

## **El recurso de agua y sustentabilidad**

*(Water resource and sustainability)*

**Badii, M. H., J. Landeros., y E. Cerna \***

**Resumen.** Se describen la situación del agua por vertientes distintos tales como las reservas actuales, los usos de tipo agrícola, industrial, doméstico y para la bebida. De forma breve también se notan la calidad del agua, su efecto sobre la salud y las perspectivas ambientales hídricas.

**Palabras claves.** Recursos renovables y no renovables, sustentabilidad, uso de agua

**Abstract.** The water issue from different perspectives such as current reserves, its utilization in agricultural, industrial, domestic situations along with its role in drinking is described. Furthermore, the water quality and its effect on human health and in relation with environmental perspectives are briefly touched upon.

**Key words.** Renewable and non renewable resource, sustainability, water use

### **Introducción**

El agua es esencial para mantener la vida y para mantener el equilibrio ecológico de nuestro planeta; es indispensable para el mantenimiento de las funciones de los organismos y de los ecosistemas, es el componente principal de todos los seres vivos, el medio para transportar materia en el ambiente y facilitar el flujo de energía a través de las circulaciones oceánica y atmosférica. También se requiere para la producción de alimentos, para cubrir las necesidades de agua potable de las poblaciones humanas, para la higiene personal y la producción industrial y pesquera. Los ríos, lagos y ecosistemas adyacentes (Beven, 2000) también proporcionan estos servicios, que incluyen el control de inundaciones, el transporte de personas y de bienes, recreación, purificación de aguas residuales municipales e industriales, generación de energía y hábitat para plantas y animales acuáticos (Acton, 2000, Bell, 2000).

El agua generalmente suele considerarse un recurso renovable, es decir que, que puede utilizarse de manera que no afecte la disponibilidad del mismo recurso a largo plazo; sin embargo, la disponibilidad de agua y el acceso al agua dulce serán temas críticos a resolver durante años siguientes.

### **La reserva**

El volumen total de agua en el mundo es de aproximadamente 1,400 millones de kilómetros cúbicos; en otras palabras, 71% de la superficie terrestre esta cubierta por agua, alrededor de 97.5% de volumen total de agua se encuentra en los océanos y mares pero es demasiada salada para ser utilizada en la agricultura o para usos domésticos o industriales; el restante 2.5% de aproximadamente 35 millones de kilómetros cúbicos de liquido vital lo constituye el agua dulce.

De este 2.5% de agua dulce, 2.18% esta concentrado en los glaciares, en la atmósfera y/o en acuíferos que se encuentran a cientos de metros de profundidad, por lo que toda esta agua es de difícil acceso para su uso; por lo tanto, solo 0.32% aproximadamente puede aprovecharse, lo cual representa 112,000 kilómetros cúbicos, de los cuales 90%,

es decir, 100,800 kilómetros cúbicos, corresponden a agua subterránea y puede estar a cientos de metros debajo de la superficie terrestre. En consecuencia, solo un volumen de 11,200 kilómetros cúbicos esta disponible en lagos, ríos y pantanos. La mayor parte de agua se concentra en las cuencas de Siberia, en los grandes lagos de Norteamérica, y en los lagos Tanganica, Victoria y Malawi, en África, y 27% se encuentra en cinco sistemas fluviales; el río Amazonas, el Ganges, el Brahmaputra, el Congo, el Yangtzé y el Orinoco (Woodhouse et al., 2000).

La disponibilidad de agua en una determinada región está dada por la dinámica del ciclo hidrológico, en el cual el agua de mar se evapora y cae nuevamente en forma de lluvia o precipitación. Dado que el agua puede reutilizarse muchas veces, el acceso a ella para uso humano depende, en gran parte, tanto del manejo que se haga de los recursos hídricos como de la limitación que de manera natural pueda existir.

Los 6,621 millones de habitantes actuales del planeta se han adueñado de 54% de los recursos disponibles en ríos, lagos y acuíferos subterráneos. Para el año 2010 los humanos podrán consumir entre 70% y 90% del agua disponible, dejando solo 10% para el resto de las especies que habitan en el planeta.

