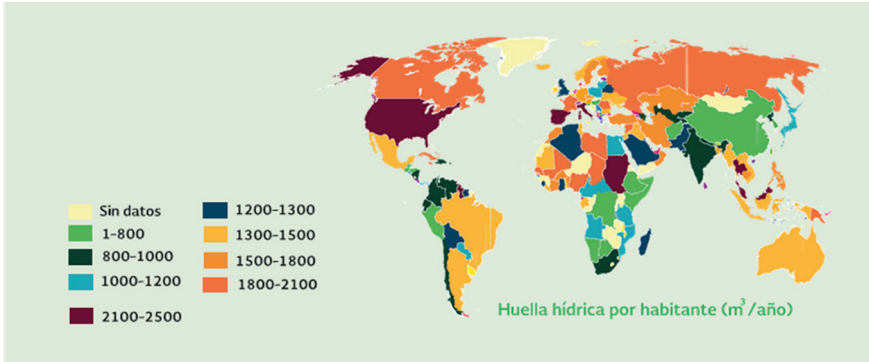


Figura 17. Fuente: Arreguín-Cortés, F.; López-Pérez, M.; Marengo-Mogollón, H., y Tejada-González, C. Agua virtual en México, Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XXII, n.º 4, octubre-diciembre, 2007, pp.

La media anual de la huella hídrica mundial para el periodo entre 1996 y 2005 fue de 9.087 Gm<sup>3</sup>/año (el 74 % de las aguas utilizadas eran verdes, el 11 % azul y un 15 % gris). La huella hídrica media por consumidor a nivel global fue de 1.385 m<sup>3</sup>/año. Ocho países (India, China, Estados Unidos, Rusia, Indonesia, Nigeria, Brasil y Paquistán) contribuyen al 50 % del total de la huella hídrica global (figura 33).

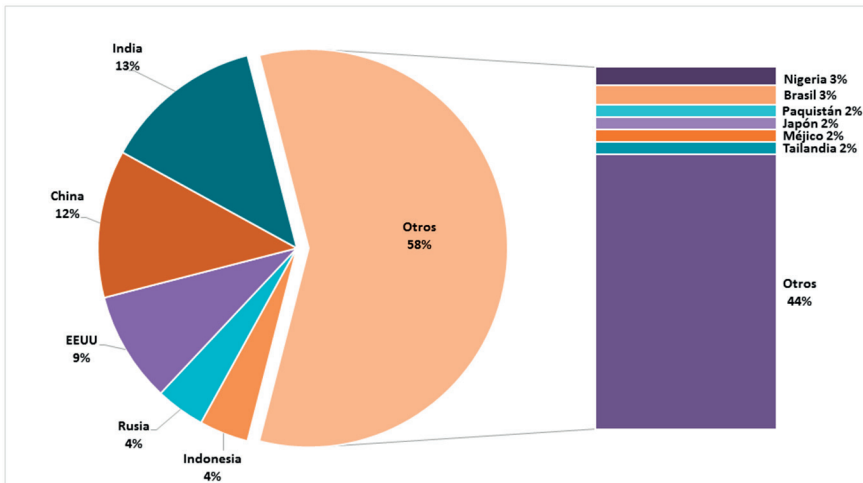


Figura 18. Contribución de los principales consumidores a la huella hídrica global. Fuente: Hoekstra, A. Y., y Mekonnen, M. M. (2012). «The water footprint of humanity». Proceedings of the National Academy of Sciences, 109 (9), 3232-3237. doi:10.1073/pnas.1109936109.

En términos de huella hídrica per cápita, en Estados Unidos el consumidor medio tiene la huella hídrica más alta, una huella hídrica de 2.842 m<sup>3</sup>/año, mientras que las poblaciones de China e India tienen una huella hídrica relativamente baja, con una media de 1.071 y 1089 m<sup>3</sup>, respectivamente, en parte

debido al alto consumo de carne y de productos industriales; en segundo lugar están las poblaciones de países del sur de Europa, como Grecia, Italia y España (2.300-2.400 m<sup>3</sup>/cap/año). En términos absolutos, India es el país con la mayor huella hídrica, sin embargo, mientras que la India contribuye en un 17 % a la población global, la población de la India solo contribuye en un 13 % a la huella hídrica global. China, India y Estados Unidos tienen las huellas hídricas internas más altas, seguidos de Brasil. India tiene la mayor huella hídrica azul y la emplea en la producción de trigo (un 33 %), en el cultivo de arroz (un 24 %) y en el cultivo de caña de azúcar (un 18 %). China es el país con la mayor huella hídrica gris, corresponde al 26 % de la huella hídrica gris global (figura 32).

La mayor huella hídrica per cápita corresponde a la población de Estados Unidos (2.480 m<sup>3</sup>/cap/año). La huella hídrica per cápita de Irán es relativamente alta (1.624 m<sup>3</sup>/cap/año), influye el bajo rendimiento de los cultivos y la alta evapotranspiración.

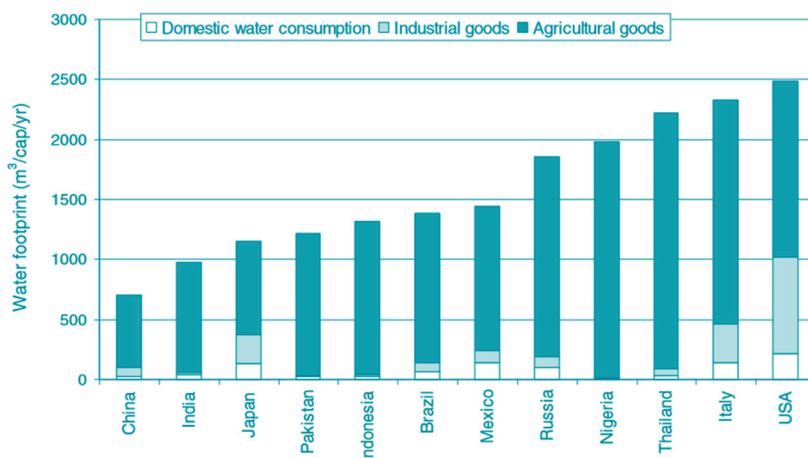


Figura 19. Huella hídrica per cápita y la contribución de las diferentes categorías de consumo en algunos países seleccionados. Fuente: Hoekstra, A. Y., y Mekonnen, M. M. (2012). «The water footprint of humanity». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (9), 3232-3237. doi:10.1073/pnas.1109936109.

Las necesidades de agua del ser humano abarcan ámbitos muy variados, hay que cubrir las necesidades fisiológicas básicas humanas y del entorno, y el volumen de agua demandado como herramienta; el agua tiene una serie de propiedades o ventajas, como su gran capacidad de limpieza o la conducción de calor. Podríamos categorizar las aguas extraídas según la finalidad de las mismas en:

- **Aguas destinadas a usos domésticos:** comprenden las aguas que se utilizan en las actividades cotidianas, como agua para bebida, higiene, preparación alimentos, usos recreativos, riegos de jardines, limpieza doméstica, mascotas, etc...

- **Aguas destinadas a usos agrícolas:** o aguas para irrigación de cultivos, en parte destinados a alimentación humana y del ganado, y cultivos de materias primas para posterior procesamiento industrial, por ejemplo, el algodón para la ropa, las plantaciones de tabaco, los cultivos para fabricación de biocombustibles...
- **Aguas destinadas a usos industriales:** comprenden las aguas empleadas en la producción de los bienes y servicios consumidos, así como los volúmenes de agua consumidos para obtener energía.

### Necesidades por sector

A nivel global el 8 % del agua necesaria se usa a nivel doméstico, el 22 % se lo lleva la industria y el 70 % la agricultura<sup>44</sup>, los productos que más contribuyen a la huella hídrica del consumidor global son los cereales (27 %), seguidos de la carne (22 %) y de los productos lácteos (7 %).

