

Los métodos modernos de purificación de aguas potables

Hasta hace algunos años se empleaba casi exclusivamente la filtración para potabilizar las aguas que no tenían buenas condiciones para darlas a la bebida. La filtración es un excelente medio de purificar las aguas, pues, además de mejorar notablemente su aspecto, produce una reducción bacteriana notable, que puede llegar al 99 por 100; pero para que se haga en buenas condiciones precisa emplear arena fina, del orden del medio milímetro de diámetro, y, como consecuencia de ello, tiene que llegar el agua al filtro previamente preparada, bien mediante la sedimentación y filtración basta o por medio de la coagulación y sedimentación. Con todos estos accesorios, la filtración, tanto en los antiguos filtros lentos ingleses como en los más modernos americanos o rápidos, resulta muy costosa, por lo cual ha habido que pensar en otros procedimientos que tienden, sobre todo, a asegurar la pureza bacteriológica, y que son especialmente aplicables cuando el aspecto del agua es bueno.

Entre estos procedimientos empezaremos por indicar la aplicación de los rayos ultravioleta y el ozono. Ambos están ya casi completamente en desuso: el primero no puede aplicarse más que a instalaciones pequeñas, y tampoco es conveniente el segundo a las muy grandes, siendo, tal vez, la mayor la que se construyó en San Petersburgo antes de la guerra. Ambos tropiezan con la dificultad de que el agente microbicida llegue a todos los puntos de la masa líquida, y ambos también, sobre todo el primero, necesitan aguas muy claras, por lo que rara vez puede prescindirse de una filtración, siquiera sea en filtros de elementos no muy finos.

Estos procedimientos han dejado paso a los fundados en el empleo del cloro y sus compuestos, el uso de los cuales, de los hipocloritos especialmente, es conocido hace ya bastantes años.

Los procedimientos de esterilización por el cloro se desarrollaron especialmente durante la guerra, en que fué preciso improvisar instalaciones de todos tamaños para abastecer a las tropas.

Posteriormente a la guerra han seguido usando con frecuencia en Francia el hipoclorito sódico en la disolución, llamada "Agua de Javel". En los restantes países, entre ellos el nuestro, se tiende más al empleo del cloro gaseoso, almacenado en estado líquido en botellas a gran presión. El cloro gaseoso tiene la ventaja de que se puede dosificar con gran exactitud y de que es un agente que en cantidades pequeñísimas produce una destrucción casi completa de las bacterias del agua, con una acción selectiva para las del grupo intestinal.

No voy a describir las instalaciones para aplicar el cloro, bien conocidas de todos cuantos se ocupan de estas cuestiones, y de las que hay ya numerosos ejemplos en España.

Es bastante fácil conseguir la esterilización de un agua por medio del cloro; sin embargo, la cloración, si ha de hacerse bien, no deja de presentar proble-

mas, y el más difícil de ellos es el de la producción de sabores en el agua.

El agua que se clora con dosis demasiado elevadas tiene sabor a cloro; este sabor, sin embargo, puede y debe evitarse dosificando cuidadosamente y haciendo la adición del cloro a suficiente distancia del consumo, para que tenga tiempo de actuar el gas sobre la materia orgánica y desprenderse el sobrante. Pero los sabores no siempre son debidos al cloro, sino a ciertos compuestos que éste puede formar con sustancias que lleve el agua. Ciertas algas desprenden compuestos aromáticos que comunican mal olor y sabor al agua, y que el cloro, lejos de reducir, exalta; pero lo peor en este caso es la presencia de compuestos fenólicos.

Las combinaciones del cloro y el fenol dan sabor al agua, aunque las cantidades sean casi imperceptibles para los procedimientos de análisis químico. Algunas veces los malos sabores pueden quitarse precisamente forzando la dosis de cloro, para destruir así los elementos que causan el sabor; pero otras veces originan problemas muy difíciles de resolver. La presencia de aguas industriales, principalmente las procedentes de las fábricas metalúrgicas o de las fábricas de gas, son las que más fácilmente originan estos sabores. No es preciso, a veces, que sean las aguas residuales de estas industrias las que se pongan en contacto con las que tratamos de purificar. No hace mucho tiempo que se comprobó en París la llegada de pequeñas partículas procedentes de un centro industrial próximo y conducidas por la lluvia y la niebla a un depósito descubierto de aguas cloradas, en las que se había notado mal sabor.