Comparando el uso del agua entre los habitantes del mundo, la gente que vive en los países desarrollados consume aproximadamente 14 veces mas agua por día que la que vive en países en vías de desarrollo. En el año 2000, más de mil millones de personas no tenían acceso al agua potable y 3,000 millones tenían agua en sus hogares.

## **Papel del agua en la vida humana**

### **Agricultura**

El manejo del agua, tanto para la agricultura de temporal como de riego, incrementó la producción de alimentos durante los últimos 50 años, apoyando a una población mundial y disminuyendo las hambrunas. Se estima que para el año 2030, como resultado del crecimiento demográfico, la población será de alrededor de 8,300 millones de personas, por lo que los patrones de agricultura tendrán que adaptarse a la demanda en el consumo de alimentos. Para producir alimentos diarios para una persona se pueden necesitar alrededor de 5,000 litros de agua; por eso, la producción de alimentos y de fibras vegetales requiere la mayor proporción de agua dulce de origen natural para consumo humano, o cerca de 70% del agua que se extrae.

El agua para los cultivos se extrae de ríos y lagos, así como de la construcción de infraestructura de riego; también el agua subterránea poco profunda es una importante fuente de agua para riego, pero el exceso de bombeo de los acuíferos, la contaminación con agroquímicos, es decir, plaguicidas y fertilizantes, y la extracción de acuíferos de aguas subterráneas fósiles (aquellos que se llenan tan lentamente a lo largo de cientos de años y se consideran un recurso no renovable), representan un riesgo para la disponibilidad de agua.

El uso eficiente de agua para riego deberá mejorar progresivamente a través de la utilización de tecnologías eficientes y un mejor manejo del agua para este fin.

## Doméstico

Alrededor de 48% de la población, mundial en la actualidad vive en ciudades de tamaño mediano grande, y se calcula que 60% de la población estará en este tipo de urbes en el año 2030. Tomando en cuenta todas las grandes ciudades del mundo, 94% de la población urbana tiene agua entubada dentro o fuera de la vivienda, y 86% cuenta con servicio de drenaje. Se estima que en el mundo cerca de 50% de la población mundial, carecen de instalaciones básicas de saneamiento y 2,660 millones aun no tienen alcantarillado y consumen agua de fuentes inseguras y contaminadas. Esto significa que más de 39% de la población no tiene acceso a agua de buena calidad.

Los requisitos básicos humanos de agua para beber, para la higiene, el baño y la preparación de alimentos es de 50 litros por persona por día (1,825 metros cúbicos al año). Un recién nacido en un país desarrollado consume una cantidad de agua de 30 a 50 veces mayor que un recién nacido en un país en vías de desarrollo. En 1990 más de mil millones de personas tenían acceso a menos de 50 litros de agua al día. Una persona que vive en una ciudad de un país desarrollado utiliza, en promedio, 526 a 633 litros de agua al día, que se distribuyen de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1. la distribución de agua para diferentes funciones.

Uso Domestico del Agua	Promedio de litros utilizados cada vez	Litros / día (promedio)		Litros / año (promedio)
Descarga de excusado	5 cargas al día/6 a 11 litros por descarga	30	55	10,950 – 20,075
Baño de tina llena hasta la mitad	1 por semana 150 litros por baño	21.4	21.4	7,800
Ducha diaria	6 minutos 14 litros/ minuto	84	84	30,660
Lavadora para 4 k de ropa	2 cargas por semana 75 litros la carga completa	21	21	7,800
Lavado de loza en fregadero	3 veces al día / 10 litros cada vez	30	30	10,950
Lavarse los dientes	3 veces al día con un vaso de agua de 200 mililitros	0.6 a 4	0.6 a 4	219
Lavarse las manos	10 veces al día/ 6 litros por minuto	60	60	21,900
Agua para beber	1.5 litros diarios	1.5	1.5	547.5
Llenado de una alberca familiar	50,000 litros cada vez que se cambia el agua de la alberca. 2 a 3 veces por año	274	411	1,000,000 a 1,500,000
<b>Total</b>		<b>526</b>	<b>633</b>	<b>190,607 a 249,732</b>

## Industria

El agua destinada para la industria (aluminio, automotriz, química, procesadora de alimentos, minera, de la pulpa y del papel, del petróleo, acero y textil entre otros) representa 22% del uso total del agua en el mundo; para el año 2025 se calcula que los requerimientos de agua para la industria se incrementen 1.6 veces.