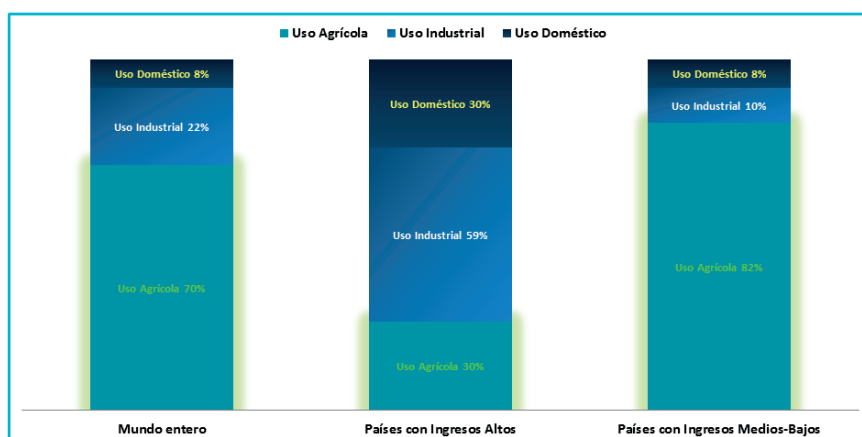





Figura 20. Porcentaje de agua usada según finalidad. Elaboración propia. Fuente: UNESCO, informe del desarrollo de agua en el mundo de 2003, «Water for people, Water for life».

### Alimentación y agricultura

La contribución estimada de la agricultura (6.390 Gm<sup>3</sup>/año) al total de la huella hídrica global es mayor del sugerido anteriormente, debido a la inclusión del uso de aguas verdes (uso del agua del suelo). Si también se tiene en cuenta las pérdidas en irrigación, que globalmente suponen 1.590 Gm<sup>3</sup>/año, el volumen total de agua utilizada en agricultura es de 7.980 Gm<sup>3</sup>/año. Aproximadamente un tercio es agua azul extraída para irrigación y los otros dos tercios es agua verde (agua del suelo). El agua usada en agricultura incluye:

<sup>44</sup> UNESCO, informe del desarrollo de agua en el mundo de 2003, «Water for people, water for life».

-  Riego (incluye forrajes y pastos para el ganado)
-  Ganadería (agua para abrevado y limpieza del ganado)
-  Acuicultura

La huella hídrica de los productos agrícolas varía mucho entre los mismos, lo que se traduce en una mayor o menor huella hídrica de las poblaciones, según su patrón de consumo. En general, los productos de ganadería son intensivos en agua y tienen asociado un volumen alto de agua virtual ya que consumen muchos cultivos, agua para beber y aguas de servicios, antes de generar beneficios (figura 26).

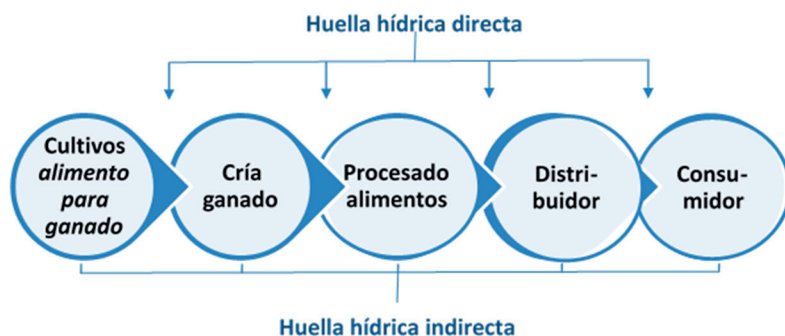


Figura 21. Huella hídrica de la cadena de producción de animales de granja. Fuente: Arjen Hoekstra. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/animalwelfare/arjen\\_hoekstra\\_the\\_water\\_footprint\\_of\\_humanity.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/animalwelfare/arjen_hoekstra_the_water_footprint_of_humanity.pdf)

Respecto a los cultivos de materia vegetal, el arroz y el trigo contribuyen al 33 % del total de la huella hídrica de los mismos, pero a pesar de que ambos se producen en cantidad similar, el trigo supone el 12 % de la huella y el arroz el 21 % debido a la alta evapotranspiración en el cultivo del mismo (es necesaria una capa de 10-20 cm de agua para preparar el suelo y proteger a la planta)<sup>45</sup>.

Existe una marcada diferencia entre los volúmenes de recursos hídricos que se destinan a la agricultura en función del poder económico de los países, los países con ingresos medios-bajos (82 % del total, hasta un 90 % en algunos países), frente a los de ingresos altos (30 % del total). También influye la abundancia y continuidad de las precipitaciones, por ejemplo, dentro de Europa, en Inglaterra que recibe lluvias estables todo el año, menos del 1 % del total de las aguas extraídas se emplean en agricultura, frente a más de un 70 % en países como Portugal, Grecia o España.

<sup>45</sup> FAO Water Report 38, «Irrigation in the Middle East region in figures», AQUASTAT Survey 2008.



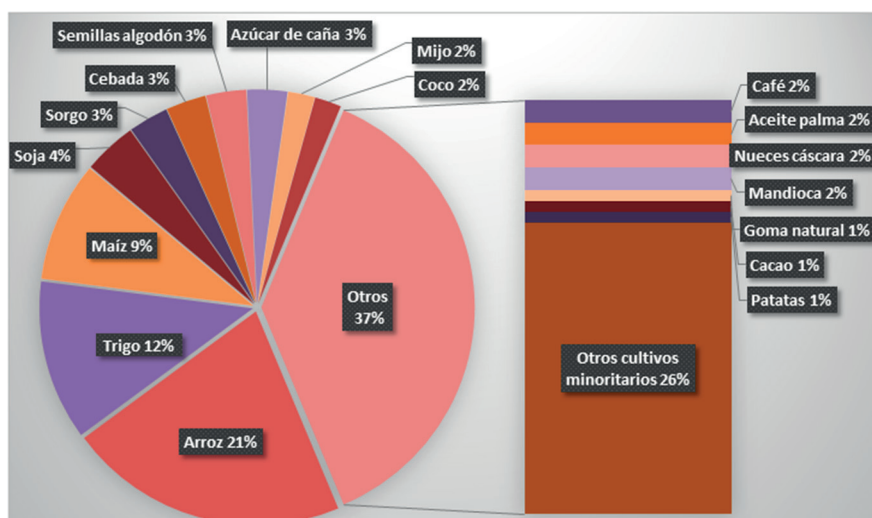


Figura 22. Contribución de los diferentes cultivos a la huella hídrica global. Fuente: Hoekstra, A. Y., y Hung, P. Q. (2005). «Globalization of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade».

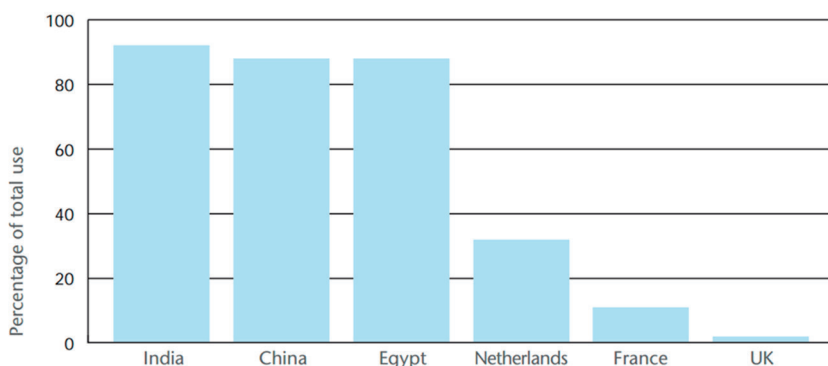


Figura 23. Porcentaje del agua total usada para riego por la población. Saeijs, H. F. L., y Van Berkel, M. J., «Global Water Crisis, the Major Issue of the 21st Century», European Water Pollution Control, 1995. Vol. 5.4, pp. 26-40; cited by Corporate Water Policies, Dec. 2003.

