

Consumo del recurso agua

El recurso hídrico es fundamental para el desarrollo económico y social de las poblaciones de todo el mundo, por lo que es necesario realizar un uso racional y sostenible a nivel mundial.

Actualmente, el hombre sobreexplota el agua, consumiéndola y contaminándola a un ritmo superior a su tasa de renovación.

En el año 2013, el consumo medio de agua en los hogares españoles fue de 130 L/(habitante*día). Los sectores económicos utilizaron 695 hm³ (el 21,6%), mientras que los consumos municipales (riego de jardines, baldeo de calles, etc.) fueron de 298 hm³ (el 9,3%).

En los últimos años se observa una tendencia decreciente en el consumo de agua. Así, en el año 2013 el consumo fue un 3,7% menor respecto al consumo del año anterior. El consumo de agua en los hogares disminuyó en un 3,9%, en los sectores económicos lo hizo en un 2,3% y los usos municipales consumieron un 6,3% menos.

En la siguiente tabla se puede observar que las Comunidades Autónomas que más volumen de agua doméstica consumieron en el año 2013 fueron Andalucía (16,5%), Cataluña (14,3%) y Comunidad de Madrid (13,8%). En el consumo de agua por sectores se observó la misma tendencia: en primer lugar, estaba Andalucía (18%), luego Cataluña (16,2%) y finalmente la Comunidad de Madrid (11,4%). En el caso de los consumos municipales primero se encuentra Andalucía (18,8%), Comunidad Valenciana (11,3%) y Cataluña (10,9%).

Tabla 1. Volúmenes de agua registrados y distribuidos por usuario y Comunidad Autónoma (miles m³).

	Hogares	% sobre el total	Sectores económicos	% sobre el total	Consumos municipales	% sobre el total
Andalucía	366.154	16,5	125.289	18,0	56.050	18,8
Aragón	62.913	2,8	24.577	3,5	7.916	2,7
Asturias, Principado de	47.317	2,1	19.013	2,7	8.555	2,9
Baleares, Illes	57.174	2,6	23.893	3,4	3.902	1,3
Canarias	109.755	4,9	27.607	4,0	21.159	7,1
Cantabria	31.010	1,4	11.995	1,7	4.762	1,6
Castilla y León	144.047	6,5	50.374	7,3	18.614	6,2
Castilla-La Mancha	106.503	4,8	35.319	5,1	18.681	6,3
Cataluña	316.533	14,3	112.303	16,2	32.668	10,9
Comunitat Valenciana	285.743	12,9	44.553	6,4	33.763	11,3
Extremadura	56.230	2,5	5.026	0,7	8.370	2,8
Galicia	119.906	5,4	40.021	5,8	24.632	8,3
Madrid, Comunidad de	304.968	13,8	78.846	11,4	30.444	10,2
Murcia, Región de	66.088	3,0	26.810	3,9	6.343	2,1
Navarra, Comunidad Foral de	26.088	1,2	13.851	2,0	8.321	2,8
País Vasco	97.802	4,4	46.113	6,6	10.176	3,4
Rioja, La	12.967	0,6	8.395	1,2	2.534	0,8
Ceuta y Melilla	6.488	0,3	674	0,1	1.608	0,5
Total nacional	2.217.686	100	694.659	100	298.498	100

Atendiendo a su calidad y características físico-químicas

La calidad de una masa de agua, superficial o subterránea, depende de factores naturales y de la actividad humana. Si no hubiera acción humana la calidad estaría determinada por la erosión del sustrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos,

y los procesos biológicos que tienen lugar en el medio acuático y que pueden alterar la composición física y química del agua.

Como vimos en la Unidad Formativa anterior, la contaminación del agua se debe a la presencia de contaminantes químicos, físicos y biológicos que alteran las características naturales de este recurso. La baja calidad del agua repercute directamente en la cantidad de agua disponible. De esta manera, cuando el agua está contaminada y no puede utilizarse para consumo, ni para baño, ni para la industria, ni en la agricultura se reduce de forma efectiva la cantidad de agua disponible en una zona.

Desde el proyecto de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), la calidad del agua se entiende como las condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla con unos determinados objetivos de calidad (calidad ecológica).

Para determinar la calidad del agua se suelen comparar las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares, basadas en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los seres humanos como para los organismos acuáticos.

La Directiva Marco del Agua establece los requisitos mínimos que permitan el desarrollo de normas comunes de calidad medioambiental y valores límite de emisión para determinados grupos o familias de contaminantes. En este tema nos detendremos en:

- Calidad del agua de consumo humano: El agua de consumo humano se considera de buena calidad cuando es salubre y está limpia, ya que no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes que puedan afectar adversamente la salud de los consumidores.

En los países desarrollados, como España, los riesgos sanitarios están asociados con la exposición a contaminantes químicos. En nuestro país, el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Para que el agua tenga los niveles de calidad adecuados, garantizando que el agua llegue en buenas condiciones a los hogares y que sea consumida con seguridad, existen abastecimientos de alta calidad y rigurosos sistemas de vigilancia y control analítico. El agua se somete a un proceso de potabilización en Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables (ETAPs) y a diversos controles sanitarios (DQO, DBO₅, nitratos, conductividad, cloruros, ensayos toxicológicos, presencia de metales, etc.).

Una muestra de agua de consumo humano puede clasificarse como:

- Agua apta para el consumo: No contiene ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana. Cumple con los requisitos establecidos para los parámetros microbiológicos, químicos, indicadores de calidad y radiactivos.
- Agua apta para el consumo con no conformidad en un parámetro indicador: Es un agua que cumple con todos los requisitos pero que sobrepasa hasta ciertos niveles los valores para los parámetros indicadores de calidad, turbidez, color, sabor, etc.
- Agua apta para el consumo con excepción en un parámetro químico: Es un agua que tiene un problema de calidad química del agua y se necesita más de un mes para solucionarlo. En algunos casos, la autoridad sanitaria autonómica puede autorizar a suministrar agua de consumo con uno o varios parámetros químicos que tengan valores por encima del valor legal (siempre que no supongan un riesgo para la salud).

- Aguas no aptas para el consumo: Son aquellas que no cumplen los requisitos establecidos.
 - Aguas no aptas para el consumo con riesgos para la salud: Cuando presentan niveles muy altos de los parámetros microbiológicos, químicos o radioactivos.
- Calidad del agua de baño: La buena climatología y la longitud de las costas españolas han desarrollado una importante tradición en el uso recreativo de las aguas, marítimas o continentales. Las zonas de baño son utilizadas fundamentalmente en periodo estival como recreo y para el ejercicio de deportes náuticos.

El Real Decreto 1341/2007 regula la gestión de la calidad de las aguas de baño y las define como cualquier elemento de aguas superficiales donde se prevea que puedan bañarse un número importante de personas o exista una actividad cercana relacionada directamente con el baño y en el que no exista una prohibición permanente de baño ni se haya formulado una recomendación permanente de abstenerse del mismo y donde no exista peligro objetivo para el público.

En las aguas de baño se controlan analíticamente la presencia de *Enterococos* intestinales y *Escherichia coli* y se realiza una inspección visual que determinará la transparencia del agua y si existe contaminación o presencia de medusas, residuos alquitranados, de cristal, de plástico, de caucho, de madera, materias flotantes, sustancias tensioactivas, restos orgánicos u otro residuo u organismo. También pueden controlarse otros parámetros que la autoridad competente considere necesarios.

En función de los resultados obtenidos en los análisis, las aguas de baño pueden clasificarse como aguas de calidad insuficiente, aguas de calidad suficiente, aguas de calidad buena y aguas de calidad excelente.