Como medio de evitar estos malos sabores se ha ideado sustituir el cloro por las cloraminas, compuestos de cloro y amoníaco; este procedimiento da muy buen resultado, a cambio de un mayor coste de tratamiento. Por regla general no produce sabor, aunque se emplee en fuertes dosis, con lo cual se pueden dejar cantidades de importancia del antiséptico en el agua y conseguir, por tanto, que ésta conserve su poder bactericida bastante tiempo, impidiendo, por ejemplo, los recrudescimientos bacterianos en depósitos y tuberías.

Sin embargo, la manera más radical de privar de sabores y olores a las aguas parece que se hará en adelante a base del carbón activo, agente que introducirá cambios fundamentales en la técnica de la purificación de aguas potables.

Es antiguo el conocimiento de las propiedades decolorantes del carbón; también hace tiempo que se usaba para filtrar el agua cuando ésta sabía u olía mal. Este procedimiento de filtración por carbón lo empezaron a usar algunos Municipios ingleses en el último tercio del pasado siglo. Sin embargo, el carbón que entonces se usaba tenía poca capacidad de absorción, y ésta fué la causa de que su uso no se extendiera.

Vamos a llamar carbón activo a un material carbonoso, principalmente de origen vegetal, de una gran porosidad, y cuyos átomos, sobre todo los superficiales, han sido librados por tratamientos especiales de compuestos absorbidos. Detallemos esto; pero hagamos antes la observación de que esta propiedad del carbón, que llamamos actividad, no tiene relación ni semejanza ninguna con la actividad de los cienos empleados en la depuración de aguas residuales.

No se conoce mucho sobre el modo de actuar el carbón activo sobre los compuestos que producen el color y el sabor en las aguas. Así, pues, nos limitaremos a indicar algo de la explicación que de ello dan los autores modernos, pero sin que se pueda asegurar que las teorías actuales no sufran en lo sucesivo profundas modificaciones.

El fenómeno que se produce en el carbón activo no parece que es la absorción de una sustancia al interior de otra; parece más bien que es una adhesión de moléculas de gases o sustancias disueltas a la superficie del carbón, en la que resulta una alta concentración de los gases o de las soluciones consideradas.

Los átomos de la superficie del carbón activo tienen varias valencias libres y atraen ciertos compuestos con gran facilidad por esta causa. Cuando se fabrica el carbón vegetal por los procedimientos corrientes no se consigue formar más que una pequeña cantidad de estos átomos con propiedades absorbentes.

Vemos, pues, que la absorción que nos interesa realizar por medio del carbón activo es un fenómeno exclusivamente superficial. Necesitamos, pues, para poder absorber grandes cantidades disponer de un cuerpo absorbente de extraordinaria superficie; es decir, una materia esponjosa de enorme porosidad, con canales pequeñísimos, como son los buenos carbones activos.

Parece que el carbón activo se forma siempre que se carbonizan sustancias carbonosas en recipientes cerrados a baja temperatura. Ahora bien, su misma actividad hace que durante el proceso de la carbonización se sature de los hidrocarburos que durante la destilación se desprenden. Por consiguiente, hay que quitar estos hidrocarburos en una operación posterior para devolver al carbón sus propiedades absorbentes. Esta operación es la que se llama activación.

Estos carbones se empezaron a extender cuando la guerra, en que se buscaron cuerpos que tuvieran una gran capacidad para absorber los gases asfixiantes.

Los carbones que necesitamos para la purificación de agua deben tener gran capacidad de absorción, granos que se puedan manejar y lavar sin que se pulvericen, y bastante peso para que no floten en el agua. Debe, además, ser barato, condición hasta hoy la más difícil de cumplir.

Según Chaney, durante la destilación de materia carbonosa a baja temperatura se forma el carbón activo por la descomposición térmica de hidrocarburos inestables. Este retiene otros materiales más estables, que, de lo contrario, se hubieran desprendido o descompuesto. Así se ha comprobado en el carbón de cedro calentado hasta 850° la presencia de hidrocarburos que hierven a 350°. Estos hidrocarburos, estabilizados sobre una base de carbón activo, es lo que se llama carbón primario, porque es lo primero que se obtiene al carbonizar a bajas temperaturas materiales carbonosos.