En muchos países pobres la combinación de condiciones climáticas adversas (demanda evaporativa elevada) y de prácticas agrícolas ineficientes (que resultan en baja productividad del agua) generan una huella hídrica elevada. Contribuyen a las malas prácticas agrícolas la falta de precios adecuados para el agua, los subsidios, el uso de tecnologías hídricas ineficientes y la falta de conocimientos de medidas básicas de ahorro de agua entre los agricultores. Entre las diferentes técnicas agrícolas, la irrigación ha permitido aumentar la producción de los cultivos entre un 100 y un 400 %<sup>46</sup>, es una de

<sup>46</sup> FAO. 1996. Agriculture and food security. World Food Summit, November 1996, Rome.

las prácticas agrícolas que permitido que la producción cubra el aumento en la demanda de alimentos por el incremento de la población, aumentando en 2,5 veces la producción<sup>47</sup>.

Ya que el agua extraída para fines agrícolas supone casi un 70 % sobre el total, principalmente destinada a la producción de alimentos, el aumento de la competencia por los recursos hídricos y las prácticas de regadío ineficientes pueden suponer un problema a la hora de cubrir el aumento en la demanda de agua que se espera debido al aumento de la población, y los países con limitaciones de agua dulce dependen de la importación de alimentos para compensar la incapacidad para producirlos, es decir importan agua virtual para suplir la carencia de recursos hídricos. El principal alimento que importan los países con escasez de agua son los cereales (Yang-Zehnder, 2002). La figura de extracciones de agua para irrigación insostenibles muestra las áreas en las que no hay suficiente agua dulce para cubrir la demanda de agua para los cultivos. Actualmente se estima que a nivel mundial el 15-35 % de las extracciones de agua para regadío son insostenibles.

Ya que la extracción para la agricultura es la mayor necesidad de agua, es necesario realizar estudios que lleven a una buena planificación de sistemas de irrigación y eficiencia de los cultivos.

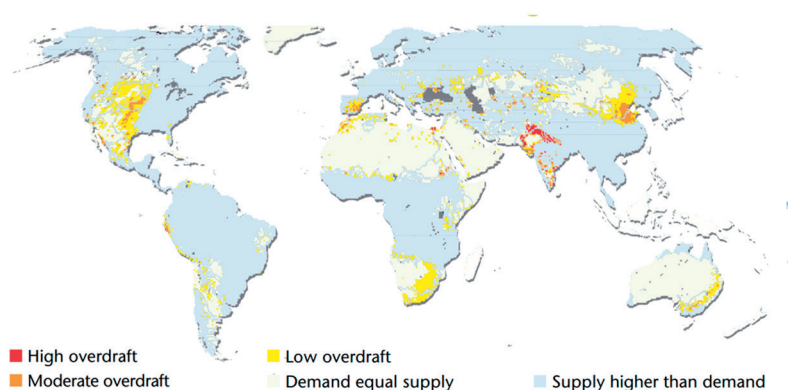


Figura 24. Extracciones de agua para irrigación insostenibles. Fuente: Millennium Ecosystem Assessment, «Ecosystems and Human Well-being: Synthesis», 2005.

### Industria y energía

La industria es después de la agricultura la mayor extractora de agua. Sin embargo, lo que más preocupa de las extracciones de este sector no es el volumen extraído, ya que la mayor parte del agua no es consuntiva, y no permanece en los productos, sino que una vez usadas se devuelven a las

<sup>47</sup> Kindall, H. W., y D. Pimentel. 1994. Constraints on the expansion of the global food supply. *Ambio* 23:3, The Royal Swedish Academy of Sciences.

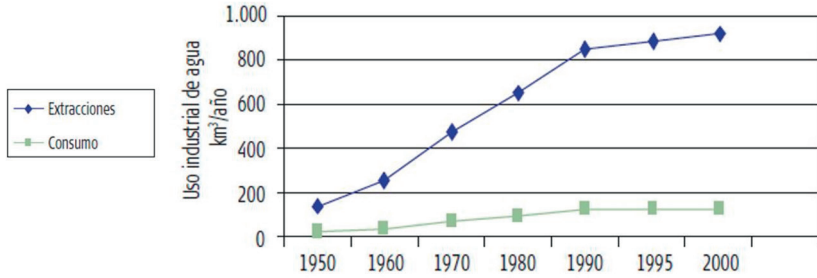


Figura 25. Extracción de agua para la industria y consumo mundial entre los años 1950 y 2000. Fuente: I. A. Shiklomanov, «Appraisal and Assessment of World Water Resources», Water International Journal, Volume 25, 2000 - Issue 1.

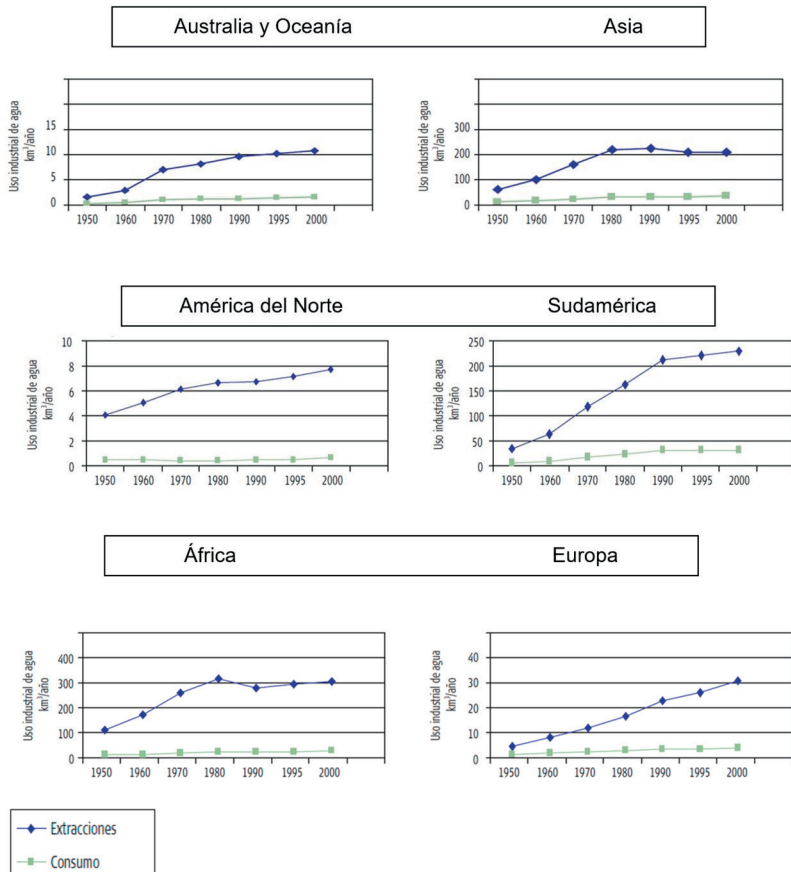


Figura 26. Tendencias en el uso industrial de agua por región, entre los años 1950 y 2000. Fuente: Shiklomanov, I. A., «Appraisal and Assessment of World Water Resources», Water International Journal, Volume 25, 2000 - Issue 1.

fuentes, por lo que la mayor preocupación son los efectos negativos en el medio ambiente, la contaminación de las fuentes de agua y la reducción de los recursos hídricos.