Existen diversos índices que permiten determinar la calidad del agua:

- Índice de calidad general (ICG): Se utiliza para evaluar la calidad de las aguas superficiales. Se obtiene mediante la combinación de 23 parámetros, referentes a la calidad de las aguas y, mediante ecuaciones lineales, se pondera el valor de cada parámetro de calidad en el total del índice. El intervalo de ICG oscila desde 0 (agua muy contaminada) a 100 (agua sin contaminar).
- Análisis de conductividad o modelo SCAF: Permite realizar estudios de comparación o determinar qué impactos negativos sobre el ecosistema pueden estar afectando a la calidad del río. Se basa en la teoría de la sucesión ecológica y sirve para conocer el estado ambiental del ecosistema estudiado. A cada tipo le corresponderán, a su vez, unos usos potenciales en función de la clase ambiental y de sus características.

Tabla 2. Clasificación del modelo SCAF

Clase ambiental	Características	Usos potenciales
E1 (ambiente muy duro) Color rojo	Inmadurez extrema Aguas muy contaminadas	Aguas inutilizables No óptimas para salmónidos ni ciprínidos
E2 (ambiente duro) Color marrón	Madurez baja Aguas contaminadas	Potabilizable con tratamiento intensivo No óptimas para salmónidos ni ciprínidos

E3 (ambiente fluctuante) Color amarillo	Madurez media Eutrofización	Potabilizable con tratamiento normal y desinfección Óptima para ciprínidos y para riego
E4 (ambiente estable) Color azul	Madurez notable Aguas limpias	Tratamiento físico simple y desinfección Uso recreativo y baño Óptima para salmónidos y ciprínidos
E5 (ambiente maduro) Color verde	Madurez plena y ambiente muy heterogéneo Aguas oligomesotróficas	Todos los usos Óptima para salmónidos y ciprínidos

- Índices de calidad de las aguas (ICA): Se utilizan para simplificar las características positivas o negativas de una fuente de agua (National Sanitation Foundation – INSF 1970). Suelen tener valores comprendidos entre 0 y 1, y tienen como objetivo principal estimar la calidad de un cuerpo de agua, de manera que se puedan reconocer problemas de contaminación de una forma sencilla e intuitiva.

Según el Grupo de Estudios en Recursos Hidrobiológicos Continentales de la Universidad del Cauca, para calcular un ICA hay que seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar las variables físicas y químicas que se quieren evaluar.
- Asignar valores de calidad (0 a 1) a diferentes concentraciones de las variables.
- Asignar coeficientes de ponderación, para priorizar unas variables frente a otras.

En función de las correlaciones entre todos los parámetros explicados a lo largo del tema, se establecen 4 índices de contaminación básicos:

- **ICOMI**: Índice de contaminación por mineralización. Se obtiene a través de la conductividad, dureza y alcalinidad. Estas variables representan a los sólidos disueltos, los cationes de calcio y magnesio y los aniones, respectivamente.
- **ICOMO**: Índice de calidad por materia orgánica. Se obtiene con el uso del nitrógeno amoniacal, nitritos, fosfatos, oxígeno disuelto, DBO, DQO y coliformes (totales y fecales).
- **ICOSUS**: Índice de calidad por sólidos suspendidos.
- **ICOTRO**: Índice de contaminación trófica. Se calcula a través de la concentración de fósforo total contenido en las muestras.

Atendiendo a su origen: subterráneo, superficial y marino.

La mayor parte del agua dulce, un 68,9%, está en forma de hielo permanente por lo que es imposible usarla. Del resto del agua disponible, cerca de un 30% se encuentra en ríos, lagos, embalses.

En primer lugar, es necesario destacar las aguas de origen superficial, procedentes de ríos, lagos y lagunas (naturales o artificiales) son las más accesibles y, por ello, las más explotadas. Suelen tener

altos niveles de contaminación, por lo que antes de utilizarlas para uso humano es necesario someterlas a tratamientos.

Las aguas subterráneas tienen su origen en manantiales enterrados y acuíferos. Las capas de suelo que se encuentran sobre este tipo de aguas actúan como filtros, reduciendo el riesgo de contaminación. Su explotación es cara ya que requiere el uso de pozos y perforaciones. El principal problema que presentan es que suelen estar sobreexplotadas, pudiendo producir problemas de salinización cuando están en zonas próximas a la costa.

Los océanos representan las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Actualmente, la escasez de agua dulce, unida a su contaminación, hace necesario la desalación de las aguas marinas para poder satisfacer las necesidades humanas.

La desalación es un proceso de separación de sales de una disolución acuosa, utilizando como recurso el agua de mar o el agua subterránea salinizada (por ejemplo, de acuíferos costeros). El problema de esta tecnología es que las aguas residuales resultantes tienen un contenido en sales mayor que las aguas de origen, presentan diferencias de temperatura, pH, alcalinidad y contienen sustancias químicas utilizadas durante el proceso de depuración, generando un grave impacto en el medio marino.

Para paliar la demanda de agua no sólo podemos basarnos en la desalinización del agua de mar y en el bombeo de agua a distancia. Es fundamental evitar las pérdidas que se producen en las canalizaciones de riego o en las redes de abastecimiento, implantando sistemas de reciclado y reutilización de las aguas.

Las pérdidas en las redes de abastecimiento pueden dividirse en:

- Pérdidas reales: Roturas, fugas, averías...
- Pérdidas aparentes: Como, por ejemplo, el agua no registrada, los errores de medida, los fraudes...

El agua de calidad, que ha sido previamente tratada, se pierde fundamentalmente por roturas en las tuberías y por uniones de conducciones antiguas. Las pérdidas de agua potable, ya tratada, en las redes de abastecimiento de las ciudades españolas rondan el 25-30%.

Atendiendo a su uso: urbano, industrial, agrícola.

El uso que se hace del agua aumenta en función de la cantidad de agua disponible. Si el consumo de recursos hídricos per cápita sigue aumentando al ritmo actual, en 25 años el hombre podría llegar a utilizar más del 90% del agua dulce disponible, dejando sólo un 10% para el resto de seres vivos.

En España se consume unos 22.771 millones de m³ al año, de los que 1.554 se destinan al uso industrial, 17.681 al sector agrario y 3.535,7 al abastecimiento humano. Se estima que el 80% del agua dulce se consume en tareas agrícolas, principalmente riego, y cantidades significativas de agua se consumen a nivel industrial, principalmente en la producción de energía.

En la siguiente tabla se puede ver una estimación del reparto del agua en los distintos usos en función de la renta del país:

Tabla 3. Distribución de los usos del agua en función de la renta del país

	Renta alta	Renta baja	Media mundial	España
Consumo humano	15%	10%	10%	12%
Industria	45%	10%	25%	25%
Agricultura	40%	80%	65%	62%

La distribución sectorial del uso de agua puede dividirse en:

- **Uso urbano:** Está constituido por el uso doméstico, los servicios públicos locales e institucionales (incluidos el baldeo de calles y el riego de parques y jardines) y el consumo de agua procedente de los comercios e industrias.

Tiene una gran importancia para la ciudadanía. Por este motivo, es un uso prioritario en la planificación hidrológica y goza de los mayores requisitos de calidad.

- **Uso industrial:** La industria es el sector que tiene una mayor rentabilidad económica en el uso del agua, de manera que se estima que la productividad media aparente del agua es alrededor de 100€ por cada metro cúbico de agua utilizado.

El sector industrial consume unos 965 hm³, por detrás del uso de agua para regadío y abastecimiento doméstico.

El sector industrial es uno de los que más contamina. De hecho, más de un 80% de los residuos peligrosos del mundo se generan en los países industrializados. En el caso de los países en desarrollo, un 70% de los residuos procedentes de las fábricas se vierten al agua sin ningún tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

El agua industrial tiene un consumo muy diverso, que puede venir de procesos productivos como la manufactura, refrigeración, limpieza o trituración. Muchas veces, este tipo de aguas suelen contabilizarse como aguas de consumo urbano porque a veces no están conectadas a redes de distribución específica.

