

DE INGENIERÍA SANITARIA

POR JUAN LÁZARO URRÁ, PROFESOR DE LA ESCUELA DE CAMINOS

El presente artículo, que es el cuarto de los publicados últimamente bajo este mismo título, que constituye la especialidad del autor, estudia, desde el punto de vista técnico y económico, el problema de la corrección de la dureza de las aguas empleadas en abastecimiento de poblaciones, reseñando interesantes experiencias extranjeras.

IV

PURIFICACIÓN QUÍMICA DE AGUAS POTABLES

Las sales que más frecuentemente molestan en las aguas son las de los metales alcalinotérreos, calcio y magnesio, principalmente, que causan lo que llamamos dureza del agua, cuyos inconvenientes son bien conocidos; las aguas de esta clase cortan el jabón, no cuecen bien las legumbres, son desagradables al gusto y al tacto y dejan depósitos en las tuberías, sobre todo en las de agua caliente, siendo completamente impropias para la alimentación de calderas de vapor; utilizadas para este objeto, impiden el paso del calor a causa de las incrustaciones, obligan a continuas limpiezas que encarecen la explotación y aún pueden originar explosiones. Es también conocida la diferencia entre dureza temporal y permanente, debida, la primera, a los bicarbonatos solubles de los metales arriba indicados, que precipitan y pueden eliminarse por la ebullición al expulsar al anhídrido carbónico. La dureza permanente, debida a los sulfatos, cloruros y nitratos de los mismos metales, no se altera por la ebullición. De antiguo es conocido el procedimiento de transformar las sales que dan dureza al agua en otras que no produzcan el mismo inconveniente, a base de la cal y el carbonato sódico. Las compañías de ferrocarriles han empleado, desde hace muchos años, este procedimiento en las aguadas de las locomotoras, por el mundo entero. El procedimiento de las zeolitas o permutitas es también conocido hace bastante tiempo, empleándose de un modo industrial en Alemania hace más de treinta años. Estos cuerpos son silicatos, unos, naturales, y otros, producidos artificialmente de metales alcalinos, principalmente de sodio, que tienen la propiedad de cambiar de base con las aguas con que se pone en contacto. El agua sale entonces cargada de sales de sodio, que no dan dureza, y la zeolita se va transformando en una mezcla de silicatos de calcio o de magnesio, con la feliz propiedad en que se puede invertir la operación lavando el producto con agua cargada de cloruro sódico, regenerando la zeolita, y en resu-

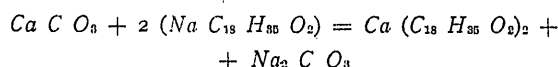
men, gastando solamente sal común y obteniendo como sobrante unas aguas de lavado, cargadas de las sales de calcio, que hay que tirar a un desagüe apropiado.

El uso de estas instalaciones de zeolita es mucho más sencillo para una instalación pequeña, y sobre todo de tipo doméstico, que el procedimiento de la cal-carbonato sódico, ya que se reducen a un filtro contenido en un calderín, que se monta en serie en la tubería de conducción y con una disposición de lavado del mismo con agua de sal, producto al alcance de cualquiera. Esto ha hecho que estas instalaciones domésticas se hayan desarrollado bastante en las regiones en que solamente se dispone de aguas duras, cosa, como es sabido, bastante frecuente, y aun a pesar del coste de zeolita, que es todavía elevado, más que por su valor intrínseco, por los derechos de patentes y marcas.

Pero el público, que cada vez pide más perfección en los servicios públicos, ha comenzado a exigir que se le sirva aguas que carezcan de los inconvenientes citados, y ya se han construido con este objeto gran número de instalaciones, primero, a base de cal y carbonato sódico, y modernamente, muchas a base de zeolitas. Como de los estudios realizados hasta ahora se desprende que el beber aguas duras no parece producir trastornos morbosos en el organismo humano, la decisión de la construcción de una instalación de este tipo habrá de fundarse en consideraciones de tipo económico y no sanitario, como podría ser la de una estación de cloración o filtración. Estas consideraciones han de basarse en las pérdidas que ocasiona un agua dura, y que principalmente son las siguientes:

- Un gasto excesivo de jabón.
- Un desgaste excesivo en las ropas y lencerías que se lavan con agua dura.
- Pérdidas de calor en calderas y calentadores de agua.
- Inutilización prematura de estos aparatos y de las cañerías que los relacionan con los aparatos de utilización del agua caliente.
- Existe, además, el peligro de explosión en las calderas de vapor, que ya se ha indicado.