Las figuras siguientes representan el uso industrial total de agua en el mundo y a nivel regional, respectivamente, para el periodo entre los años 1950 y 2000. Entre 1960 y 1980 hubo un importante crecimiento en la extracción de agua para la industria, este incremento se ha estabilizado bastante en todo el mundo. En Europa ha disminuido desde 1980, a pesar de que la expansión industrial ha continuado.

Las extracciones de agua en África y Sudamérica continúan creciendo, cabe considerar que partían de valores muy bajos. En Asia la extracción de recursos hídricos por la industria aumentó rápidamente hasta 1990, desde entonces crece a un ritmo más lento a pesar del gran crecimiento de la producción industrial.

### *Situación actual y logros de los objetivos de desarrollo del milenio. Impacto económico y social del agua*

El bienestar y el desarrollo económico de una nación o área dependen directamente de la calidad y cantidad de agua disponible para su población. Las inversiones en infraestructuras hídricas son fundamentales para liberar todo el potencial de crecimiento económico en las etapas iniciales del desarrollo económico de un país. Una vez que los beneficios marginales del desarrollo posterior decrecen, el énfasis debe desplazarse paulatinamente hacia la construcción de capacidades humanas e institucionales para mejorar la eficiencia hídrica y la sostenibilidad y garantizar los beneficios del desarrollo económico y social<sup>48</sup>.

Las pérdidas económicas debidas a los peligros relacionados con el agua han aumentado considerablemente en la última década. Desde 1992 las inundaciones, sequías y tormentas han afectado a 4.200 millones de personas (el 95 % de todas las personas afectadas por todos los desastres medioambientales) y han ocasionado 1,3 billones de dólares estadounidenses de daños (el 63 % de todos los daños)<sup>49</sup>.

El suministro de agua (cantidad y calidad) allí donde el usuario lo necesite debe ser fiable y predecible para apoyar las inversiones sostenibles desde el punto de vista financiero en las actividades económicas. Ello requiere infraestructuras, tanto materiales como inmateriales, que se financien, exploten y mantengan de forma fiable. Para alcanzar la cobertura universal se necesitarían 53.000 millones de dólares estadounidenses al año durante

<sup>48</sup> Informe de la ONU sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. «Agua para un mundo sostenible. Datos y cifras».

<sup>49</sup> United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), annual report 2012.

un periodo de cinco años<sup>50</sup> —menos del 0,1 % del producto mundial total (en 2010) y con un rendimiento de la inversión mucho mayor—. Se estima que los beneficios de lograr el acceso universal al saneamiento son mayores que los costes, con una proporción de 5,5 a 1, mientras que para el acceso universal al agua potable la proporción estimada es de 2 a 1. En las regiones en desarrollo el rendimiento de la inversión en servicios hídricos y de saneamiento se ha estimado entre 5 y 28 dólares por cada dólar invertido<sup>51</sup>.

El acceso inadecuado al agua, saneamiento e higiene es una de las muchas privaciones que todavía sufren los grupos de poblaciones más pobres y marginadas del mundo y puede ser fruto no solo de presiones económicas, sino también de presiones sociopolíticas y ambientales, de gobernanza y capacidades humanas débiles, y de una falta de infraestructuras. Aunque los enfoques de gestión integrada de los recursos hídricos se guían por una preocupación equilibrada por la eficiencia económica, la sostenibilidad ambiental y la igualdad social, en la práctica, al objetivo de la igualdad social se le da menos prioridad a la hora de tomar decisiones relacionadas con la asignación de agua<sup>52</sup>. Grupos comparativamente sin poder tienden a quedar excluidos del acceso al agua y al saneamiento, a pesar de estar reconocido como un derecho humano, y ha sido durante mucho tiempo el foco de políticas y objetivos de desarrollo internacional<sup>53, 54</sup>). Sin embargo, la discriminación basada en el origen étnico, la religión, la clase económica, la condición social, el sexo, la edad o las capacidades físicas a menudo limita el acceso de las personas a la tierra y al agua y a sus servicios relacionados. Dicha exclusión tiene efectos sociales y económicos a largo plazo. Las mujeres y las niñas son a menudo las encargadas de ir a buscar el agua; en el África subsahariana rural, por ejemplo, muchas dedican al menos media hora a esta tarea<sup>55</sup> y algunas de ellas hacen varios viajes que les ocupa hasta dos o cuatro horas al día. Existen más probabilidades de que la falta de fuentes de agua seguras y saneamiento suponga un obstáculo para la educación de una niña que para la de un niño.

---

<sup>50</sup> Hutton G. «Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply». *J Water Health*; 2013. Mar 11(1):1-12. Doi: 10.2166/wh.2012.105.

<sup>51</sup> WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2012). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2012 Update and MDG Assessment».

<sup>52</sup> UNDP-SIWI Water Governance Facility (WGF), WGF Report 1 - «Human Rights-Based Approaches and Managing Water Resources», January 2012, Stockholm International Water Institute (SIWI).

<sup>53</sup> UN Committee on Economic, Social and Cultural Rights (CESCR), General Comment No. 15: «The Right to Water» (Arts. 11 and 12 of the Covenant), 20 January 2003, E/C.12/2002/11.

<sup>54</sup> UN General Assembly (UNGA) 2010, resolución A/64/PV.108 28 July 2010 GA/10967 122-0-41, «The human right to water and sanitation».

<sup>55</sup> WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2012). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2012 Update and MDG Assessment».

Entre las iniciativas en materia de agua destaca un proyecto global que se inició en el año 2000, cuando los Estados miembros de las Naciones Unidas firmaron la declaración del milenio y que posteriormente llevó a fijar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). La meta número 7, para asegurar la sostenibilidad medioambiental, incluía como objetivo que supone un reto para toda la comunidad global reducir a la mitad la proporción de gente sin acceso a fuentes de agua y sistemas de saneamiento mejorados. El programa de Monitorización Conjunto de la OMS/UNICEF para Suministros de Agua y Saneamiento comenzó a monitorizar el sector en el año 1990 y ha proporcionado estimaciones sobre los progresos en los ODM de manera continua durante veinticinco años.

La OMS junto con UNICEF realizó en 2015 un Informe de Seguimiento del Suministro de Agua Potable y Saneamiento en contraste con los Objetivos de Desarrollo del Milenio sobre la evolución de estos objetivos<sup>56</sup>.

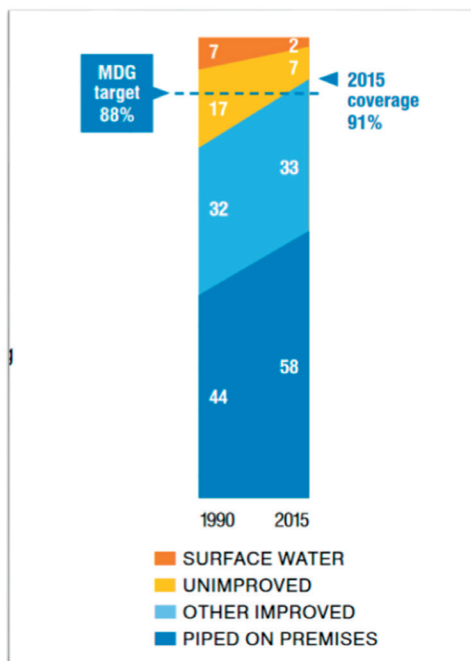


Figura 27. Evolución mundial del acceso a fuentes de agua mejoradas entre 1990 y 2015.  
 Fuente: Informe 2015 del PCM, sobre el acceso a agua potable y saneamiento.