Entre los usos del agua, la actividad industrial tiene una mayor concentración territorial, que se distribuye en las siguientes cuencas hidrográficas:

- **Cuencas internas del País Vasco:** Se desarrolla principalmente la industria metalúrgica y de la maquinaria y equipo mecánico. Se localiza un 7% de la producción industrial.
- **Cuencas internas de Cataluña:** Se localiza el 40% de la producción de la Industria Química Española, el 36% de la textil, el 30% de la producción de maquinaria y el 28% de las artes gráficas. La presión industrial se concentra alrededor de Barcelona.
- **Cuenca del Tajo:** Destaca la Comunidad de Madrid, que tiene el 10% de la producción industrial, principalmente de la producción electrónica y de la industria del papel y las artes gráficas (29%), seguida de la industria química (20%).
- **Cuenca del Júcar:** Junto con la Cuenca del Ebro desarrolla el 25% de la actividad industrial. Esta cuenca concentra el 27% de la industria de minerales no metálicos y el 22% de la industria textil, cuero y calzado.

El sector de alimentos, bebidas y tabacos, con un 15% de la producción industrial, no sigue una distribución territorial. Los municipios más especializados se encuentran en zonas

agrarias de mayor productividad de cada una de las cuencas (zonas de viñedo en La Rioja y la Mancha, el Valle del Jerte, la región de Murcia, etc.)

- **Uso agrícola:** Es el que consume un mayor volumen de agua (casi un 70%), incluida el agua destinada al riego de cultivos y el agua utilizada en ganadería. El consumo de este recurso es difícil de estimar porque, normalmente, no existen sistemas de medición para los volúmenes utilizados.

La mayor cantidad del agua utilizada en los cultivos se extrae de la humedad de los suelos derivada del efecto de lluvia. La irrigación aporta sólo el 10% del agua agrícola, pero complementa el agua de lluvia cuando la humedad del suelo es insuficiente.

La cantidad necesaria para una cosecha es enorme. Por ejemplo, se necesitan entre uno y tres metros cúbicos de agua para cosechar un kilo de arroz. En 2050 la agricultura deberá producir un 60% más de alimentos a nivel mundial y un 100% más en los países en desarrollo.

Según el Instituto Nacional de Estadística del año 2013, el volumen de agua de riego utilizado por las explotaciones agrarias fue de 14.534 hm³ en 2013, lo que supuso un descenso del 8,2% respecto al año anterior.

El consumo de los recursos de agua de uso agrícola disminuye en las zonas donde las precipitaciones son medias, las temperaturas moderadas o bajas, hay menos cultivos y menos cría de ganado.

El principal problema es la sobreexplotación que los agricultores hacen de los acuíferos, que supera los niveles de alimentación natural de los mismos en, al menos, 160.000 millones de m³ al año. Se calcula que la cantidad de agua que se usa en el mundo para riego está entre 2.000 y 2.555 K m³/año.

En España en el año 2013, el 76,8% del volumen de agua disponible para el riego en el año 2013 fue de origen superficial, el 21,4% fue de origen subterráneo y un 1,8% procedió de otros recursos hídricos (agua desalada o regenerada).

Los valores promedio de uso del agua varían de una región a otra. Por ejemplo, en África el 88% del agua se utiliza para agricultura, el 7% para uso doméstico y el 5% para la industria; sin embargo, en Europa el mayor porcentaje corresponde a un uso industrial (54%), el 33% para la agricultura y el 13% restante es para uso doméstico.

Entre otros

El agua puede ser utilizada en las centrales hidroeléctricas, instalaciones que permiten aprovechar las masas de agua en movimiento de los ríos para transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a los alternadores.

Pueden tener una potencia menor a 1 MW (microcentrales hidroeléctricas), entre 1 y 10 MW (minicentrales hidráulicas) o más de 10 MW (centrales hidráulicas de gran potencia).

Existen tres modelos de centrales hidroeléctricas:

- **Centrales de agua fluente:** Son aquellas que se encuentran en un terreno que no tiene mucho desnivel y el caudal del río es bastante constante para asegurar una potencia determinada durante todo el año. En verano, la potencia generada es casi nula.

- Centrales de embalses: Son aquellas que tienen una o más presas que forman lagos artificiales, que permite graduar la cantidad de agua que pasa por las turbinas. Puede producirse energía eléctrica durante todo el año, aunque el río se seque en algunos meses.
- Centrales de bombeo o reversibles: Hacen un uso más racional de los recursos hidráulicos. Están formadas por dos embalses situados a distinto nivel. Durante las horas del día de mayor demanda, el agua cae desde el embalse superior y hace girar las turbinas. Durante las horas del día de menor demanda, el agua es bombeada al embalse superior para que se inicie de nuevo el ciclo productivo.

1ª ACTIVIDAD

Cada alumno debe buscar empresas que hayan implantado alguna medida para reducir su consumo de agua.

Efectos negativos sobre el medio

El consumo excesivo del agua tiene graves consecuencias para el medio natural. Entre ellas destacan la desertización, la salinización de aguas potables y la sobreexplotación.

Desde principios del siglo XX la población mundial se ha duplicado, mientras que, como consecuencia del desarrollo industrial y el aumento del uso agrícola, la cantidad de agua empleada se ha sextuplicado. La cantidad de agua se ha mantenido prácticamente constante a lo largo del tiempo, pero se ha incrementado la sobreexplotación, la contaminación y los efectos del cambio climático han hecho que, actualmente, casi el 40% de los seres humanos tienen problemas de escasez de agua, hecho que en el año 2025 afectará a un 66% de la población mundial asentada en países de África y Asia Occidental.

Las pérdidas económicas derivadas de los efectos negativos del agua han aumentado considerablemente en la última década. Desde 1992, las inundaciones, sequías y tormentas han afectado a 4.200 millones de personas y han originado 1,3 billones de dólares de daños.

Desertización

El excesivo consumo de agua tiene como consecuencia una sobreexplotación de los acuíferos y la reducción de los caudales de los ríos, produciendo que la capa freática del suelo descienda y disminuya la descarga de agua de los acuíferos en los ríos.

La desertización está asociada con la desaparición de zonas húmedas (fuentes, manantiales o arroyos), suponiendo la desertificación, degradación o reducción irreversible de la productividad natural de un territorio.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), este problema afecta a más de 250 millones de personas y arriesga los medios de vida de mil millones de habitantes de un centenar de países, sobre todo los más pobres. Además, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cada año se pierden en el mundo 9 millones de hectáreas de bosque.

En el mundo hay más de cien países en condiciones de aridez y semiaridez. Estos países se encuentran principalmente en África (el continente más dañado por la desertización), seguido de Asia, América Latina y el Caribe. También es importante destacar la desertización que está sufriendo el sur de Europa (España, Portugal, Italia, Turquía, Grecia y España).

Salinización de aguas potables

La salinización se define como la acumulación excesiva de sales, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y nitratos de sodio, potasio, calcio y magnesio en aguas y suelos, produciendo el deterioro de estos recursos naturales.

La salinización es un problema global, afecta a países de todo el mundo, supone un riesgo elevado para la salud global y tiene un gran coste ambiental y económico. El cambio climático y el creciente consumo de agua pueden aumentar más este problema en el futuro.

En los ecosistemas fluviales el exceso de sal en los ríos, consecuencia de la actividad humana, condiciona la supervivencia de organismos y comunidades, la biodiversidad y el equilibrio ecológico de todo el ecosistema.

El exceso de sal también afecta negativamente a la potabilización del agua. Obliga a implantar, por ejemplo, sistemas de ósmosis inversa que encarecen el proceso de potabilización del agua de consumo.

La sobreexplotación de los acuíferos puede producir un descenso de su nivel freático. Si esta explotación intensiva se mantiene en el tiempo, llegará un momento en el que el acuífero perderá su capacidad de descarga (alcanza su caudal crítico), acumulándose las sales en el agua subterránea.