Del agua dulce empleada en la industria, entre 56 y 69% se utiliza para generar energía hidroeléctrica y nuclear; entre 30 y 40% en procesos industriales, y entre 0.5 y 3.0% para la generación de energía térmica. Se calcula que el volumen anual de agua utilizada para la industria aumentara de los 753 kilómetros cúbicos por año que se utilizaban en 1995 a 1,170 kilómetros cúbicos en el 2028, por lo que en ese año se utilizará 24% del total de agua dulce disponible en todo el orbe.

La energía hidráulica es la fuente renovable de electricidad más importante y más utilizada en el mundo. A nivel global, la hidroelectricidad representa 19% de la producción total de electricidad.

La energía hidroeléctrica aprovecha el movimiento del agua para convertirlo en corriente eléctrica comercial; la primera vez que esto se realizó fue en Inglaterra en 1880 y es una tecnología que se sigue aprovechando en la actualidad sin grandes modificaciones ya que su funcionamiento es sencillo. Algunos procesos industriales demandan una gran cantidad de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Uso y demanda de agua en los procesos industriales.

<b>Cantidad de producto</b>	<b>Cantidad de agua necesaria para el proceso productivo</b>
1 ton de cemento	3,500 litros
1 ton de acero	250,000 litros
1 kg. de cebada	500 litros
1 kg. de azúcar	1,800 litros
1 kg. de lana	550 litros
1 kg. de papel	250 litros
1 kg. de caucho sintético	1,400 litros

Para aprovechar la energía hidroeléctrica se necesita llenar de agua un embalse o presa situada a una altura por encima del cauce habitual de un río para provocar la llamada “caída del agua”; la energía potencial producida durante esta caída se convierte en energía cinética, que alcanza gran velocidad en el punto más bajo, en el cual se le hace pasar por una turbina y provoca el movimiento rotatorio en un generador que a su vez produce energía eléctrica. Una vez utilizada la fuerza del agua se regresa al río para que prosiga su curso normal, y para aprovecharla en río abajo. Los principales países productores de energía eléctrica en el mundo son, en orden de importancia: Canadá, Brasil, Estados Unidos y China.

### **Embotellada**

Poco más de 59% del agua que se bebe en el mundo es agua purificada; el 41% restante es agua mineral o de manantial; una persona bebe en promedio 24 litros de agua embotellada cada año. Cada mexicano en término promedio, consumen 168 litros por año; otros países donde se consume agua embotellada son Italia, Alemania, Bélgica, España, Francia, Irán, Líbano y Suiza.

## **Cuerpos importantes de agua**

El océano más grande es el Pacífico con un área aproximada de 179,000 millones de kilómetros cuadrados, ocupando 28% de la superficie, siendo esta cantidad mayor al total de la superficie terrestre. Este océano fue bautizado así en 1520 por el navegante portugués Fernando de Magallanes por los suaves vientos que soplaban cuando navegó del estrecho de que lleva su nombre hasta las Filipinas. Este océano es una de las principales fuentes de abastecimiento para la economía mundial, entre otras razones por que provee transporte de mar de bajo costo entre este y oeste, es un lugar de pesca extensiva, fuente de gas y petróleo fuera de las costas, y proporciona minerales, arena y grava para la industria de la construcción (WEF, 2001).