El Informe concluye que la meta mundial de los ODM relativa al agua potable (que el 88 % de la población tuviera acceso a fuentes mejoradas para 2015) se alcanzó y superó en 2010 (figura 36). Quedando 663 millones de personas que no tienen acceso a agua potable mejorada en todo el mundo (una cifra

<sup>56</sup> WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2015). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2015 Update and MDG Assessment».

que por primera baja de los 700 millones), frente a 6.600 millones que sí lo tienen. Un 42 % de la población actual ha logrado acceso a agua potable desde 1990. Los niveles más bajos de cobertura se encuentran en los cuarenta y ocho países menos avanzados designados por las Naciones Unidas, estos países no lograron los ODM.

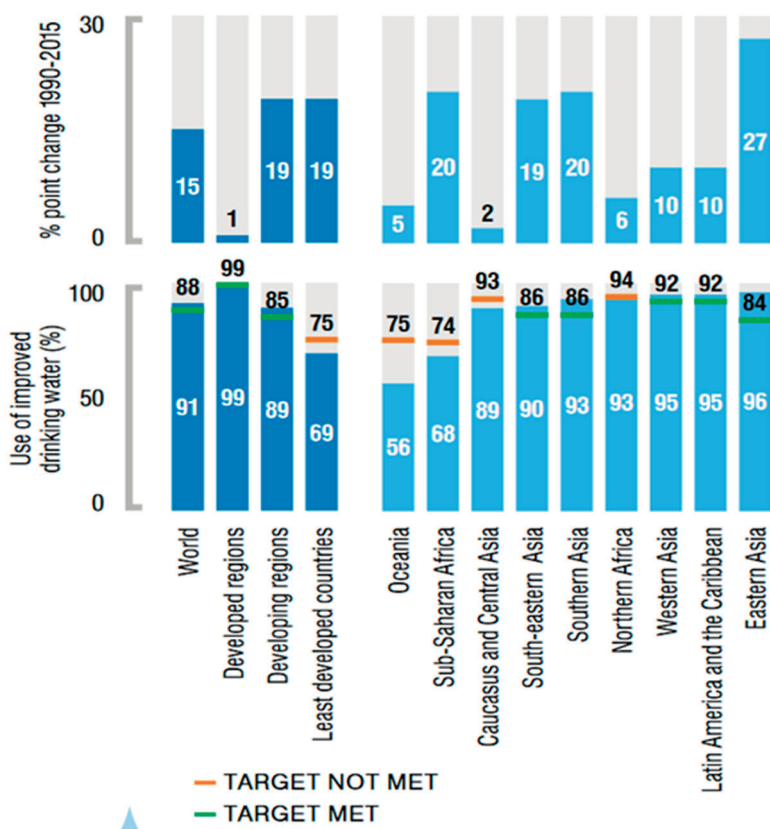


Figura 28. Porcentaje de población con acceso a fuentes de agua mejoradas frente a los ODM y evolución porcentual entre 1990 y 2015. Fuente: UNICEF y WHO, Progress on Sanitation and Drinking Water - 2015 update and MDG assessment.

Las poblaciones sin acceso se encuentran principalmente en el África subsahariana y Asia: África subsahariana (319 millones), Asia meridional (134 millones), Asia oriental (65 millones), Asia sudoriental (61 millones) y el resto de regiones (84 millones).

En las dos últimas décadas se han hecho unos progresos impresionantes, con 2.300 millones de personas que han logrado acceder a mejores fuentes de agua potable y 1.900 millones a mejores servicios de saneamiento. De las personas que han logrado tener acceso a agua potable, 1.600 millones disfrutan ahora de unos niveles de servicio superiores (suministro de agua corriente), pero todavía queda mucho por hacer, 748 millones de personas

no disfrutaban de una buena fuente de agua potable y 2.500 millones no gozan de buenas instalaciones de saneamiento<sup>57</sup>.

Respecto al acceso a saneamiento, la meta de los ODM exigía reducir a la mitad la proporción de la población sin saneamiento básico y por tanto ampliar el acceso, que pasaría del 54 al 77 % de la población mundial. Se estima que en 2015 un 68 % de la población mundial tiene acceso a una instalación de saneamiento mejorada, 9 puntos porcentuales por debajo de la meta de los ODM. La meta de los ODM no se ha alcanzado, se ha progresado, 2.100 millones de personas han obtenido acceso a una instalación de saneamiento mejorada desde 1990, quedando 2.400 millones de personas sin acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas. De ellas, 946 millones defecan al aire libre.

Algunas regiones han obtenido mejores resultados que otras, los países menos avanzados no alcanzaron la meta y tan solo el 27 % de su población actual ha logrado acceso a saneamiento desde 1990. El 50 % de la población en Asia occidental y el 41 % en África septentrional han logrado acceso a saneamiento desde 1990. En cambio, en el África subsahariana el porcentaje de acceso es inferior al 17 % y el aumento de la población, junto con un progreso insuficiente, ha llevado a un aumento en el número de personas en el África subsahariana sin acceso a saneamiento frente a 1990.

La defecación al aire libre sigue siendo un importante problema mundial, la población sin acceso a saneamiento vive principalmente en Asia, África subsahariana y América Latina y el Caribe: Asia meridional (953 millones), África subsahariana (695 millones), Asia oriental (337 millones), Asia sudoriental (176 millones), América Latina y el Caribe (106 millones), el resto de zonas (98 millones).

Al ritmo de reducción actual la práctica de la defecación al aire libre no se eliminará entre las poblaciones más pobres de las zonas rurales para 2030. De hecho, el número de personas que practican la defecación al aire libre se ha incrementado en el África subsahariana, que registra actualmente un porcentaje del total mundial superior al de 1990. Sin embargo, algunos países y regiones han progresado notablemente: Etiopía logró el descenso más pronunciado en el porcentaje de población que practica la defecación al aire libre, se ha reducido del 92 % (44 millones de personas) en 1990 al 29 % (28 millones de personas) en 2015. En Asia meridional, donde se registra el número más elevado de personas que defecan al aire libre, Bangladesh, Nepal y el Pakistán han conseguido reducciones de más de 30 puntos porcentuales desde 1990, y en la India se ha reducido en 31 puntos porcentuales, lo que representa 394 millones de personas.

---

<sup>57</sup> WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2014). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2014 Update and MDG Assessment».



### *Estimaciones de necesidad*

Se espera que la población actual aproximada de 7.400 millones de personas alcance los 8.500 millones en 2030, los 9.700 millones en 2050 y los 11.200 en 2100. Se estima un crecimiento dramático de las poblaciones urbanas de África, Asia, América Latina y el Caribe, doblándose la población en África, casi doblándose en Asia y un 50 % más en América Latina y en el Caribe<sup>58</sup>.

Debido al rápido crecimiento de la población el agua potencialmente disponible para la población mundial ha disminuido de 12.900 m<sup>3</sup> per cápita/año en 1970 a 9.000 m<sup>3</sup> en 1990, y a menos de 7.000 m<sup>3</sup> en 2000<sup>59, 60, 61</sup>. Se estima que esta cantidad disminuya a 5.100 m<sup>3</sup> en 2025<sup>62</sup>. Esta cantidad sería suficiente para cubrir la mayoría de las necesidades humanas si estuviera homogéneamente distribuida.

Según las estimaciones de la FAO, la producción de alimentos necesita aumentar un 60 % para cubrir las necesidades nutricionales mundiales en 2050. Habrá un incremento del 40 % en la población y la producción agrícola deberá aumentar un 70 % para generar anualmente un billón de toneladas de cereales y 200 millones de toneladas de carne más de los producidos en 2005. Este volumen de alimentos distribuido homogéneamente equivale a una media de 3.130 kcal/persona/día. Este incremento en la agricultura para obtener alimentos no tiene en cuenta el aumento de la agricultura con fines de materia prima para producción de biocombustibles, ni el impacto del cambio climático<sup>63</sup>.