Cuando el acuífero se encuentra en zonas costeras, la diferencia de densidades entre el agua dulce y el agua de mar supone la entrada de agua de mar en el acuífero, mezclándose con el agua dulce, deteriorando su calidad. Este proceso se conoce como intrusión marina.

La salinización también puede producirse por un uso excesivo de abonos y fertilizantes, contaminando las aguas de riego. La infiltración de esta agua en el terreno contamina las aguas subterráneas y superficiales.

Sobreexplotación

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) indica que un acuífero está sobreexplotado cuando se extrae agua por encima de su capacidad natural de infiltración o recarga.

La agricultura es la principal responsable del agotamiento del agua subterránea disponible y del 70% de su contaminación. La mayoría de las grandes plantaciones de cereales del mundo consumen agua subterránea de forma insostenible. De esta manera, el agotamiento anual de agua en la India, China, Estados Unidos, el Norte de África y la Península Arábiga suma 160.000 millones de m³ al año.

Si la sobreexplotación es constante, durante un periodo de tiempo prolongado, puede agotarse completamente el acuífero produciendo consecuencias negativas como los problemas en los cursos de agua, la degradación de la calidad del agua y también el encarecimiento de la producción.

Se estima que el 20% de los acuíferos del mundo está siendo sobreexplotado, lo que conllevará graves consecuencias (hundimiento del suelo, intrusión de agua salada, etc.).

Entre otros

Cuando se realiza una gestión inadecuada de las aguas subterráneas, además de producir problemas de salinización y sobreexplotación, se generan otras consecuencias importantes:

- **Subsistencia del terreno:** Cuando se sobreexplota un acuífero, la presión efectiva que ejercen las aguas subterráneas disminuye produciendo asientos y colapsos del suelo.

Se cree que la sobreexplotación de acuíferos está relacionada con la subsistencia del terreno y con un mayor impacto de seísmos de escasa magnitud. Cuando sucede un terremoto, incluso de escasa magnitud, el temblor produce que los clastos y granos de los sedimentos se desplacen y compacten el acuífero, produciendo que la superficie se hunda súbitamente y se aumenten los efectos del seísmo. Por ejemplo, Miguel de las Doblas (Instituto de Geociencias de Madrid) cree que existen indicios suficientes para sospechar que la sismicidad anómala de Lorca pudo estar inducida por la extracción masiva de agua subterránea, durante años, para uso agrícola e industrial.

- **Subsistencia repentina del nivel freático:** Se produce cuando se abandona la explotación de un acuífero. En este caso, la presión ejercida sobre las aguas subterráneas disminuye drásticamente, de manera que en ocasiones se produce una subida repentina y rápida del nivel freático del suelo que puede generar inundaciones y daños estructurales en construcciones establecidas previamente en la zona.

El descenso del nivel freático, por periodos de sequía o extracción de agua de los acuíferos, afecta a materiales no consolidados que, debido a la pérdida del agua, sufren cambios, reducen su volumen y producen procesos de subsistencia.

Estudios de ratios de consumo

La cantidad de agua que necesita una persona para satisfacer sus necesidades diarias de consumo, aseo, limpieza, etc. se conoce como consumo doméstico de agua por habitante. Se mide en litros / (habitante * día) y se obtiene a partir de las medidas de contadores, estudios locales, encuestas o la cantidad total suministrada a una comunidad dividida entre el número de habitantes. Los resultados obtenidos reflejan de una forma muy fiel el consumo real de agua en la comunidad estudiada y permite estimar, de manera aproximada, el desarrollo social y económico de una región.

Según la Organización Mundial de la Salud, un consumo sostenible de agua debe ser de 50 litros / (habitante*día), aunque en esta cantidad no está incluido el consumo de agua procedente de la agricultura o la industria, ni la conservación de los ecosistemas dependientes del agua dulce (acuáticos, fluviales, etc.), que podría aumentar ese consumo hasta los 100 litros / (habitante*día). En España, en el año 2014, el consumo medio doméstico fue de 139 litros / (habitante*día), uno de los más bajos de Europa.

Más de 2.500 millones de personas sólo disponen de exclusivamente de los recursos de las aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades. A nivel mundial se extraen unos 3.600 Km³ de agua dulce para el consumo humano, que permiten un consumo doméstico de 1.600 litros / (habitante*día). De este volumen, la mitad del agua se pierde en procesos como la evaporación, la infiltración en el terreno o vuelve a algún cauce. De la otra mitad, el 65% se destina a la agricultura, el 25% a la industria y el 10% al consumo doméstico.

Se estima que, en 2010, el 6% de las personas consumían principalmente agua embotellada. No está clara la sostenibilidad ambiental del aumento de envases de agua y de lo asequible que es esta tendencia.

El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, el aumento de la producción y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor.

En la siguiente imagen se puede observar el incremento exponencial que tiene el consumo de agua anual. El consumo de agua se duplicó en 50 años (1900-1950) y se ha triplicado desde 1950 hasta el 2000, aumentando 6,5 veces respecto a 1900. Se estima que en el año 2025 este consumo se habrá incrementado en más de un 30%.



Figura 1. Consumo de agua total anual 1900-2025 (Clarke y King, 2004).

Para determinar la disponibilidad de agua en un país o área geográfica se utilizan dos parámetros:

- **Umbral de presión hídrica:** Tiene un valor de 1.700 m³ / (habitante*año), límite por debajo del cual se producen sequías.
- **Umbral de penuria:** Tiene un valor de 1.000 m³ / (habitante*año), límite por debajo del cual pueden existir problemas de abastecimiento para actividades como la agricultura o la industria.

Actualmente, se calcula que 2.300 millones de personas viven en condiciones de presión hídrica y 1.700 millones viven en penuria. Para el año 2025 se prevé que esta población aumente a 3.500 y 2.400 millones de personas respectivamente.

Por otra parte, según la OMS, más de 1.200 millones de personas utilizan agua sin garantías sanitarias, produciendo entre 20.000 y 30.000 muertes diarias y muchas enfermedades.

En la siguiente imagen se pueden observar las diferencias en la disponibilidad global de agua frente a la población de cada región del mundo. Asia es la zona más poblada (más de la mitad de la población mundial), pero sólo dispone del 36% de los recursos hídricos del mundo.

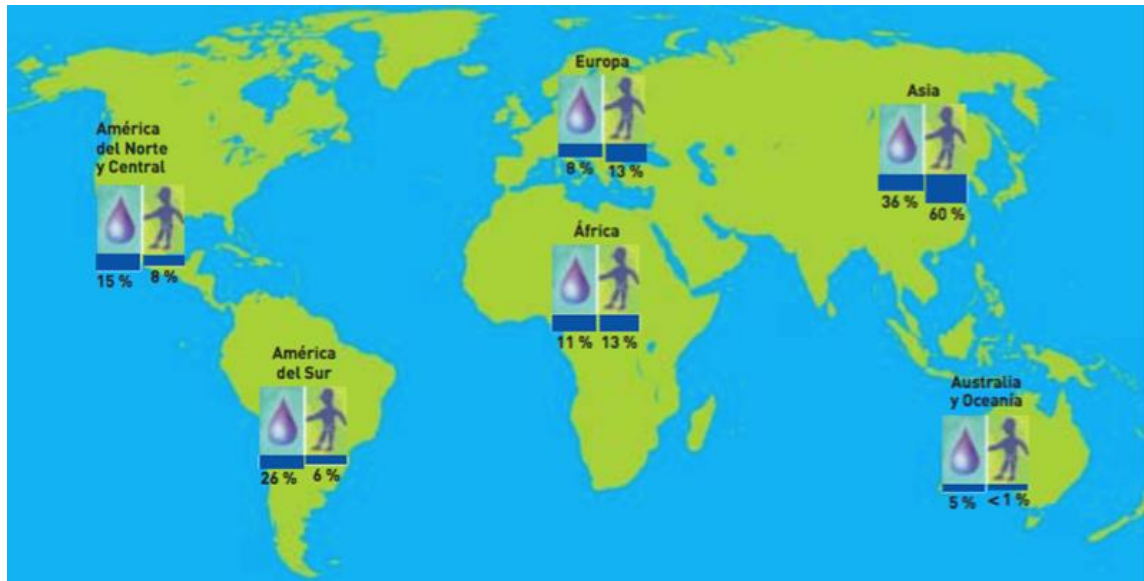


Figura 2. Relación entre la disponibilidad de agua y la población. Fuente: UNESCO-PHI (Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe).