El mar mas grande es el mar del Sur de China con un área de 3.5 millones de kilómetros cuadrados; en este mar hay mas de 200 pequeñas islas agrupadas en un archipiélago y es rico en recursos naturales tales como petróleo y gas natural. La bahía mas grande es la bahía de Bengala, que mide 2,090 kilómetros de largo, 1,610 kilómetros de ancho y es un brazo del océano indico; en la bahía desembocan muchos grandes ríos, entre otros el Ganges y el Brahmaputra. El punto de mayor profundidad de la tierra es la Fosa Mariana y se localiza en el océano Pacífico al este de las 14 islas Marianas cerca de Japón. Tiene 2,524 kilómetros de largo, 69 kilómetros de ancho y 11,033 metros de profundidad. El mar más salado del planeta es el mar Muerto, nueve veces más salado que las aguas oceánicas. Es un mar interior de aproximadamente 1,049 kilómetros cuadrados de superficie, situado entre el este de Jordania y el oeste de Israel. El clima calido del desierto es el que facilita la evaporación del agua que aportan los afluentes ya que este mar no tiene ninguna salida. Su salinidad no permite la existencia de prácticamente ninguna forma de vida, excepto de algunos microorganismos, por eso se le llama “muerto”. Desde el punto de vista económico, es un mar muy importante ya que proporciona sales, yesos, bromuros y otros productos químicos de fácil explotación.

El golfo Pérsico es el cuerpo de agua de mar mas caliente en el planeta, tiene una longitud de 898 kilómetros y una anchura de 535 kilómetros. Sus aguas son poco profundas (la profundidad máxima es de 108 metros) y por las condiciones hidrológicas existentes casi no se forma oleaje. Su temperatura promedio es de 35° C y dado que no hay tempestades o vientos fuertes es un mar fácilmente navegable. El mar Caspio es el mar cerrado mas grande; mide aproximadamente 1,030 kilómetros de largo entre 196 y 435 kilómetros de ancho con una superficie de 386,400 kilómetros cuadrados y no se conecta con ningún océano. El agua del mar Caspio es ligeramente salina ya que contiene 3 veces menos sal que el océano. Este mar es un remanente de un océano antiguo llamado Tetis, que hace unos 50-60 millones de años se conectaba tanto con el océano Atlántico como con el Pacífico, pero que debido al continuo cambio de las placas continentales poco a poco quedo aislado de dichos océanos. La región del mar Caspio es importante económicamente por poseer grandes reservas de petróleo y gas.

El río mas largo del planeta es el Nilo con 6,650 kilómetros de longitud. La cuenca del Nilo es inmensa y ocupa un área de aproximadamente la décima parte del continente Africano, incluyendo porciones de Tanzania, Burundi, Rwanda, Zaire, Kenya, Uganda, Etiopia, Sudan y Egipto. El río Amazonas es el más caudaloso del mundo y se localiza en América del Sur; tiene su origen en Perú y desemboca en Brasil. Cada segundo vierte un total de 113,000 metros cúbicos de agua en el océano Atlántico, lo equivalente a

20% de toda el agua dulce que se descarga en los océanos del mundo. También es el segundo río mas largo después del Nilo; el lugar donde desemboca al mar es tan ancho que algunos barcos grandes pueden navegar desde este punto hacia aguas adentro hasta recorrer 2 terceras partes del mismo hacia arriba. El río Amarillo o Huang He, ubicado en China, es el segundo río mas grande de este país y el mas fangoso del mundo, de echo su nombre se asocia con lo lodoso de sus aguas que tiene un color amarillo permanente.

El lago mas viejo y profundo es el Baikal que se encuentra en Siberia, Rusia; su cuenca ocupa 557,000 kilómetros cuadrados y contiene aproximadamente 23,000 kilómetros cúbicos de agua, lo que representa una quinta parte de las reservas del mundo de agua dulce superficial y mas de 80% de agua dulce de la Ex Unión Soviética. Es el lago más profundo del mundo con una profundidad promedio de 730 metros y una máxima 1,620 metros. El lago Superior en Estados Unidos es el de agua dulce mas frío, grande y profundo del mundo, con un área de 82,103 kilómetros cuadrados; su profundidad promedio es de 152 metros y el punto más profundo esta a los 406 metros.