Las políticas globales deben tener entre sus retos hacer frente a la escasez de agua, al deterioro de los suelos, a las sequías y a la desertificación, así como estar preparados para actuar y responder antes las dudas que surjan, para garantizar la seguridad alimentaria.

Entre las diferentes maneras en que el agua enriquece a una población, su disponibilidad afecta directamente a las economías fundamentalmente agrícolas, en África el sector agrícola supone más del 60 % de los puestos de trabajo, el 20 % de todas las exportaciones y el 17 % del PIB<sup>64</sup>. El potencial de desarrollo económico en los continentes rurales como África depende de la mejora en la productividad y la rentabilidad de la agricultura. A la vez son ne-

<sup>58</sup> Informe de 2015 de la UNDESA, «World Population Prospects: The 2015 Revision».

<sup>59</sup> Clarke, R., *Water: The International Crisis*, 1991. Earthscan, London.

<sup>60</sup> Jackson, R. B.; Carpenter, S. R.; Dahm, C. N.; McKnight, D. M.; Naiman, R. L.; Postel, S. L., y Running, S. W. *Water in a Changing World*, 2001. Ecological Applications Vol. 11 No. 4, August 2001.

<sup>61</sup> Shiklomanov, I. A. (1999). *World Water Resources and their Use*. París, UNESCO.

<sup>62</sup> Shiklomanov, I. A. (1999). *World Water Resources and their Use*. París, UNESCO.

<sup>63</sup> FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050 24-26 June 2009.

<sup>64</sup> FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050 24-26 June 2009.

	1990-92		2012-14	
	Desnutridos (en millones)	Prevalencia de la desnutrición (%)	Desnutridos (en millones)	Prevalencia de la desnutrición (%)
<b>Mundo</b>	<b>1.014,5</b>	<b>18,7</b>	<b>805,3</b>	<b>11,3</b>
<b>Regiones desarrolladas</b>	<b>20,4</b>	<b>&lt;5</b>	<b>14,6</b>	<b>&lt;5</b>
<b>Regiones en desarrollo</b>	<b>994,1</b>	<b>23,4</b>	<b>790,7</b>	<b>13,5</b>
<b>Africa</b>	<b>182,1</b>	<b>27,7</b>	<b>226,7</b>	<b>20,5</b>
<i>África Subsahariana</i>	176,0	33,3	214,1	23,8
<b>Asia</b>	<b>742,6</b>	<b>27,3</b>	<b>525,6</b>	<b>12,7</b>
<i>Asia Oriental</i>	295,2	23,2	161,2	10,8
<i>Asia Sudoriental</i>	138,0	30,7	63,5	10,3
<i>Asia Meridional</i>	291,7	24,0	276,4	15,8
<i>Asia Occidental</i>	8,0	6,3	18,5	8,7
<b>América Latina y el Caribe</b>	<b>68,5</b>	<b>15,3</b>	<b>37,0</b>	<b>6,1</b>
<i>América Latina</i>	60,3	14,4	29,5	5,1
<b>Oceanía</b>	<b>1,0</b>	<b>15,7</b>	<b>1,4</b>	<b>14,0</b>

Tabla 2. Incidencia de la desnutrición a nivel mundial (1990-2014). Fuente: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/>.

cesarias infraestructuras de irrigación y saneamiento, carreteras y redes de transporte, rutas comerciales domésticas..., todo esto requiere de grandes inversiones, de fondos que los países en desarrollo no disponen, se necesita el apoyo real de los países desarrollados.

Las necesidades y demandas de agua presentan disparidades entre zonas urbanas y rurales, por un lado las áreas rurales presentan mayores dificultades para cubrir las necesidades de fuentes de agua dulce y de saneamiento que las áreas urbanas, por ejemplo el 82 % de la población mundial urbana frente al 51 % de la población rural utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas; y siete de cada diez personas sin instalaciones de saneamiento mejoradas y nueve de cada diez personas que todavía practican la defecación al aire libre viven en zonas rurales. Existe una tendencia de migración a núcleos urbanos que supone un cambio en los estilos de vida y un cambio en el patrón del consumo de agua, en las ciudades aumenta el consumo de

agua domésticas, y de alimentos animales y otros productos con una huella hídrica alta.

### Posibilidades de incremento de disponibilidad

Aproximadamente el 70 % de la superficie del planeta está cubierta de agua, desafortunadamente solo el 1 % es agua dulce, agua que el ser humano puede utilizar. Para poder aumentar la cantidad de agua utilizable, el acceso a fuentes de agua mejoradas y a instalaciones de saneamiento se han identificado una serie de retos que se deben afrontar, estos incluyen<sup>65</sup>:

- *Desafío financiero*: los sistemas de financiación actuales no dan la debida consideración al empoderamiento social y el fortalecimiento de la capacidad para hacer frente a las necesidades locales y de trabajar dentro del contexto local.
- *Descentralización*: esto es necesario cuando se trabaja en zonas rurales y con circunstancias locales altamente variables en las diferentes culturas, es un reto. Por lo tanto, se necesitan enfoques a medida, así como un proceso de entrenamiento y apoyo continuo que permita un cambio duradero.
- *El reto escalado*: es un paquete, un enfoque integral que incluye la tecnología, las habilidades, el conocimiento y la información, el cambio de pensamiento, la confianza, la sensibilidad cultural: una combinación de herramientas duras y blandas que son a menudo el dominio de las diferentes instituciones / organizaciones.

### Cooperación integral

Para superar los retos y lograr el acceso universal al agua, y que además provenga de fuentes sostenibles, es necesaria la colaboración e involucración de [Estado+Sector Privado+Instituciones Académicas]+Población, y además debe establecerse una cooperación internacional lo más estable posible.

### Eficiencia en el uso del agua

Aumentar la disponibilidad no es la única forma de reducir la diferencia entre agua disponible y necesaria, la clave para disminuir el agua necesaria radica en aumentar la eficiencia del uso del agua. El gasto de agua para fines domésticos es relativamente bajo comparado con el de la industria o la agricultura;

---

<sup>65</sup> Conclusiones de la reunión de la Sociedad Civil en la Conferencia de Zaragoza ONU-Agua 2015. Fuente: Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio. J. M. Unturbe. «El agua, fuente de vida 2005-2015».

entre la industria y la agricultura, la industria es relativamente eficiente en cuanto a volumen de agua utilizado, pero la agricultura es significativamente ineficiente. El alcance de la ineficiencia del uso del agua en la agricultura incluye la ineficiencia del uso de las materias primas generadas con esa agua. Producción sostenible de alimentos y desarrollo rural sostenible.

Mejora de la eficiencia en el uso del agua y en concreto en la agricultura que es el mayor consumidor. Implantación de sistemas de irrigación, adecuación de cultivos a las condiciones climáticas, educación agrícola y conservación de suelos, regulación gubernamental.

Analizando la cadena de valor que representa el camino que sigue el agua desde su ubicación en la naturaleza hasta su recepción y uso por el consumidor final, el problema del acceso puede estar originado por diferentes factores.

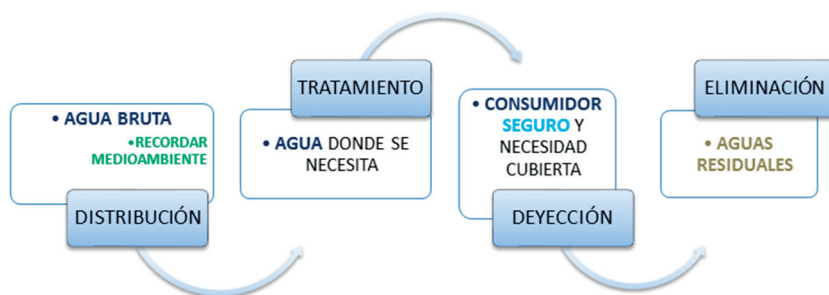


Figura 29. Proceso clásico del agua desde su inicio como recurso natural bruto, hasta su eliminación como desechos de la actividad humana. Elaboración propia.