Para activar, pues, el carbón habrá que quitar es-

tos hidrocarburos; no podemos hacerlo por calentamiento, a no ser que forcemos la temperatura para provocar su descomposición; pero entonces depositan sobre el carbón productos que hacen imposible su activación; por el calentamiento, pues, nada se consigue; en cambio, se puede llegar al resultado apetecido fundándose en que estos hidrocarburos que hay que eliminar se oxidan antes que el carbón. Los oxidantes que se emplean son el aire y el vapor de agua. También se puede usar el anhídrido carbónico y el cloro.

Durante esta activación se produce, según Barker, un recubrimiento del carbón primario por partículas de carbón semejante al grafito, y además un aumento enorme de superficie por producción de una red capilar grande.

Por los medios indicados se pueden obtener carbones de distintas clases, que podemos agrupar en tres grupos:

1.º Carbones depositados en los poros de sustancias inorgánicas. Si mezclamos serrín, algas marinas, turba o melazas con tierras de infusorios, piedra pómez, etc., y calentamos el carbón, se deposita en los poros de los cuerpos indicados.

2.º Carbones depositados sobre un soporte inorgánico, que después se separa por procedimientos químicos. Se mezclan las materias vegetales con cal, greda, cloruro cálcico, cloruro de zinc, cloruro magnésico, ácido fosfórico; se carbonizan luego y se disuelve el soporte. El cloruro de zinc, ácido fosfórico, etcétera, actúan como agentes activantes, impidiendo la formación de capas absorbidas de materia inerte que cubrirían la superficie del carbón, anulando su actividad.

3.º Carbones obtenidos por carbonización a determinada temperatura y presión y luego activados; casi todos los empleados en la purificación de agua son de este tipo.

Los materiales carbonosos empleados son lignito, pulpas, lanas, etc. Las patentes americanas más conocidas están hechas de este modo y son las siguientes:

Hidrodarco hecho a base de lignito; Nuchar, con residuos de fábricas de papel, y Norit, con pasta de abedul. Todos deben ser activados después.

Con los carbones activos es preciso hacer algunos ensayos. Su densidad aparente y real y su porosidad se mide como en los demás materiales granulados. En cuanto a su poder de absorción, se mide por el peso absorbido por gramo de carbón. Este poder es distinto, según el cuerpo absorbido; por tanto, se dice en los resultados: actividad al fenol, al iodo, etc. La superficie del carbón activo es enorme; algunos autores suponen que puede llegar en un centímetro cúbico a cerca de 1 000 m².

Se hacen en la actualidad abundantes estudios sobre la química del carbón activo, pero poco hay que pueda darse como definitivo. Claro es que tampoco es muy conocida la de los compuestos fenólicos y de los que producen las algas, los cuales, aun en cantidades inapreciables, dan sabor al agua. Lo único cierto y positivo es que, en casi todos los casos, estos elementos son retenidos por el carbón y despojada el agua de los mismos. Parece que el carbón activo no absorbe los sulfatos alcalinos, pero retiene todos los compuestos que dan color y sabor al agua, aunque no a todos en la misma proporción.

Absorbe también otros compuestos que no nos interesa retener, lo cual es un inconveniente, pues disminuye su rendimiento, perdiendo su capacidad de retención más pronto de lo debido.