### **Caso de México**

El territorio mexicano esta ubicado a la altura del trópico de Cáncer; sus condiciones climáticas varían desde la aridez en el norte del territorio, hasta climas calido húmedos y sub-húmedos en el sur-sureste, y climas fríos o templados en las regiones geográficas elevadas. En el norte del país, en la frontera con Estados Unidos de América, el territorio es semidesértico con clima árido. Hacia el sur-sureste se encuentran tanto selvas tropicales como zonas pantanosas. Más de 70% del agua que llueve en el país se evapotranspira y regresa a la atmósfera el resto escurre por los ríos y arroyos o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos. El ciclo hidrológico aumenta en las cuencas, las que se consideran unidades mínimas de manejo de agua. En México se encuentran 37 regiones hidrológicas y la gestión del agua se realiza tomando como base 13 regiones hidrológico – administrativas definidas por la Comisión Nacional del Agua. En los ríos del país escurren 396 kilómetros cúbicos de agua anualmente incluyendo las importaciones de otros países y excluyendo las exportaciones. Aproximadamente 87% de este escurrimiento se presenta en 37 ríos, cuyas cuencas ocupan 58% de la extensión territorial del país. El 65% del escurrimiento superficial pertenece a siete ríos: Grijalva, Usumacinta, Papaloapan, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá. México también posee un gran número de lago, siendo el de Chapala el más grande de los lagos internos del país. México comparte tres cuencas con Estados Unidos de América: la de los ríos Colorado, Bravo y Tijuana; cuatro cuencas con Guatemala (Grijalva – Usumacinta, Suchiate, Coatlán y Candelaria), y una cuenca con Belice y Guatemala (la del río Hondo). Las aguas de los ríos Tijuana, Colorado y Bravo se comparten de acuerdo a lo indicado en el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y Los Estados Unidos de América, firmado en Washington, D.C. el 3 de febrero de 1944. El agua subterránea es de gran importancia para México ya que de esta fuente se obtiene 64% del volumen del agua utilizada para el abastecimiento público; 33% del que se destina para uso agropecuario, y 24% del que se utiliza en la industria (INEGI, 2008).

Una serie de factores representan grandes retos para la gestión del agua en México. 1. La demanda creciente de manera exponencial por el crecimiento poblacional y un

mayor desarrollo económico. 2. La desigual distribución del agua en tiempo y en el espacio. 3. La menor disponibilidad ocasionada por la contaminación de las aguas. 4. El uso ineficiente del agua en diferentes sectores usuarios. Respecto al volumen de la población, ésta en la últimas cinco décadas prácticamente se cuadruplico, ya que pasamos de ser 25.8 millones de habitantes en 1950 a 97.4 millones en el 2000, sobrepasando los 104 millones en la actualidad. Este aumento implica una gran demanda de agua para consumo humano y, en mayor proporción, para uso agrícola e industrial. Se estima que para el año 2,030, la población de México crecerá 84% respecto a la actual, y que 50% de la población estará concentrada en 31 ciudades con mas de 500,000 habitantes. Por otra parte, la desigual distribución de agua en el tiempo y en el espacio representa un reto para el aprovechamiento sostenible del recurso. En el país, 77% de la precipitación se presenta entre junio y octubre, y la precipitación media anual es de 773 mm. Otro reto para lograr un manejo sustentable del agua en el territorio nacional es que la mayoría de los cuerpos de agua superficial reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo industrial o municipal, lo que ha ocasionado un importante grado de contaminación y limita el uso directo de esta agua en otras actividades.

