

EL CICLO DEL AGUA

The Royal Society of
Chemistry

La gente ha sabido durante miles de años que los manantiales naturales son fuente de agua saludable para beber. Hace casi 2000 años los romanos bebían las aguas de un balneario en el poblado de *Aquae Sulis* (baño), al suroeste de Inglaterra.

Han pasado sólo dos o tres décadas desde que la parte baja del Támesis estaba tan fuertemente contaminada en algunas épocas del año, que no se podía detectar oxígeno disuelto o peces, y "emanaba del río un olor repugnante". En la actualidad una amplia variedad de peces se encuentra en este tramo del Támesis.

Cada uno de nosotros utiliza alrededor de 120 litros de agua cada día para lavar, beber o cocinar. Hacemos uso del agua, en particular la de beber, como un hecho dado. Cuando abrimos la llave para llenar nuestro vaso, asumimos que el agua es segura para beber.

La ley exige que el agua para beber sea "saludable": no debe contener sustancias u organismos que la hagan inadecuada para su ingestión por las personas. La ley permite que el agua tenga sabor o color causado por algunas sustancias disueltas o suspendidas. El suministro de agua para beber es frecuentemente purificado más allá de los estándares básicos.

El agua está definida como "el líquido del que están compuestos el mar, los lagos y los ríos, y que cae como lluvia y brota de manantiales" (*Shorter Oxford English Dictionary*). Químicamente, el agua pura tiene la fórmula H_2O .

De los mares, ríos y lagos, el agua se

eleva a la atmósfera (en forma de vapor), donde se condensa para formar las nubes y eventualmente cae de ellas en forma de lluvia. Ésta puede terminar en arroyos o ríos, filtrarse bajo tierra o simplemente caer dentro de los océanos del mundo. Esta agua "cruda" rara vez es adecuada para el uso doméstico, particularmente para beber.

AGUA PARA EL USO DOMÉSTICO

Toda agua cruda debe de ser procesada antes de que entre en los sistemas domésticos. La extensión del procesamiento depende de dónde ha provenido.

Hay tres tipos principales de agua cruda: agua superficial de tierra baja, usualmente de los ríos; agua de escurrido de montañas (también llamada agua superficial), que corre desde los pantanos y las montañas; y agua de tierra, de arroyos bajo tierra, llamados acuíferos o manantiales subterráneos.

El agua superficial de tierra baja, como aquélla encontrada en los ríos es, por

mucho, la más sucia de las tres y necesita tratamiento ulterior antes de que pueda ser bebida. Contiene una mezcla de sustancias, incluyendo el desagüe de los cultivos, el cual puede contener fertilizantes y pesticidas, aguas fecales domésticas y efluentes industriales.

El agua de escurrido de montañas, es usualmente más limpia que el agua superficial de tierra baja. Corre desde pantanos y montañas, y frecuentemente contiene impurezas, ya sean naturales, como ácidos del suelo con musgo, o hechos por el hombre, como son fertilizantes y pesticidas.

El agua de tierra es usualmente suficientemente limpia para beberse sin ningún tratamiento —por ejemplo la de un manantial. El agua pasa a través de suelo y rocas que la filtran, dentro de cavernas formadas por ríos subterráneos.

TRATAMIENTO DEL AGUA

Agua superficial de tierra baja

El agua superficial de tierra baja es comúnmente turbia debido a materia extraña como sal fina, sedimentos, bacterias y plancton. Se le bombea dentro de depósitos de almacenamiento, donde se le deja desde 60 días hasta 18 meses. Muchos de los microorganismos dañinos mueren y algunas partículas sólidas se hunden en el fondo.

Al final de este periodo, el agua es

¿Cómo están involucrados los químicos en la producción de agua potable?

Los químicos participan en todas las etapas: en limpiar el agua antes de que llegue a nosotros, en monitorear la pureza en las muestras, y (después de que el agua ha sido utilizada) en el tratamiento de aguas fecales antes de soltarlas al mar o a los ríos. Sólo en la región del Támesis, los químicos analizan más de 100,000 muestras al año buscando 60 compuestos químicos diferentes. En algunos casos la búsqueda es de cantidades muy pequeñas de un contaminante.

Los químicos utilizan técnicas automáticas de alto poder de análisis y alta tecnología para mantener la calidad del agua según los estándares.

Las técnicas llamadas "cromatografía

de gases" y "cromatografía de líquidos de alta eficiencia" se utilizan para detectar y medir cantidades muy pequeñas de compuestos químicos en el agua. La "espectrometría de absorción atómica" se usa para detectar metales a concentraciones de sólo unas milésimas de gramo por litro de agua. La "espectrometría de masas" se emplea para identificar impurezas menores a diez milésimas de uno por ciento (una parte por millón).

Así como analizan el agua para certificar su pureza, los químicos idean nuevas formas de limpiarla. Un método hace uso de la luz ultravioleta (la cual nos broncea con el Sol), en lugar de cloro, para matar bacterias dañinas.

Continuamos con la inserción de separatas de la revista Inglesa Education in Chemistry sobre temas ambientales. Nuevamente, abundan las menciones a la situación Inglesa y europea, pero Educación Química lo ha traducido por su sencillez y enfoque didáctico propio para los estudiantes de la educación media y media superior.
Traducción de Gabriel Zamora Molerés.
Agradecemos la autorización de The Royal Society of Chemistry.

transferida y filtrada con camas de arena. El proceso de atrapar partículas sólidas comienza con filtros de poro grueso y continúa con los finos y muy finos.