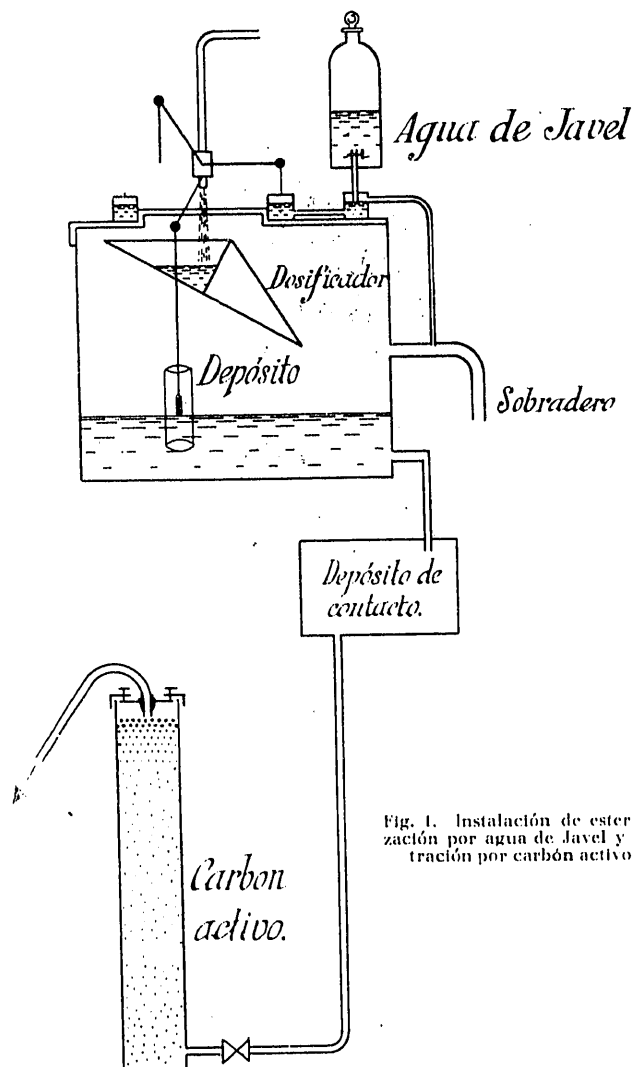


Fig. 1. Instalación de esterilización por agua de Javel y filtración por carbón activo

El carbón activo se usa principalmente en dos formas: granulada y en polvo. Cuando se usa en

de filtro. Esta es una disposición muy indicada para el tratamiento posterior a la cloración, con objeto de quitar el exceso de cloro. Cuando se usa el carbón en polvo se agrega antes de la filtración, mezclándole bien con el agua. El carbón queda detenido en los filtros y puede recuperarse.

Hasta hoy las instalaciones de carbón activo son más bien de ensayo. En la zona alemana del Rhur, donde se amontonan las poblaciones, ocasionando fuertes contaminaciones en las aguas potables, y donde la abundancia de aguas residuales de fábricas metalúrgicas hace muy difícil el tratamiento por el cloro, es donde más se ha desarrollado. En Stuttgart hay también una instalación importante. Asimismo existen numerosas instalaciones en América, que funcionan, generalmente, de modo intermitente, en temporadas en que existen malos sabores en el agua.

La figura 1 indica el esquema de una instalación de javelización completada con filtración por carbón activo. En ella se aprecia un dosificador de vuelco para agregar el agua de Javel.

En otros puntos el carbón se ha intercalado formando una capa entre la arena de los filtros.

La figura núm. 2 representa el esquema de la instalación de Hamburg, N. Y., en América.

En esta instalación se hace una cloración preliminar; después, la coagulación por medio de cal y sulfato de aluminio, a la cual sigue la filtración, y, por último, una cloración final. Los malos sabores son debidos a las algas que se tratan de destruir con la precloración, y, no siendo ésta suficiente, se recurrió al carbón activo en polvo. Se echaba primero en el tanque mezclador al mismo tiempo que los coagulantes; pero se observó que el coágulo arrastraba parte del polvo de carbón, que iba a parar al fondo del depósito de sedimentación sin haber producido efecto útil. Después se agregó el carbón entre el depósito de sedimentación y los filtros; pero caía inmediatamente sobre la arena, cegaba el filtro, y éste, que marchaba normalmente treinta horas entre dos limpiezas, hubo que limpiarlo a las tres horas. Entonces se ha recurrido, con buen éxito, a preparar una emulsión del carbón bien molido en agua, con