2ª ACTIVIDAD

En parejas o pequeños grupos: ¿cómo puede realizarse una auditoría de aguas para uso doméstico?

Identificación y aplicación de métodos de control y minimización del uso de agua

En muchos países se ha incrementado el saneamiento, construyendo redes de alcantarillado, pero no se ha tenido en cuenta el tratamiento y la eliminación de las aguas residuales. De esta manera, incluso en los países con 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. Pero todavía hay 748 millones de personas que no tienen acceso a agua potable y 2.500 millones que no tienen buenas instalaciones de saneamiento.

Se prevé que en 2050 la demanda mundial de agua haya aumentado un 55% como consecuencia de la creciente urbanización de los países en desarrollo. Por ello, se deben encontrar soluciones innovadoras o de tecnologías avanzadas que permitan satisfacer estas necesidades hídricas.

Los métodos de control y minimización del uso del agua se conocen también como prácticas de uso eficiente. Pueden ser:

- De ingeniería: Constituidas por tecnologías que modifican las tuberías, accesorios y procedimientos, permitiendo una reducción del consumo del agua minimizando las pérdidas de agua, reduciendo el uso de agua en general o reutilizando las aguas para otros usos.
- De conducta: Buscan un cambio de hábitos en el uso de agua por los distintos agentes. Si la sociedad está concienciada, se puede ahorrar agua sin aplicar prácticas de ingeniería, suponiendo también un ahorro económico.
- Programas de eficiencia de agua: Suelen formar parte de los Sistemas de Gestión Ambiental de las organizaciones. Son imprescindibles para garantizar el éxito de los métodos de ingeniería y conducta.

Tecnología para minimizar el consumo y su contaminación

Como se ha comentado anteriormente, la agricultura, la industria y el uso doméstico tienen un consumo elevado de agua. A continuación, se expondrán las diferentes técnicas que tienen para minimizar el consumo y la contaminación del agua.

A) Agricultura

- Sistemas de riego: Las zonas verdes han pasado de ser un lujo a una necesidad y el riego es la operación más importante para mantenerlas. Estos sistemas permiten racionalizar el agua disponible.

Para seleccionar un sistema de riego se debe realizar un estudio previo que determine el más idóneo, teniendo en cuenta desde el tipo de vegetación hasta la forma de distribuir el agua. Así, se obtendrá el mejor rendimiento.

Los instrumentos de control de riego (programadores, higrómetros, detectores de lluvia, etc.) deben distribuirse en función de la orografía, las capacidades hídricas del suelo y las plantaciones.

Existen muchos sistemas de riego, por ejemplo:

- Riego por aspersión: Se aplica sobre grandes superficies. Se emite un gran volumen de agua, controlada y uniforme en forma de lluvia. La distribución del agua se realiza mediante tuberías a alta presión, hasta que llegan a los mecanismos de aspersión.

- Riego por goteo: El agua se distribuye puntualmente, sin atomización y sin que empape el terreno. Con este sistema se consigue humedecer ciertas zonas, próximas a los puntos de riego, mientras que la mayor parte del terreno permanece seco.

Se aplica para la plantación de arbolado, bordes de arbustos, jardineras y también para plantaciones extensas, ya que sólo humedece las zonas deseadas. Se puede utilizar para complementar el riego por aspersión generalizado en zonas concretas.

- Riego por superficie o gravedad: El agua se distribuye a través del suelo gracias a la gravedad, permitiendo que el agua humedezca la superficie del suelo y, simultáneamente, se distribuya en la parcela y se infiltre en el perfil del suelo.
- Sistema tecnificado o automotriz: La distribución del agua se realiza mediante tuberías a alta presión hasta los mecanismos de aspersión.

Estos sistemas están en permanente revisión. Son una tecnología joven que se ha ido desarrollando al mismo tiempo que la sociedad del bienestar ha ido avanzando.

Actualmente se busca sustituir los sistemas de riego superficiales (manual o inundación) por riegos localizados (dispersión o goteo), con los que sólo se moja la parte del suelo próxima a las plantas. De esta manera, se puede reducir el consumo de agua entre un 40 y un 60%, con una eficiencia de aplicación del 95%.

En España, el sistema de riego que más ha aumentado en los últimos años es el localizado (goteo), que ha pasado de 1.197.465 hectáreas en 2004 a 1.756.138 hectáreas en 2014. También ha aumentado el sistema tecnificado, pasando de 259.434 hectáreas en 2004 a 304.254 hectáreas en 2014. Sin embargo, el sistema de gravedad ha disminuido, pasando de 1.197.465 hectáreas en 2004 a 986.463 hectáreas en 2014.

- Puntos de control clima-suelo-planta: En agricultura se utilizan sensores que informan sobre el estado de la planta, la humedad del suelo y la temperatura del ambiente. Pueden ser:
 - Sensores de planta: Informan sobre el estado en el que se encuentra la planta en función del nivel de riego.
 - Sensores de clima: Informan sobre la temperatura ambiente, la humedad relativa, el rocío, etc.
 - Sensores de suelo: Informan sobre la humedad del terreno, la temperatura, la salinidad, la conductividad eléctrica que tiene el suelo en distintas profundidades.
- Control de la fertilización: Existen tecnologías que controlan la cantidad de fertilizante necesaria para un cultivo, ayudando a minimizar la contaminación producida por la agricultura. Destacan las sondas de succión, que determinan si la solución del agua de riego y fertilizantes está en la proporción adecuada, evitando la dispersión de los contaminantes a otros medios (como las aguas subterráneas).

B) Industria

En primer lugar, es fundamental la optimización de los procesos productivos para reducir al mínimo el consumo de agua, reduciendo también las emisiones líquidas y facilitando su tratamiento. A nivel europeo se siguen los documentos BREF (Bat REference) sobre las mejores técnicas disponibles.

Otra estrategia consiste en reciclar y reutilizar. Por ejemplo, en Dow Benelux (Holanda) han llegado a utilizar el efluente urbano depurado como recurso para el agua industrial, permitiendo un ahorro significativo y asegurando la disponibilidad del recurso. Actualmente, se tiende a reutilizar el agua en cada etapa individual del proceso productivo, simplificando en gran medida el tratamiento del vertido.

En Europa merece la pena destacar el proyecto AquaFit4Use (2008-2012), perteneciente al 7º Programa Marco de la Comisión Europea. Su objetivo era hacer a la industria más independiente del suministro de agua potable para sus procesos de producción, utilizando tecnología y métodos que permitan reducir hasta un 30% el consumo de agua. Dentro de este proyecto destaca el desarrollo de la herramienta de simulación WESTforINDUSTRY, que analiza posibles escenarios y permite optimizar el proceso estudiado para reducir al mínimo el agua utilizada y los efluentes generados, reduciendo el tratamiento de los vertidos al menor coste económico y energético.

En China, donde la cantidad de recursos hídricos *per cápita* es sólo la cuarta parte de la media mundial, el gobierno busca incentivar al sector industrial para que invierta en tecnología y así se mejore la gestión del agua. Siguiendo esta estrategia, entre 1996 y 2006 se redujeron en un 80% las descargas de aguas residuales en la industria química y del acero.