### **Calidad del agua**

La calidad del agua se refiere a la concentración de gases sólidos y disueltos, sólidos en suspensión, iones hidrogeno, organismos patógenos y color en determinada cantidad de agua. Las sustancias químicas representan un problema para la calidad del agua dependiendo de que tan toxicas sean, del tiempo que persisten en el liquido sin descomponerse, de su bioacumulación, de la manera en como interactúan con otros compuestos químicos, de cómo se transportan del suelo y el aire hacia el agua, y de su potencial de transformación en otras formas químicas mas peligrosas (INEGI, 2008). la valoración del agua como de buena o mala calidad no puede ser absoluta, sino que depende del uso que se le vaya a dar o del destino que tenga; por ello, la calidad del agua se puede definir, de una manera simple, como la aptitud del liquido para sostener uno o varios procesos. Todas las actividades humanas que dependen del agua (agropecuarias, domesticas, industriales, recreación, pesca, generación de energía eléctrica, etc.) requieren que la concentración de algunos de los constituyentes se encuentren dentro de ciertos limites. La mayoría de las aguas de desecho, ya sean domesticas, industriales, agrícolas, pecuarias, etc., en México reciben tratamiento y se vierten directamente en los cuerpos de agua superficiales, lo que ocasiona la contaminación de estos. El control de la calidad del agua es un problema que se suma a la creciente escasez por sobreexplotación y la elevación de los costos por el abastecimiento, dada la necesidad de tratarla antes de que se pueda usar.

Dentro de las actividades que contaminan el agua, es importante mencionar la contaminación por detergentes que por lo general se debe al uso en nuestras casas y negocios. Los detergentes son productos que contienen sosa, la cuál mata los microorganismos que viven en el agua y que tienen como función natural degradar o digerir los desechos. La solución parcial a este problema es el uso de detergentes biodegradables (no contienen sosa y son amigables con el ambiente) debido a que están formulados con elementos naturales llamados enzimas, que ayudan en la limpieza natural del agua. Un río, un lago un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen con nutrientes en exceso (fosfatos y nitratos, principalmente), debido a que

se consume una gran cantidad de oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos, el resultado final es un ecosistema casi destruido. De acuerdo con los datos proporcionados por la Conagua y el World Water Council, un organismo internacional que editó en 2006 el documento acciones locales para un cambio global, con motivo de la realización en México del IV Foro Mundial del Agua, en los últimos 20-30 años las concentraciones de nitrógeno y fósforo en muchos mares y lagos se ha duplicado. La mayor parte de esta contaminación les llega por aporte de los ríos. En el caso del nitrógeno, una elevada proporción (alrededor de 30%) le llega a través de la contaminación atmosférica.

### **Efecto en la salud**

Es ampliamente reconocido que el agua es el líquido vital para la vida y la salud. El derecho humano a disponer de agua es imprescindible para llevar una vida saludable, que respete la dignidad humana. Es un requisito para disponer de todos los demás derechos humanos.

En el 2003 el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas emitió la Observación número 15, en la que especifica, “el derecho humano al agua, como derecho de todas las personas a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable y accesible y debe de ejercerse de modo sustentable para que pueda ser disfrutado por las generaciones presentes y futuras.”

**Importancia microbiológica.** Los organismos patógenos que potencialmente pueden estar presentes en el agua y ocasionar efectos negativos sobre la salud son los siguientes.

**1. Protozoarios:** El agua juega un importante papel en la transmisión de estos agentes patógenos que constituyen la mayor causa de infección y enfermedad entre los humanos y muchos otros animales; el control de su transmisión a través del agua representa un reto ya que producen estructuras de resistencia tales como quistes o huevesillos que son extremadamente resistentes a los procesos que en general se utilizan para la desinfección del agua. Algunos de los organismos más representativos de estos patógenos son: *Entamoeba histolytica* (amibas) y *Giardia* intestinales.

**2. Helmintos:** La palabra “helmintos” proviene del griego y significa “gusanos”; los principales grupos de gusanos parásitos son los Nematodos (gusanos redondos) y los Platelminos (gusanos planos). Los helmintos infectan a un gran número de personas y animales en todo el mundo y su transmisión esta asociada con el uso de las aguas negras no tratadas para el riego de productos agrícolas; ejemplo de estos organismos son las *Ascaris* (lombrices) y *Trichiuris*.

**3. Bacterias:** La mayoría de estas infectan el tracto gastrointestinal y son excretadas en las heces fecales de los humanos y animales infectados; algunas de las bacterias que más frecuentemente pueden transmitirse a través del agua son: *Salmonell*, *Shigella*; *Vibrio*, etc. Todas ocasionan problemas diarreicos moderados o severos, y siguen siendo un problema en la mayoría de los países en transición que tienen pobres sistemas de tratamiento de agua residual y de abastecimiento formales de vital líquido.