Los dos factores clave que limitan el acceso a agua segura son que la región físicamente no tenga agua o que el acceso esté imposibilitado, ya sea por falta de dinero o por una mala administración. Esto se traduce en la necesidad de infraestructuras que preparen el agua según el uso que se le vaya a dar y la distribuyan allí donde sea necesario. El coste económico de este desarrollo es grande y a pesar de que se han esclarecido los beneficios económicos de la inversión en agua, los fondos necesarios pueden ser inaccesibles para muchas sociedades, por lo que se necesita afrontarlo desde la colaboración internacional. Las herramientas políticas por lo tanto son imprescindibles para alcanzar el éxito en el proyecto de una fuente de agua segura, sostenible y allá donde se necesite, pero actualmente muchas Administraciones comprometen el desarrollo de los recursos hídricos.

### Aguas transfronterizas

Más de la mitad de la población mundial depende diariamente de los recursos hídricos compartidos entre más de un país, ya sea de las aguas superficiales de ríos y lagos transfronterizos o bien de las aguas subterráneas

contenidas en acuíferos que se extienden por varios países. Puesto que la demanda de este preciado recurso continúa aumentando, la exigencia de una cooperación entre países para lograr una mejor gestión de este recurso jamás ha sido mayor.

Desde una perspectiva jurídica internacional, la cooperación transfronteriza está anclada en la ley de las naciones, codificada en muchos aspectos en la Carta de la ONU. Por lo tanto, la gestión pacífica de los recursos hídricos transfronterizos compartidos es estimulada por los principios fundamentales: promover la paz y la seguridad regionales, lograr la cooperación y garantizar las libertades fundamentales de todos (artículo 1, Carta de la ONU). Además, la Convención de las Naciones Unidas sobre Cursos de Agua incluye la obligación de cooperar, establecida en su artículo 8, de nuevo desarrollada en el artículo 5, que introduce la obligación de «participar en el uso, el desarrollo y la protección de un curso de agua internacional de una manera equitativa y razonable» e «incluye tanto el derecho de utilizar el curso de agua como la obligación de cooperar en la protección y el desarrollo del mismo».

Las normas del derecho internacional disponen que cada Estado con cursos de agua transfronterizos tiene derecho (y la obligación de proporcionar a otros países ribereños) a una utilización equitativa y razonable de los recursos de agua dulce compartidos. Este derecho y deber correlativos se determinarán caso por caso, tomando en consideración todos los factores relevantes —incluido los alcances del daño causado— con una conclusión sobre la legalidad del uso propuesto alcanzado sobre la base del conjunto. Esta regla de uso equitativo y razonable es una norma universal del derecho consuetudinario, contenida en la mayoría de los tratados relacionados con el agua y seguida en la práctica estatal.

La historia de los tratados internacionales sobre el agua se remonta al año 2.500 a. C., cuando las dos ciudades-Estado de Lagash y Umma, en Sumeria, establecieron un acuerdo para poner fin a una controversia sobre el agua a lo largo del río Tigris, este suele considerarse el primer tratado de la historia<sup>66</sup>. Desde entonces, el conjunto de tratados sobre el agua que se han establecido es considerable. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, desde el año 85 de nuestra era se han redactado más de 3.600 tratados relacionados con recursos hídricos internacionales. La mayoría de ellos se relaciona con la navegación y la demarcación de límites. El contenido central de las negociaciones y del establecimiento de tratados en el último siglo ha pasado de la navegación a la utilización, el desarrollo, la protección y la conservación de recursos hídricos.

---

<sup>66</sup> UN water. Aguas transfronterizas. [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/transboundary\\_waters.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/transboundary_waters.shtml).

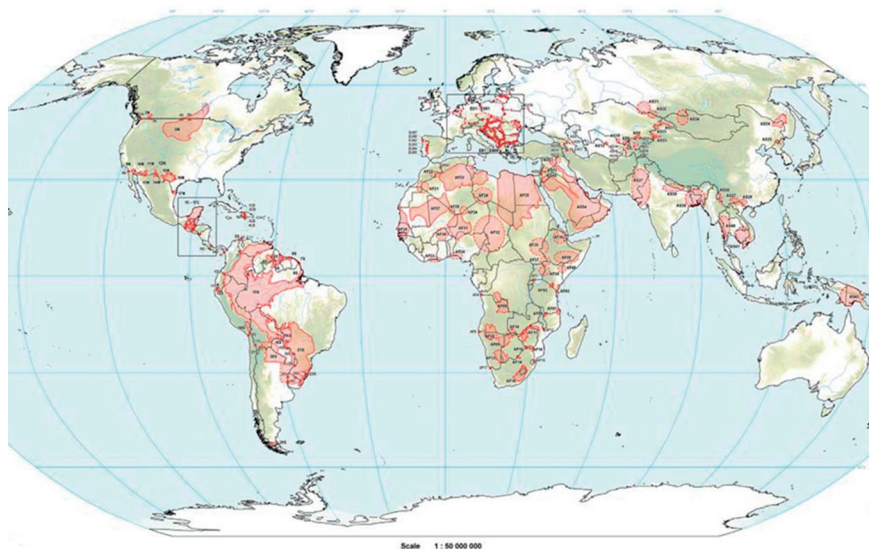


Figura 30. Detalle de los acuíferos transfronterizos en el mundo (actualización 2009). Atlas of transboundary aquifers. International Hydrological Programme Division of Water Sciences.

La declaración de Mérida de la Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOC) postula la gestión por cuenca como una forma integral de solucionar los futuros problemas de agua.

«Este llamado pretende brindar algunos de los elementos clave para fortalecer la acción y posicionar la importancia de la gestión integral de los recursos hídricos por cuenca como nexos. Los recursos hídricos, su disponibilidad y su calidad constituyen un elemento clave en todos los procesos relacionados con la vida. Requieren procesos de adaptación a los retos del desarrollo sustentable, desde las perspectivas ambientales, sociales, políticas y económicas, concentrándose en la unidad física y de planeación denominada cuenca. La planificación y realización de la adaptación a todos los niveles de gobernanza depende de los valores sociales, los objetivos y las percepciones del riesgo. El reconocimiento del capital social de una cuenca en cuanto a los diversos intereses, circunstancias, contextos socioculturales y expectativas puede favorecer los procesos de toma de decisiones.

Los instrumentos económicos pueden generar incentivos y recursos para la gestión integral del agua por cuenca, entre los que destacan la aplicación de los principios usuario-contaminador pagador, las asociaciones público-privadas, los pagos por los servicios ambientales, el establecimiento de tarifas eficientes y equitativas, la optimización de subsidios, la adecuación de normas y reglamentaciones, así como mecanismos de compensación por sobreexplotación y contaminación.

Es fundamental innovar para propiciar la estabilidad, suficiencia, equidad, integridad y transparencia en la definición y aplicación de los recursos financieros en el sector.

La implementación de las decisiones es más eficaz cuando se incorporan los intereses múltiples en materia de desarrollo; por ello, fomentar organizaciones que hacen de puente entre los varios socios, la ciencia y la política, para favorecer la toma de decisiones, trascenderá en la mejor comunicación, adquisición, transferencia y evolución de los conocimientos en la gestión del agua por cuenca»<sup>67</sup>.

### Conclusiones

A pesar de estar reconocido el acceso al agua como un derecho humano, la realidad es que una de cada seis personas en el año 2016 carece de acceso a una fuente de agua mejorada, y una de cada tres carece de acceso a saneamiento. Esta situación de carencia de acceso al agua y a sus instalaciones de soporte conlleva graves problemas de salud, de higiene, de epidemias y en general frena el desarrollo de las sociedades en todos sus aspectos (económico, cultural, tecnológico...). La carencia de un recurso básico como es el agua tiene potencial para generar un conflicto a nivel local, regional y, últimamente, interestatal.