Los organismos (bacterias y virus) patogénicos (causantes de enfermedades) pueden entrar al agua cruda en los desechos no tratados, sean humanos o animales. Con el fin de matar cualquier organismo patógeno que el agua contenga, se le agrega cloro.

Debido a que el agua superficial de tierra baja está usualmente sucia, es tratada agregando más cloro del necesario para desinfectarla, en un proceso llamado super-cloración.

Posteriormente, el agua es tratada con otros productos químicos para lograr su "coagulación" y "sedimentación". Los dos productos utilizados más comúnmente para ello son el sulfato de aluminio y el sulfato de hierro (III). Éstos reaccionan con el agua superficial de tierra baja para formar partículas insolubles de hidróxido de aluminio e hidróxido de hierro, respectivamente.

Las partículas insolubles actúan como un núcleo alrededor del cual las impurezas sólidas se reúnen —en un proceso llamado coagulación. El coágulo es llamado "micela". La micela se hunde al fondo de los tanques —en un proceso llamado sedimen-

¿Qué leyes controlan el agua para beber?

La Comisión Europea ha emitido un instructivo sobre la calidad del agua potable. La ley enlista 66 factores relacionados con la calidad, incluyendo los nombres de una amplia variedad de sustancias que puede contener, y también hace referencia a su apariencia y sabor. El instructivo ha sido implantado, pero el costo para alcanzar todas las exigencias es probablemente muy alto. Muchas corporaciones han cuestionado la validez científica de muchos de los estándares.

El Departamento del Medio Ambiente ha publicado un escrito sobre métodos

aprobados para realizar las pruebas de existencia de bacterias en el agua potable. El Departamento de Estado ha publicado también pautas sobre formas para mantener condiciones higiénicas. Una Comisión Permanente de Analistas aprueba métodos que el Departamento del Medio Ambiente publica. Los métodos son utilizados internacionalmente. Además, las autoridades para el control del agua han aprobado leyes para prevenir que sea mal utilizada o contaminada por los usuarios.

tación. El sedimento es removido.

Agua de escurrido de montañas

El agua de escurrido de montañas está sujeta a un tratamiento similar al del agua superficial de tierra baja, pero normalmente requiere menos cloración.

Estas aguas, si son de pantano, usualmente pasan a través de tierra musgosa y acumulan materia orgánica ácida, lo que las vuelve corrosivas. A menos de que esta acidez sea neutralizada, digamos mediante la adición de cal, esta agua corroerá tuberías de hierro y, más peligroso aún, disol-

verá el plomo de las tuberías de este metal.

Agua de tierra


Es el agua tomada de las profundidades subterráneas, que puede estar casi libre de bacterias. A pesar de que está usualmente limpia no se debe de suponer que es segura para beber. Esta agua necesita un tratamiento previo con cloro para prevenir cualquier crecimiento de bacterias en los sistemas de distribución de agua, pero se emplea en ello mucho menos cloro.

El agua tratada entra al sistema doméstico, donde es utilizada para lavar, beber y limpiar. Abandona el sistema doméstico por el lavabo o fregadero.

¿CÓMO SE DISPONE DEL AGUA USADA?

Después de que el agua ha sido utilizada, fluye dentro del sistema de tratamiento de aguas de drenaje, donde es limpiada antes de que se le permita regresar al ciclo del agua.

Primero, el agua usada fluye a través de pantallas gruesas, para eliminar papel, trapos, madera y otros sólidos grandes. Segundo, pasa a través de tanques de sedimentación especialmente diseñados, donde se asientan las partículas sólidas más pequeñas antes de ser eliminadas.

Finalmente, es tratada con una micela hecha de microorganismos —llamada "lodo activado". Los microorganismos digieren impurezas antes de que el agua sea regresada al mar o a los ríos. Puede ser necesario un tratamiento adicional para el agua de medios ambientes sensibles. 

¿Qué hace que el agua sea dura o suave?

El agua que se ha filtrado a través de rocas de carbonato de calcio (gis o piedra caliza) u otros minerales de calcio se torna "dura". Hace espuma con dificultad debido a que el jabón reacciona con las sales de calcio para formar un compuesto insoluble, el estearato de calcio.

Sólo cuando las sales de calcio se han agotado, el jabón puede permanecer disuelto en el agua y formar una jabonadura para lavar. El bicarbonato de calcio puede ser fácilmente eliminado al hervir el agua, con lo cual se convierte en carbonato de calcio ("dureza temporal"), el cual es virtualmente insoluble en el agua. Puede depositarse como sarro o incrustaciones en los interiores de calderas, tuberías, o calentadores de agua.

Sin embargo, el sulfato de calcio y otras sales permanecen virtualmente ina-

fectadas al hervir, causando la "dureza permanente". La dureza permanente o temporal (incluyendo sales que no sean de calcio) puede, de cualquier modo, eliminarse por otros medios.

El agua suave contiene muy poco bicarbonato de calcio o de magnesio y espuma fácilmente con el jabón. De cualquier modo, el agua que no contiene materia disuelta tiene un sabor insípido, no apetitoso, como el del agua no aereada. Además, no se recomienda la extracción total de las sales, pues se piensa que el agua muy suave está asociada con enfermedades del corazón. La Comisión Europea ha establecido un nivel mínimo de dureza, el cual debe permanecer aun después de ablandar las aguas (excepto en el caso de aguas naturales).