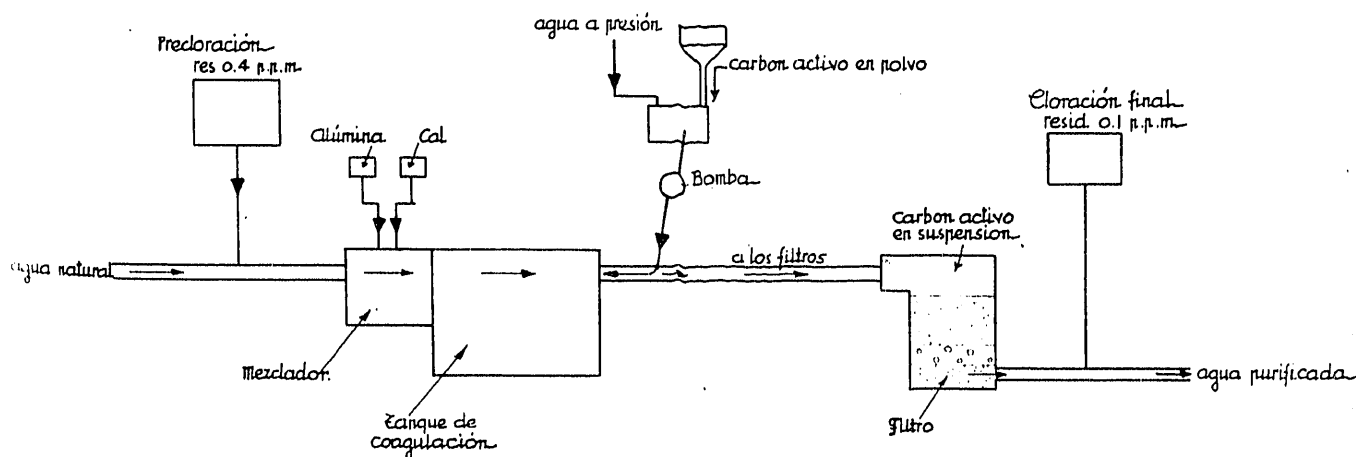


Fig. 2. Instalación de carbón activo en Hamburg, N. Y.

Esquema de la instalación de Hamburg N.Y.

forma granulada se hace pasar el agua por el recipiente que contiene el carbón, que actúa en forma

gran agitación, para obtener una suspensión casi coloidal, que es inyectada contra la corriente en el agua

decantada. Se consigue así mantener el carbón en suspensión mucho tiempo, y que no sea preciso limpiar el filtro con más frecuencia que antes de usar

dosificador de cloro y cloramina y un aparato de carbón activo. Este está formado de cuatro tubos llenos de carbón, que el agua recorre en serie, pero

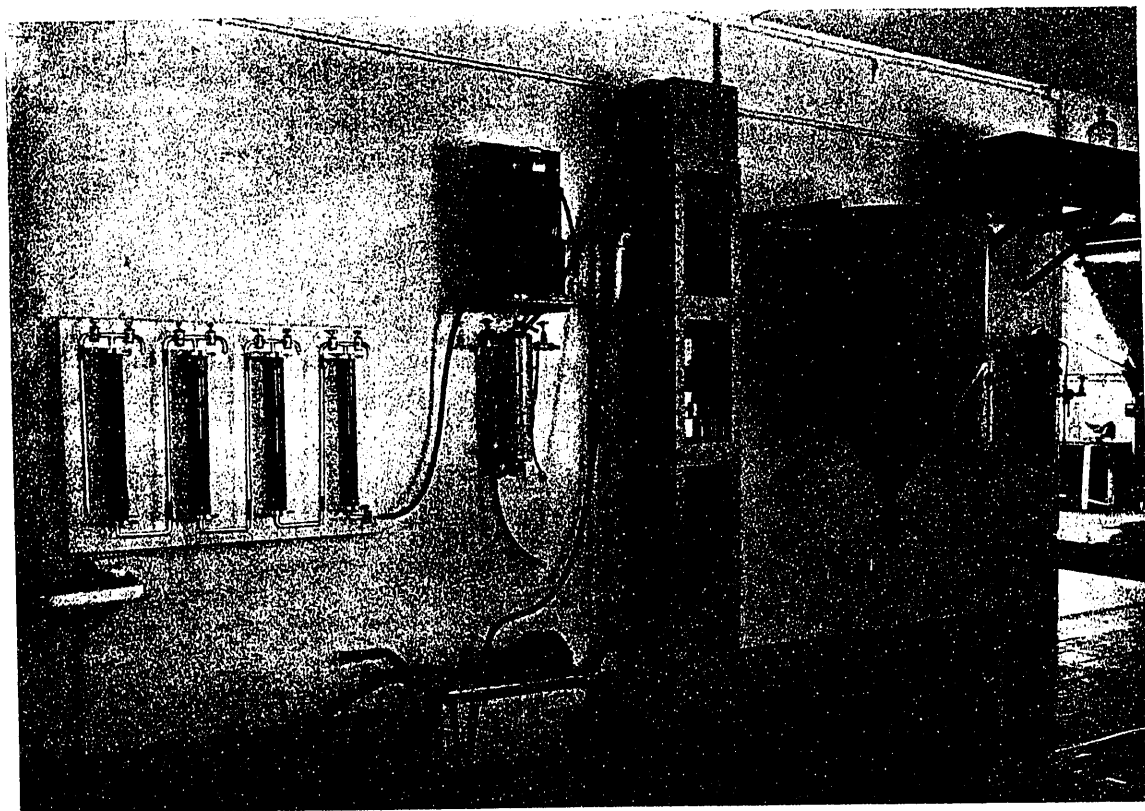


Fig. 3. Escuela de Caminos. Instalación de filtración, cloración y carbón activo

el carbón. La dosis de carbón activo empleada varió entre 0,85 y 1,3 partes por millón de agua tratada.