Hay suficiente agua, pero no siempre es accesible o es dulce. Será necesario gestionar una distribución eficiente y fiable, con implicaciones internacionales y una administración seria y limpia de las aguas transfronterizas, el agua debe y puede ser una fuente de cooperación.

El agua como recurso natural se debe contemplar desde una visión de economía circular, e incorporar las aguas residuales como materia prima en el uso de fuentes de agua no convencionales. Estas aguas residuales se pueden tratar y adaptar de nuevo al uso humano. Y tanto las aguas recién extraídas como las residuales se pueden tratar o preparar con diferentes calidades adaptadas a diferentes usos, y así reducir la extracción de aguas naturales y disminuir costes en la producción.

A medida que la calidad del agua se degrada o la cantidad disponible de la misma tiene que satisfacer demandas cada vez mayores, la competencia entre los usuarios del agua se intensifica. En ningún lugar esta situación es más desestabilizadora que en las cuencas de los ríos que atraviesan fronteras políticas. Sin embargo, la experiencia muestra que, en muchas situaciones, lejos de causar conflictos, la necesidad de compartir el agua puede generar cooperación.

---

<sup>67</sup> Declaración de Mérida. Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOC).

«Pese a la complejidad de los problemas, la experiencia acumulada permite afirmar que las controversias relacionadas con el agua pueden manejarse por la vía diplomática. En los últimos ciento cincuenta años solo se han producido treinta y siete controversias graves en las que ha habido estallidos de violencia, en comparación con los ciento cincuenta tratados que se han firmado»<sup>68</sup>.

## Bibliografía

- Shiklomanov, I. A., «World Water Resources: Modern Assessment and Outlook for the 21st Century», 1999. (Summary of World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, prepared in the framework of the IHP UNESCO). Federal Service of Russia for Hydrometeorology & Environment Monitoring, State Hydrological Institute, St. Petersburg.
- Shiklomanov, I. A., «Appraisal and Assessment of World Water Resources», *Water International Journal*, Volume 25, 2000 - Issue 1.
- AQUASTAT 2005 «Precipitaciones medias anuales en el continente africano».
- B. M. D. Matlock, «A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies». University of Arkansas, The Sustainability Consortium White Paper n.106, April 2011.
- Bain, *et al.*, 2014. «Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review», *Trop Med Int Health*. 2014. Aug; 19(8): 917-927. Published online 2014 May 8. Doi: 10.1111/tmi.12334, PMID: PMC4255778.
- Baum, *et al.*, 2013, «Sanitation: A Global Estimate of Sewerage Connections without Treatment and the Resulting Impact on MDG Progress». The Water Institute, Department of Environmental Sciences and Engineering, Gillings School of Global Public Health, University of North Carolina at Chapel Hill, 135 Dauer Drive, CB#7431, Chapel Hill, North Carolina 27599, United States.
- Contribución de la UNESCO a la edición 2015 del Informe de las Naciones Unidas para el Desarrollo Hídrico Mundial. «Afrontar los retos, estudios de casos e indicadores».
- Falkenmark, «The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed». *Ambio* 18, n.º 2 (1989): 112-118.
- FAO Water Report 20, «Irrigation in Latin America and the Caribbean in Figures», 2000.
- FAO Water Report 29, «Irrigation in Africa in figures», AQUASTAT Survey 2005.

---

<sup>68</sup> Decenio del Agua 2005-2015. Aguas transfronterizas.  
[http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/transboundary\\_waters.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/transboundary_waters.shtml).



- FAO Water Report 38, «Irrigation in the Middle East region in figures», AQUASTAT Survey 2008.
- FAO Water Report 42, «Drought characteristics and management in the Caribbean», 2016.
- FAO Water Report 7, «Irrigation in Africa in figures», 1995.
- FAO. 1996. Agriculture and food security. World Food Summit, November 1996, Rome.
- Gleick, P. H. 1996. «Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs». Water International. Vol. 21, n.º 2, pp. 83-92.
- Graphic Maps, «The List», noviembre de 2001 ([www.graphicmaps.com/geoquiz/thelist.htm](http://www.graphicmaps.com/geoquiz/thelist.htm)).
- Groombridge y M. Jenkins, «Freshwater Biodiversity: A Preliminary Global Assessment», 1998. World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WC-MC) - World Conservation Press, Cambridge, UK.
- Hoekstra, A. Y., y Hung, P. Q. (2005). Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change Part A*, 15 (1), 45 – 56. doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.06.004. [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/estimates\\_regional/en/index.html](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates_regional/en/index.html). (2004).
- J. A. Boswinkel, «Information Note, 2000». International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC), Netherlands Institute of Applied Geoscience, Netherlands.
- L. Burke, K. Reyntar, M. Spalding y A. Perry, «Reefs at Risk Revisited», febrero de 2011.
- N. Alvis y M. T. Valenzuela, «Los QALYs y DALYs como indicadores sintéticos de salud». *Rev Med Chile* 2010; 138 (Supl 2): 83-8.
- New, M., Hulme, M., y Jones, P. D. 1999. Climate Research Unit of the University of East Anglia, UK.
- P. H. Gleick, «Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources», 1993. Oxford University Press, New York.
- P. N. Acha y B. Szyfres. «Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales». Tercera edición. Publicación Científica y Técnica n.º 580. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la OMS.
- R. B. Jackson, *et al.*, «Water in a Changing World». *Ecological Applications*. Vol. 11, n.º 4, agosto de 2001.
- R. Clarke, «Water: The International Crisis», 1991. Earthscan, London.
- S. L. Wear y R. V. T. Ann. «The Year in Ecology and Conservation Biology» *NY Acad Sci*. 2015 Oct; 1355(1): 15-30. Published online 2015 May 8. Doi: 10.1111/nyas.12785 PMID: PMC4690507.
- UNESCO, Informe sobre el Desarrollo del Agua 2003, «Agua para todos, agua para la vida».

- UNESCO, Informe sobre el Desarrollo del Agua 2009, «El agua en un mundo en cambio».
- UNESCO Informe sobre el Desarrollo del Agua 2015, «Water and Jobs».
- UNESCO Informe sobre el Desarrollo del Agua 2015, «Water for a Sustainable World».
- VITAL WATER GRAPHICS, «An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, 2nd Edition» - 2008 unep.org.
- Water for Food, «Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture», 2007. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute.
- WBCSD resources, World Business Council for Sustainable Development, «Water, Energy and Climate Change», 2009.
- WBCSD resources, World Business Council for Sustainable Development, «Water: Facts and trends (The world water resources)», second revision 2005.
- WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2012). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2012 Update and MDG Assessment».
- WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2014). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2014 Update and MDG Assessment».
- WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) (2015). «Progress on Drinking Water and Sanitation, 2015 Update and MDG Assessment».
- Y. Hoekstra y M. M. Mekonnen, «The water footprint of humanity», Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) February 28, 2012, vol. 109, n.º 9. Doi: 10.1073/pnas.1109936109.
- Y. Hoekstra y A. K. Chapagain. «Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern». Water Resource Manage (2007) 21:35-48 DOI 10.1007/s11269-006-9039-x.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR), annual report 2012.
- Hutton G. «Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply». J Water Health; 2013 Mar; 11(1):1-12. Doi: 10.2166/wh.2012.105.
- UNDP-SIWI Water Governance Facility (WGF), WGF Report 1 - «Human Rights-Based Approaches and Managing Water Resources», January 2012, Stockholm International Water Institute (SIWI).