**4. Virus.** Al igual que las bacterias, los virus que se transmiten por el agua contaminada son aquellos que están presentes en el tracto gastrointestinal y que son excretados en las heces fecales de los animales y humanos contaminados, las especies que integran el grupo de los *Enterovirus* se pueden transmitir por el agua, por el contacto personal o por el consumo de alimentos contaminados; son las de mayor importancia en cuanto a su transmisión, ya que se ha estimado que, tan solo en Estados Unidos, causan 30 millones de infecciones gastrointestinales al año.

**Importancia fisicoquímica.** Algunas sustancias químicas disueltas en el agua pueden estar presentes de manera natural o pueden ser de origen antropogénico y representar, de acuerdo con el tipo de sustancias y su concentración, algunos peligros para la salud humana, por ejemplo, los metales pesados, nitratos, cianuros y plaguicidas, que pueden provocar toxicidad aguda o crónica cuando son consumidos.

Otros aspectos fisicoquímicos son: **1.** Color, ocasionado principalmente por la presencia de materia orgánica coloreada asociada al suelo. **2.** Olor y sabor, que se originan de fuentes naturales y biológicas, o por la contaminación por sustancias químicas. **3.** Temperatura, debida al tipo de fuente de agua y si es estática (laguna) o tiene movimiento (río). **4.** Turbidez, que es causada por el material (sólidos suspendidos) que pueden estar presente de manera natural o por contaminación.

### **Perspectiva ambiental**

Los ecosistemas de una cuenca proporcionan numerosos servicios ambientales no solo en la zona en la que se encuentran, sino también en regiones cercanas y de cierto modo a todo el país (Paton, 2001, Hardi, 2001).

Entre estos servicios ambientales se encuentra la regulación de los ciclos biogeoquímicos, por ejemplo, la captura de carbono y la generación de oxígeno, el mantenimiento de los flujos hidrogeológico, la regulación climática, la disponibilidad de agua dulce, la protección y recuperación de los suelos, el reciclaje de los nutrientes y la generación de espacios para que habiten las poblaciones humanas. En todos los ecosistemas el agua es el factor que regula la productividad, estabilidad y salud de los organismos que lo habitan. Las principales alteraciones que sufren las cuencas como resultado del crecimiento de la población humana se debe a la expansión de los campos agrícolas, a la urbanización por el crecimiento de las ciudades, al desarrollo de la infraestructura por la generación de energía y a la contaminación asociada a los procesos industriales y a la extracción de combustibles fósiles (Tabla 3).

Tabla 3. Efectos de diferentes actividades sobre el agua.

<b>Actividad</b>	<b>Efecto Inmediato</b>	<b>Efecto sobre los recursos Híbridos</b>
Agricultura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminación de la vegetación natural.</li> <li>2. Erosión del suelo.</li> <li>3. Aplicación de fertilizantes y plaguicidas.</li> <li>4. Aumento de la demanda de agua para riego.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dificultad para la retención e infiltración de agua al subsuelo.</li> <li>2. Incremento de la concentración de plaguicidas.</li> <li>3. Reduce la disponibilidad para otros usos.</li> </ol>
Ganadería	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Eliminación de la vegetación natural.</li> <li>2. Compactación del suelo.</li> <li>3. Deposito de materia fecal en el suelo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dificultad para la retención e infiltración de agua al subsuelo.</li> <li>2. Aumenta el riesgo de contaminación por organismos patógenos.</li> </ol>
Urbanización	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de las superficies cubiertas por asfalto o cemento.</li> <li>2. Entubamiento de los ríos.</li> <li>3. Descarga de aguas residuales municipales.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disminuye la infiltración de agua de lluvia.</li> <li>2. Obstruye la recarga de los mantos freáticos.</li> <li>3. Mezcla agua limpia de lluvia con aguas residuales municipales e industriales.</li> <li>4. Aumenta la concentración de contaminantes químicos y microbiológicos.</li> </ol>
Hidroeléctrica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construcción de presas.</li> <li>2. Fragmentación de ríos.</li> <li>3. Inundación de cuencas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Interrumpe el cause natural de los ríos.</li> <li>2. Disminuye el caudal y cambia los patrones de flujo en las partes bajas de la cuenca.</li> <li>3. Altera la calidad de agua.</li> </ol>