En Norfolk, en el Estado de Virginia, se usaba el siguiente tratamiento: Precloración, aireación, coagulación, sedimentación, filtración y tratamiento por la cloramina. Se ha aplicado el carbón en polvo antes de la sedimentación, con lo cual se consigue absorber gran parte de la materia orgánica, que de otro modo es arrastrada por el coágulo al fondo del tanque, y puede entrar en putrefacción si éste no se limpia con frecuencia. Mediante el empleo del carbón activo el cieno es mucho más estable. Emplean la dosis de 1,5 partes por millón, ligeramente superior a la de Hamburg.

En Newport News, en el mismo Estado de Virginia, por el uso del carbón activo han podido llevar a los filtros aguas más puras y aumentar la capacidad de éstos filtrando más de prisa.

En Bay City (Mich.) se ha sustituido la arena de un filtro rápido por una capa de 60 cm de carbón activo. El volumen empleado fué de 1 400 pies cúbicos; es decir, unos 30 m³, que costaron 5 600 dólares. Esta estación está realizando interesantes ensayos.

En Chicago y en otras poblaciones americanas se usa también siempre con éxito.

En la Escuela de Caminos se ha adquirido recientemente una instalación de ensayo para el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, que puede verse en la fotografía de la figura 3. Comprende una instalación de coagulación y sedimentación que figura a la derecha de la fotografía, un filtro rápido, un

están dispuestos para tomar muestras del agua al pasar de un tubo a otro, a fin de poder apreciar los distintos grados de depuración parcial que se va ob-

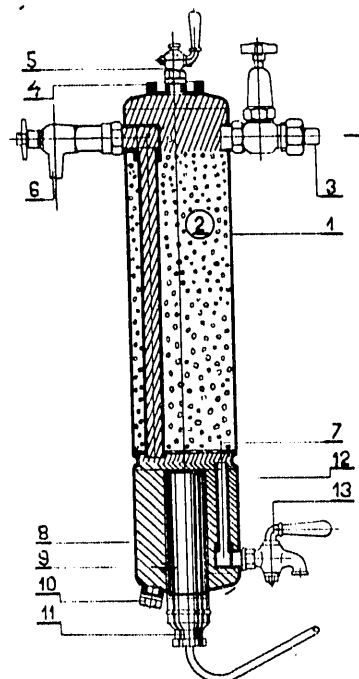


Fig. 4. Aparato para filtrar por carbón activo en instalaciones domésticas

teniendo en cada uno de los tubos. Todavía no hemos hecho experimentos de importancia en esta instalación, que acaba de montarse; pero, dentro de

algunos meses, espero poder dar cuenta a los lectores de la REVISTA de los resultados que obtenemos.

Tenemos también otro tipo de aparato para conectar en serie, antes del grifo de una instalación doméstica, que también se ve en la fotografía, entre el anteriormente descrito y el filtro, y ha sido suministrada por la casa Dabeg.

En la figura 4 se representa este aparato, que es interesante por la disposición para regenerar el carbón activo por medio de una corriente de vapor. El agua entra por 3, atraviesa el carbón, llena el recipiente 8 y sale por 6. Cuando se quiere regenerar el carbón se cierra la entrada y la salida de agua y se saca la que queda en el aparato por el grifo 13. Se abre en seguida el grifo 5. La cámara 8 queda con el agua suficiente para cubrir la resistencia de calefacción 9, que se conecta a la red de distribución eléctrica. El vapor se produce en 8, atraviesa el carbón y sale por 5 en muy pequeña parte, pues casi todo se condensa y vuelve a la parte inferior. Debe mantenerse la corriente de vapor durante veinte minutos.