Por otra parte, en Brasil se redujo un 23% el consumo de agua entre 2004 y 2010 mediante la aplicación de tecnologías de reutilización y reciclado en la industria química.

Algunas de las tecnologías existentes para minimizar el consumo del agua industrial son:

- **Sistemas de refrigeración:** Una de las principales causas de contaminación industrial es el vertido al medio de aguas que se encuentran a una temperatura mucho mayor o mucho menor, con consecuencias muy graves para los seres vivos. Normalmente, la refrigeración se realiza mediante el contacto directo del agua con la fuente de calor. Para minimizar el impacto pueden utilizarse sistemas de recirculación o equipos de enfriamiento con aire, que se basan en el intercambio aire-calor.
- **Lavado:** Permite la limpieza de contaminantes de productos y equipos. Normalmente se realiza con agua desionizada que no deteriora los materiales. Esta agua se puede ahorrar realizando lavados de flujo intermitente, recirculando y reutilizando las aguas.

El agua también puede reutilizarse en otros procesos como la limpieza de equipos, suelos y desagües; el descongelamiento de equipos de refrigeración, los procesos de pasteurización y esterilización y el enjuague de botellas.

C) Uso doméstico

Como puede observarse en la siguiente imagen, más de las dos terceras partes del agua que se consume en las viviendas se realiza en el cuarto de baño.

El consumo de agua en una vivienda sin jardín

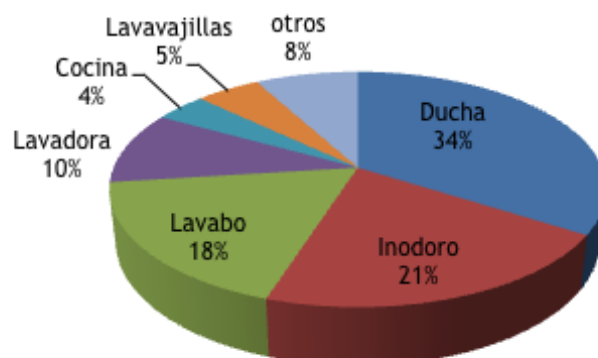


Figura 3. Consumo de agua en una vivienda sin jardín.

En las viviendas se puede ahorrar agua mediante distintas técnicas:

- **Grifos:** Existen aireadores, difusores y otros aparatos de grifería que permiten regular el caudal de agua. Se distinguen:
 - Grifos clásicos: Regulan el caudal, pero es necesario realizar un mantenimiento para evitar pérdidas.
 - Grifos monomandos: Permiten regular la temperatura.
 - Termostatos: Regulan la temperatura del agua, ahorrando agua y energía.
 - Aireadores: Mezclan aire con agua, reduciendo la sensación de pérdida de caudal. Permiten ahorrar grandes volúmenes de agua.
 - Perlizadores: Permiten adaptar los grifos ya existentes y ahorrar entre un 40 y un 60% del caudal, conservando una sensación similar de mojado. Para instalarlos sólo hay que enroscarlos en la grifería convencional.
- **Duchas:** Pueden disponer de adaptadores ecológicos que regulan el consumo de agua, evitando que suba por encima de los 9,4 L/min.
Otra medida pueden ser los rociadores de ducha de bajo consumo, que, aproximadamente, permiten ahorros de un 40% y proporcionan una sensación similar de mojado.

Tabla 4. Variación en el consumo de agua entre una ducha y un baño

Baño	Ducha convencional (5 min.)	Ducha con rociador de bajo consumo (5 min.)
200 litros	50 litros	30 litros

- Se pueden usar relojes de arena, especiales para baño, que permiten controlar el tiempo que tardamos en ducharnos. Normalmente, unos 4-5 minutos es un tiempo suficiente para una ducha.
- **Cisternas de inodoro:** Se puede reducir el consumo de agua de las cisternas hasta en un 40% mediante distintas estrategias:
 - Inodoros de bajo volumen: Utilizan menos de 6 litros por descarga.
 - Doble descarga: Este mecanismo permite seleccionar un vaciado completo de la cisterna (unos 6 L) o un vaciado de la mitad del contenido (unos 3 L).
 - Descarga interrumpida: Permite interrumpir la descarga. El consumo es regulado por la persona que maneja el mecanismo.
 - Ahorro en inodoros con mecanismo antiguo: Se puede ahorrar agua introduciendo una botella llena, lejos de la válvula. Esta botella ocupa parte del espacio que normalmente se recarga con agua, de manera que se pasa a unos 3-4 L por descarga.
 - **Reguladores de caudal:** Permiten un caudal constante en la vivienda a lo largo de todo el año.
 - **Electrodomésticos de bajo consumo:** Cuando se elige un nuevo electrodoméstico debemos observar la etiqueta energética que, en el caso de las lavadoras, aporta mucha información (ciclo de lavado, eficacia de la centrifugación, nivel de consumo de agua, etc.).

- Lavadoras con bajo consumo de agua: Para modelos de 5 Kg de capacidad, se consideran lavadoras eficientes aquellas que consumen hasta 44 litros por lavado. Si tiene 7 Kg de capacidad, debe consumir como máximo 47 litros.
- Lavavajillas con bajo consumo de agua: Actualmente, se puede considerar que un lavavajillas consume poca agua si su gasto por lavado es menor a 10 litros.

Es necesario seleccionar correctamente los programas, ya que algunos consumen la mitad de agua y energía que otros. Por ejemplo, el denominado "rápido" es, frecuentemente, más ahorrador que los "eco" o "bio".

Tecnología para potenciar la reutilización del agua

La reutilización del agua consiste en utilizar este recurso para una aplicación distinta a la prevista. Por ejemplo, se puede reutilizar el agua para la irrigación de jardines, usos estéticos o protección contra incendios.

En la reutilización es fundamental considerar la disponibilidad del recurso natural, la calidad que requiere el fin para el que se utilizará el recurso reutilizado y la distancia al punto de aprovechamiento.

- Captación y reutilización de aguas pluviales: En zonas urbanas, las aguas de lluvia adquieren contaminantes debido a la contaminación atmosférica, natural y a los residuos generados por la actividad humana.

Las aguas de lluvia se recolectan, generalmente, de techos y superficies circundantes. Las viviendas pueden tener dispositivos para captar el agua de lluvia, utilizando este recurso para diversos usos (riego, inodoro, etc.) sin riesgo para la salud. Los sistemas para recoger aguas de lluvia pueden ser:

- Almacenamiento por depósito interior: Permite almacenar la cantidad necesaria para abastecer los usos planteados durante un periodo de tiempo.
- Almacenamiento exterior: Sólo puede utilizarse cuando existe un espacio exterior suficiente para construir estructuras como estanques, lagunas, lagos, etc. Permite mantener las ventajas paisajísticas, ambientales y bioclimáticas.

En este caso es necesario asegurar que el recurso no se va a contaminar durante el tiempo de almacenamiento. Por ello, se debe de controlar los procesos aerobios y la asimilación de nutrientes.

- Almacenamiento en superficies porosas: Permiten filtrar el agua de la lluvia. Consisten en una capa de suelo con gran capacidad para retener las aguas (por ejemplo, las gravas gruesas). Suelen estar en carreteras, caminos, aparcamientos campos deportivos, etc.

Esta agua captada se recoge y transporta hasta las instalaciones de aprovechamiento, utilizándola normalmente como agua de riego.

- Reutilización de aguas grises: Normalmente, las aguas domésticas suelen eliminarse a través de cañerías para ser tratadas en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, pero existen sistemas de reutilización de aguas grises que permiten recoger el agua procedente de duchas y bañeras, utilizándolas en las cisternas de los inodoros.

Estos sistemas de reutilización suelen estar formados por:

- Filtro de malla fina: Requiere una limpieza periódica.