## Conclusiones

Los ecosistemas son producto de la interacción del clima, la radiación solar, la geología, los suelos, los ciclos biogeoquímicos y las especies animales y vegetales; constituyen unidades fundamentales que proporcionan servicios ambientales para la subsistencia y desarrollo de la humanidad. Algunos de los servicios ambientales básicos que aportan los ecosistemas son, entre otros, la captación de carbono, la formación y estabilización del suelo, el control de la erosión, la protección de las cuencas hidrológicas, la degradación de los desechos orgánicos, alimentos (vegetales y animales), madera, fibras, combustibles, materiales de construcción, plantas medicinales, etcétera. Una cuenca es la unidad territorial mas adecuada para el manejo integrado de los recursos hídricos; las cuencas pueden estar de manera independiente o interconectada. El ciclo del agua esta integrado por la precipitación y la evapotranspiración. En México, la compleja historia geológica de la superficie terrestre nacional ha creado una accidentada orografía que, en combinación con la diversidad de climas, permite la existencia de una gran variedad de

cuerpos de agua continentales, como son los ríos, arroyos, lagos, lagunas y estuarios. En la Ley de Aguas Nacionales se establecen los principios e instrumentos para el Aprovechamiento y preservación del agua. Los desastres hidrometeorológicos son eventos severos causados ya sea por el exceso de agua o la falta de ella, es decir por inundaciones o sequías. Sin agua, la Tierra se vería sin vida. El cuerpo humano es 70% agua, cada sistema del organismo la utiliza. El agua forma 83% de la sangre humana, transporta los desperdicios del cuerpo, lubrica las articulaciones, mantiene la temperatura corporal. Un camello a paso lento y sin carga puede pasar de 6 a 10 días sin beber agua. Al no cerrar la llave mientras lavando los dientes uno puede desperdiciar más de siete litros de agua. Una llave de agua que gotea deja escapar casi 1900 litros de agua al mes, lo suficiente para bañarse unas 100 veces. El verdadero desarrollo no se mide en términos del número de camas en los hospitales, sino a través del número de llaves de agua en las casas”

## Referencias

- Acton, C. 2000. Community Indicators for Sustainability: A European overview. Environmental Thrust, Leicester.
- Bell, S. 2000. Logical frameworks, Aristotle and soft systems: A note on the origins, values and uses of logical frameworks. Public Administration and development, 20(1): 29-31.
- Beven, P. 2000. Who is goody? Demythologizing the PRA Agenda. Journal of International Development, 12: 751-759.
- Dahl, A.L. 2000. Using indicators to measure sustainability: recent methodological and Conceptual developments. Marine and Freshwater research, 51(5): 427-433.
- Hardi, P. 2001. The dashboards of sustainability, paper presented at a conference titled Measure and communicate sustainable development. A science and policy dialogue. Stockholm, 3-4 April.
- INEGI. 2008. Compendio de Estadística Ambiental.
- Paton, G. 2001. A systematic action learning cycle as the key element of an ongoing spiral of analyses. Systematic Practice and Action research, 14(1): 95-112.
- Woodhouse, P., D. Howlett & D. Rigby. 2000. A framework for research on sustainability indicators for agricultural and rural livelihood. Institute for Development Policy and Management, Manchester University, Manchester.
- World Economic Forum (WEF). 2001. Pilot environmental sustainability index: Annual meeting 2001, Davos, Switzerland, WEF, Switzerland.

---

### \*Acerca de los autores

El Dr. Mohammad Badii es Profesor e Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás, N. L., México, 66450. [mbadii@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:mbadii@ccr.dsi.uanl.mx)

El Dr. J. Landeros es Profesor e Investigador en UAAAN, Saltillo, Coah.

El Dr. E. Cerna es Profesor e Investigador en UAAAN, Saltillo, Coah.