En otros filtros de tipo parecido, pero para mayor cantidad de agua, la entrada de ésta se hace por debajo y la salida por arriba, mientras que el vapor recorre el carbón en sentido contrario; en éstos el vapor puede provenir de una caldera cualquiera.

Hemos comprobado en el Laboratorio que, pasando el agua a la que acabábamos de añadir tres partes por millón de cloro, no acusaba, al salir del aparato, señal alguna de dicho gas al ensayo de la ortotolidina, cuya extraordinaria sensibilidad es conocida.

* * *

Siguiendo en la rápida exposición de los modernos procedimientos de purificación de aguas potables, daremos alguna idea de los recientes experimentos de esterilización por los metales, especialmente por la plata. La acción específica de ciertos metales contra organismos inferiores se conoce desde 1893, en que Nägeli descubrió que el cobre metálico mataba ciertas algas.

Se ha comprobado que esto es debido a la disociación del metal en estado de ion en el agua; metales, al parecer, tan inatacables como el oro y la plata se disuelven en cantidades pequeñísimas y pueden tener una acción notable sobre los microorganismos.

El cobre, en cantidades de 0,3 mgr por m³, destruye varias clases de bacterias, y con concentraciones diez veces mayores, es decir, de 3 mgr por m³, destruye el bacillus coli.

La plata es todavía más activa, bastando cantidades del orden de $\frac{1}{10^6}$ a $\frac{1}{10^9}$ gramos por m³.

Se ha podido comprobar esta acción poniendo una pequeña porción del metal en un medio de cultivo sembrado y comprobando que, al cabo de pocas

horas, las colonias existentes al lado del metal han desaparecido.

La realización práctica de este principio se hace mediante pequeños cilindros de plata, de paredes delgadísimas, llamados "Katadyne". Puesto este producto en un recipiente con agua, la esteriliza en pocas horas y el agua conserva, durante algún tiempo, poder bactericida.

Se construyen recipientes de porcelana porosa, con plata finamente dividida, en donde se tiene el agua, que queda esterilizada al cabo de poco tiempo, y también se hacen filtros que llevan la plata entre sus poros y filtran y esterilizan a la vez.

No debemos dar por terminada esta reseña de los métodos modernos de depuración sin hablar de los que se emplean para la corrección de la dureza.

Esta corrección no se hace generalmente, al menos en nuestra patria, más que para las aguas que han de alimentar calderas de vapor. Hay muchas localidades españolas en donde se beben aguas durísimas, prácticamente impotables, sin que se haga nada por remediarlo. No ocurre así en América, donde las instalaciones son cada vez más abundantes y donde, tomándolo, además, desde un punto de vista utilitario, calculan si el coste del tratamiento compensa la disminución del gasto de jabón que realiza la población abastecida.

La corrección de la dureza se hacía antes, casi siempre, por la adición de cal y carbonato sódico. Hoy se usan cada vez más las zeolitas naturales o artificiales, que empezaron en las pequeñas instalaciones domésticas, pero que ahora ya se usan aplicadas a la totalidad de los abastecimientos.

Las zeolitas son minerales formados por silicatos de aluminio y de los metales alcalinos. Pueden también fabricarse artificialmente, en hornos eléctricos, otros silicatos parecidos, a los que se ha dado el nombre genérico de permutitas, de las que la más conveniente es la del sodio. Estos compuestos tienen la propiedad de retener el calcio y magnesio del agua, cediendo el sodio, que entonces forma carbonatos y sulfatos de sodio, solubles que no tienen los inconvenientes que los de los metales alcalino térreos.

Basta la filtración de un agua dura por una capa de permutita para que pierda su dureza. La permutita va perdiendo sus propiedades a medida que va cediendo el sodio, pero puede regenerarse lavando el filtro con una solución fuertemente concentrada de sal común. Se realiza entonces la operación inversa, y se vuelve a formar la permutita de sodio todas las veces que se quiera. El aparato consume, pues, solamente sal común.

Este sistema, que hasta ahora sólo se empleaba en pequeñas instalaciones, de las que hay numerosos ejemplos en España, se usa ya en América, como hemos dicho, en las instalaciones que tratan toda el agua del abastecimiento.

Como se ve, cada día adquiere más importancia la purificación de las aguas potables, lo cual es lógico conociendo los inconvenientes y peligros del uso de las aguas impuras.

Juan LÁZARO URRÁ
Profesor de las Escuelas de Caminos
y Nacional de Sanidad