- Un tanque de recolección: Permite filtrar y almacenar las aguas grises, bombear el agua hasta la cisterna y dirigir las aguas grises hacia la alcantarilla (cuando sea necesario).
- Un tanque de desinfección: Se añade en dosis controladas un desinfectante que, por lo general, es biodegradable.
- Una cisterna de aguas grises.
- Una cisterna unida a la red de suministro de agua.
- Un panel de control.

También pueden incluir un sistema de gestión de suministro, formado por una bomba, y un dispositivo de llenado desde la red de suministro para periodos de baja precipitación.

La instalación de un sistema de aguas grises permite reducir el consumo de aguas grises alrededor de un 30% gracias a la sustitución del agua de la red de suministro por aguas grises para el vaciado de inodoros.

- Reutilización a nivel industrial: Se puede ahorrar agua en distintos procesos industriales, por ejemplo:
 - Refrigeración: Utilizando circuitos cerrados.
 - Calderas: Puede utilizarse el calor residual liberado en la refrigeración de aguas calientes.
 - Limpiezas industriales en las que se recircula el agua.
- Reutilización a través de la red de reciclaje municipal: El agua regenerada en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales puede aprovecharse para:
 - Riego de zonas verdes, zonas recreativas, instalaciones deportivas, campos de golf, etc.
 - Baldeo de calles.

Buenas prácticas ambientales

Basan su eficacia en la concienciación de los ciudadanos. Son muy variadas, por ejemplo:

- Reparación de fugas en grifos, lavabos, duchas, etc.
- No utilizar el inodoro como papelera.
- Utilizar la lavadora y el lavavajillas completamente llenos, con la temperatura más baja posible y la dosis justa de detergente.
- No dejar abiertos los grifos mientras se lavan los dientes, se afeitan o se friegan los platos.
- Diseñar jardines de bajo mantenimiento y con pocos requerimientos de agua.
- Mantener el equipo de irrigación para asegurar su funcionamiento adecuado y la pérdida de agua por fugas.
- Instalar dispositivos ahorradores.
- Conocer los consumos de agua y seguir su evolución.
- Establecer planes periódicos de mantenimiento de la instalación.

VÍDEO

Con el objetivo de afianzar los conocimientos adquiridos en este tema y conocer algunas estrategias para ahorrar agua en la agricultura, se propone el siguiente vídeo: "Agua - El agua que alimenta al mundo (La aorta de la agricultura)" realizado por RTVE.

<http://www.rtve.es/alacarta/videos/agua-la-gota-de-la-vida/agua-agua-alimentamundo-aorta-agricultura/2005050/>

Análisis de los métodos de recuperación y regeneración del recurso natural

Es fundamental reducir el consumo de agua, tanto natural como subterránea, utilizando medidas de ahorro y métodos de depuración y reutilización. Este menor consumo minimizará la presión ejercida sobre el medio natural, permitiendo una mejor autodepuración y la recuperación de acuíferos y aguas subterráneas.

Entre los métodos de recuperación destaca la recarga artificial de acuíferos (Managed Aquifer Recharge, MAR o GRA, método desarrollado en el oeste australiano) que tiene como objetivos:

- Recargar agua reciclada de alta calidad para aumentar las necesidades futuras de agua.
- Infiltrar agua deshidratada en zonas mineras.
- Almacenar y luego extraer agua para uso industrial o irrigación.
- Mantener los flujos naturales en zonas con estrés hídrico (tanto superficial como subterráneo).

Este sistema tiene varios beneficios:

- Genera suministros de agua procedente de fuentes que, de otra forma, se eliminarían.
- Permite mantener los humedales y el agua subterránea en zonas sobreexplotadas.
- Almacena agua para utilizarla en momentos de necesidad.
- Reduce el potencial de intrusión marina.
- Aumenta la disponibilidad de agua para uso comercial y ambiental.
- Almacena suplementos para agua de consumo humano.

Pero este sistema también tiene limitaciones porque la recarga artificial de acuíferos sólo es factible si hay un acuífero adecuado para almacenar un volumen suficiente de agua en una tasa suficiente de recarga que justifique los costes de este mecanismo. Además, no es recomendable si los riesgos ambientales no pueden reducirse a un nivel aceptable, teniendo en cuenta los costes económicos.

Aplicación de normas de seguridad y salud y protección medioambiental en el análisis de dicho aspecto ambiental

A nivel europeo

- Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

Modificada por Directiva 2014/52/UE, de 16 de abril. Se transpone, por Ley 21/2013, de 9 de diciembre.

- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

Se transpone por:

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre.
 - Ley 9/2006, de 28 de abril.
 - Ley Foral 4/2005, de 22 de marzo.
 - Ley 5/2002, de 8 de octubre.
- Directiva Marco del Agua, 2000/60/CE, en la que se integra toda la normativa sobre el agua y fija los principios básicos de un comportamiento sostenible en el territorio de la Unión Europea mediante la protección a largo plazo del recurso.

Se transpone:

- Parcialmente, por Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre.
- En su ámbito, por Decreto-ley 1/2015, de 10 de abril.
- Parcialmente, por Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre.
- Por Real Decreto 907/2007, de 6 de julio.
- Parcialmente, por Ley 62/2003, de 30 de diciembre.
- Parcialmente, por Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo.

Se modifica:

- El anexo V, por Directiva 2014/101, de 30 de octubre.
- El art. 11.3, por Directiva 2009/31, de 23 de abril.
- El art. 8 y el anexo V y SE SUSTITUYE los arts. 20 y 21, por Directiva 2008/32, de 11 de marzo.

Se sustituye el art. 16.4 y el anexo X, por Directiva 2013/39, de 12 de agosto.

A nivel estatal

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Texto consolidado: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12913>

Traspone directivas:

- Directiva 2011/92/UE, de 13 de diciembre.
- Directiva 2001/42/CE, de 27 de junio.

Esta ley deroga la Ley de Impacto Ambiental de proyectos, texto refundido aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Texto consolidado: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21490>

- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente (incorpora las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE).

Texto consolidado: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-13010>

- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

Texto consolidado: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-13042>

Es el instrumento que canaliza la intervención administrativa en materia de aguas.

- Real Decreto Legislativo 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

El objetivo de esta Ley es la regulación básica del uso del agua.

Texto consolidado: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14276>

- Real Decreto 314/2016, de 29 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. (citado en el tema 1)
- Real Decreto 1057/2022, de 27 de diciembre, por el que se aprueba el Plan estratégico estatal del patrimonio natural y de la biodiversidad a 2030, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño.

Texto consolidado: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-18581>

- Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Texto consolidado: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1986-10638>

Resumen

Actualmente, el hombre realiza un uso excesivo del agua, consumiéndola y contaminándola a un ritmo superior a su tasa de renovación.

La calidad del agua se entiende como las condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla con unos determinados objetivos de calidad (calidad ecológica). Depende de factores naturales (sustrato mineral, procesos atmosféricos, lixiviación, etc.) y de la actividad humana.

La Directiva Marco del Agua establece los requisitos mínimos para el desarrollo de normas de calidad ambiental y valores límite de emisión relacionadas, por ejemplo, con la calidad del agua de consumo humano (regulada por el Real Decreto 3/2023) y la calidad del agua de baño.

Según el Real Decreto 3/2023, una muestra de agua de consumo humano puede clasificarse como agua apta para el consumo, agua apta para el consumo en un parámetro indicador, agua apta para el consumo con excepción en un parámetro químico, agua no apta para el consumo y agua no apta para el consumo con riesgos para la salud.

El Real Decreto 1341/2007 regula la gestión de la calidad de las aguas de baño. En función de los resultados obtenidos en los análisis, las aguas de baño pueden clasificarse como aguas de calidad insuficiente, aguas de calidad suficiente, aguas de calidad buena y aguas de calidad excelente.

Existen distintos índices para determinar la calidad del agua, por ejemplo, el índice de calidad general (ICG), el análisis de conductividad o modelo SCAF y el índice de calidad de las aguas (ICA).

Las aguas de origen superficial, procedentes de ríos, lagos y lagunas (naturales o artificiales) son las más accesibles y, por ello, las más explotadas. Suelen tener altos niveles de contaminación, por lo que antes de utilizarlas para uso humano es necesario someterlas a tratamientos. Actualmente, la escasez de agua dulce, unida a su contaminación, hace necesario la desalación de las aguas marinas para poder satisfacer las necesidades humanas.

La distribución sectorial del uso del agua se puede dividir en:

- Uso urbano (doméstico, servicios públicos locales e institucionales, consumo de agua de comercios e industrias). Es un uso prioritario.
- Uso industrial: Tiene un consumo muy diverso, que puede proceder de procesos productivos como la manufactura, refrigeración, limpieza o trituración. Consume unos 965 hm³, por detrás del uso de agua para regadío y abastecimiento doméstico.
- Uso agrícola: Consume el mayor volumen de agua, disminuyendo en las zonas donde las precipitaciones son medias y las temperaturas moderadas o bajas.
- Aprovechamiento eléctrico: Las centrales hidroeléctricas permiten aprovechar las masas de agua en movimiento de los ríos para transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a los alternadores.

El consumo excesivo del agua tiene graves consecuencias para el medio natural. Entre ellas destacan la desertización, la salinización de aguas potables y la sobreexplotación.

La cantidad de agua que necesita una persona para satisfacer sus necesidades diarias de consumo, aseo, limpieza, etc. se conoce como consumo doméstico de agua por habitante. Se mide en litros / (habitante * día).

El crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización, el aumento de la producción y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor.

Para determinar la disponibilidad de agua en un país o área geográfica se utilizan dos parámetros umbral de presión hídrica ($1.700 \text{ m}^3 / (\text{habitante} \cdot \text{año})$) y umbral de penuria ($1.000 \text{ m}^3 / (\text{habitante} \cdot \text{año})$).

Los métodos de control y minimización del uso del agua se conocen también como prácticas de uso eficiente pueden ser de ingeniería, de conducta o programas de eficiencia de agua.

Existen tecnologías para minimizar el consumo y contaminación del agua en el uso agrícola (sistemas de riego, puntos de control clima-suelo-planta o control de la fertilización), industria (documentos BREF con las mejores técnicas disponibles, reciclaje y reutilización, proyectos europeos como el AquaFit4Use, tecnologías para los sistemas de refrigeración, lavado, etc.) y doméstico (grifos, duchas, cisternas de inodoros, electrodomésticos de bajo consumo, etc.).

También existen tecnologías para potenciar la reutilización del agua, como son los sistemas para recoger agua de lluvia (almacenamiento por depósito interior, almacenamiento por depósito exterior o almacenamiento en superficies porosas), sistemas de reutilización de aguas grises, sistemas de reutilización a nivel industrial (circuitos de refrigeración, calderas, limpiezas industriales, etc.) y reutilización a través de la red de reciclaje municipal (en usos como el riego de zonas verdes o el baldeo de calles).

Finalmente, es necesario destacar la técnica de recarga artificial de acuíferos, que permite recuperar y regenerar el recurso natural con grandes beneficios como el almacenamiento de agua para momentos de necesidad o la reducción del potencial de intrusión marina.

Autoevaluación

1. Según el proyecto de la Directiva Marco del Agua, la calidad se puede entender como:

- a) Las condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla con unos determinados objetivos de calidad.
- b) Las condiciones que deben darse en el medio para que éste mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla con unos determinados objetivos de calidad.
- c) Las condiciones hídricas necesarias para garantizar la salubridad del medio y el correcto desarrollo de los seres vivos.
- d) Las respuestas a y c son correctas.

2. La recarga artificial de acuíferos:

- a) Almacena agua para utilizarla en momentos de necesidad.
- b) Reduce el potencial de intrusión marina.
- c) Aumenta la disponibilidad de agua para uso comercial.
- d) Las respuestas anteriores son correctas.

3. Si se detecta que el agua tiene un problema de calidad química que requiere más de un mes para solucionarlo:

- a) El agua es apta para el consumo con no conformidad en un parámetro indicador.
- b) El agua es apta para el consumo con excepción en un parámetro químico.
- c) El agua no es apta para el consumo.
- d) El agua no es apta para el consumo con riesgos para la salud.

4. El índice de calidad general (ICG):

- a) Permite realizar comparaciones y determinar los impactos negativos sobre el ecosistema.
- b) Se basa en la teoría de la sucesión ecológica.
- c) Se utiliza para evaluar la calidad de las aguas superficiales.
- d) Las respuestas a y b son correctas.

5. El menor consumo de agua se realiza por el uso:

- a) Urbano.
- b) Industrial.
- c) Agrícola.
- d) Ninguna de las respuestas es correcta.

6. La salinización:

- a) Es la acumulación excesiva de sales, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y nitratos de sodio, potasio, calcio y magnesio en aguas y suelos, produciendo el deterioro de estos recursos naturales.
- b) En ecosistemas fluviales, condiciona la supervivencia de los organismos y la biodiversidad.
- c) Puede deberse a una intrusión marina por sobreexplotación de los acuíferos.
- d) Las respuestas anteriores son correctas.

7. Un acuífero está sobreexplotado:

- a) Cuando se extrae agua durante todo el año.
- b) Cuando se extrae agua por encima de su capacidad natural de infiltración o recarga.
- c) Cuando no es capaz de recuperar el nivel de agua que tenía de forma natural.
- d) Las respuestas b y c son correctas.

8. El consumo doméstico:

- a) Es la cantidad de agua que necesita una persona para satisfacer sus necesidades horarias de consumo, aseo, limpieza, etc.
- b) Se mide en litros / (habitante * hora).
- c) Se obtiene a partir de las medidas de contadores, estudios locales, encuestas o la cantidad total suministrada a una comunidad dividida entre el número de habitantes.
- d) Las respuestas anteriores son correctas.

9. El umbral de presión hídrica:

- a) Tiene un valor de $1.700 \text{ m}^3 / (\text{habitante} \cdot \text{año})$.
- b) Establece un límite de $1.700 \text{ m}^3 / (\text{habitante} \cdot \text{año})$, por debajo del cual pueden aparecer problemas de abastecimiento para la agricultura o la industria.
- c) Tiene un valor de $1.000 \text{ m}^3 / (\text{habitante} \cdot \text{año})$.
- d) Establece un límite de $1.000 \text{ m}^3 / (\text{habitante} \cdot \text{año})$, por debajo del cual se producen sequías.

10. Un método utilizado para recuperar acuíferos se conoce como:

- a) Managed Aqua Recharge.
- b) Managed Aquifer Recharge.
- c) Managed Aquatic Recharge.
- d) Ninguna de las respuestas son correctas.

11. Los sensores de planta:

- a) Informan sobre el estado en el que se encuentra la planta en función del nivel de nutrientes.
- b) Informan sobre el estado en el que se encuentra la planta en función del nivel de riego.
- c) Son técnicas industriales.
- d) No existen.

12. Los sistemas de reutilización de aguas grises suelen estar formados por:

- a) Un tanque de desinfección.
- b) Un filtro de malla gruesa.
- c) Una cisterna de aguas pluviales.
- d) Las respuestas anteriores son correctas.

13. Los documentos BREF:

- a) Están definidos a nivel europeo.
- b) Recogen las mejores técnicas disponibles.
- c) Se basan en el reciclaje y la reutilización.
- d) Las respuestas a y b son correctas.

14. Para minimizar el impacto térmico producido por el vertido de aguas industriales a alta o baja temperatura:

- a) Se utilizan sistemas de recirculación o equipos de enfriamiento basados en el intercambio aire-calor.
- b) Se utiliza agua desionizada.
- c) No hay ninguna estrategia.
- d) Las respuestas a y b son correctas.