De todos estos perjuicios, el gasto excesivo de jabón es el que tiene más importancia económica en el consumo doméstico y el que se puede valorar mejor, hasta el punto de que lo que pierde la colectividad por tal motivo puede ser mayor de lo que representan las cargas de construcción y explotación de una central de ablandamiento. Fácilmente se comprende que debe ser más económico neutralizar las sales que produzcan la dureza, sobre todo si ésta es temporal, con un producto barato, como la lechada de cal, que con otro caro (y no hablamos de los anormales momentos actuales), como es el jabón, sobre todo si se tiene en cuenta que además necesitamos gastar más cantidad del caro que del barato. En efecto: si nos fijamos, por ejemplo, en el estearato sódico como jabón tipo, se tiene la siguiente fórmula, ya citada en mi obra "Abastecimiento de agua potable", pág. 57:



se deduce, calculando los pesos moleculares, que 100 gramos de carbonato cálcico reaccionan con 612 gramos de jabón, mientras que la aplicación de las fórmulas de conexión de dureza por la cal demuestran que hacen falta 74 gramos de cal en lechada, que puede elevarse a unos 100 gramos si hay que neutralizar también el ácido carbónico libre. Dada la diferencia en el coste de ambos productos, se explica que Hoover diga, en la obra "Water Supply and treatment", que es disparatado eliminar la dureza con jabón, que cuesta varios cientos de veces el importe de la cal necesaria para obtener el mismo efecto; juicio que coincide con el expuesto anteriormente.

Hay que contar, sin embargo, con una modalidad especial del problema. Un Ayuntamiento puede darse cuenta, y aun valorar con bastante exactitud, la economía en jabón que experimentaría la colectividad que administra, si montara la instalación de ablandamiento; pero, a pesar de ello, el problema es muy distinto del que se presentaría si, por ejemplo, tratara de sustituir unas bombas viejas y de mal rendimiento por otras modernas. Obtendría con ello una economía que percibiría directamente en su caja, mientras que en lo de la instalación de ablandamiento los gastos los paga el Ayuntamiento y los beneficios los perciben los vecinos, que solamente pueden compensar a aquél pagando el metro cúbico de agua a más precio. Esto exige, antes de construir la instalación, una labor para convencer al público de que aunque se le venda un agua más cara, tendrá, en resumen, una economía en el coste total de la vida. Otro punto que hay que tener en cuenta para no exagerar demasiado las ventajas económicas del ablandamiento, es que no se puede, en general, ablandar solamente la parte del agua que ha de ponerse

en contacto con el jabón. En una población no es nunca económico, ni cómodo, ni práctico, utilizar aguas de dos clases. En donde se hace, como en algunos barrios de Londres, es debido a la escasez o carestía de agua potable, que aconseja la construcción de una red independiente para riegos de calles y jardines, limpieza de alcantarillas, y, aun dentro de los domicilios, para las descargas de los retretes y otros usos análogos. Por tanto, no se debe pensar en hacer una red especial de agua ablandada que sirva solamente para beber, guisar y lavar, sino que es preciso ablandar toda el agua que sale a la red, aunque la mayor parte se utilice en cosas que no tienen demasiada importancia que sea blanda o dura. El tanto por ciento de agua que se pone en contacto con jabón o que, por cualquier otra causa, conviene que sea blanda, va creciendo, sin embargo, a medida que aumentan los hábitos de limpieza en el público.

Vamos, pues, a tratar de obtener unas cifras que nos permitan darnos cuenta de si es posible, económicamente, realizar la construcción de una instalación de ablandamiento, partiendo siempre de la idea de que utilizaremos precios más estables que los actuales y que el reajuste de precios que se haga, al fin de la guerra, podrá, tal vez, modificar fundamentalmente las consecuencias a que lleguemos.

Es ya antigua en América la fórmula de Foulk, contenida en la citada obra de Hoover, y que, traducida a unidades métricas, es:

$$J = 0,24 + 0,024 D,$$

en la que J = cantidad de jabón en kg. consumido por cada m.³ de agua de dureza D . Si por el tratamiento de esta dureza la convertimos en d , la cantidad de jabón economizada será $J - j = 0,024 (D - d)$, es decir, que resulta proporcional a la disminución de la dureza, lo cual parece que no está de acuerdo con la experiencia. La economía resulta función de la cantidad de agua gastada en las aplicaciones que necesiten consumo de jabón.

Beard y White, después de una encuesta realizada en varias poblaciones del Oeste Americano, y a la vista de otros trabajos anteriores, propusieron la curva B de las tres que figuran en la figura, y que da directamente la economía de jabón por habitante y año en relación con la cantidad de dureza suprimida. Sin perjuicio de discutir más tarde su aplicación a las dotaciones de agua normales en las poblaciones europeas, vamos a utilizarla para aplicarla a un ejemplo, no con la idea de demostrar que siempre el ablandamiento sea económico, sino la posibilidad de que pueda serlo, y al mismo tiempo orientar a los lectores en la forma de hacer el estudio, indicando también los datos que se han de recopilar para llevarlo a cabo.

Partimos de una población de 30.000 habitantes,

con una dotación de 100 litros por cabeza y día, hoy escasa, pero muy frecuente aún. Supongamos que el agua tiene 300 partes por millón de dureza, es decir, 30° franceses, y que tratamos de dejarla en 5° ó 50 partes por millón por medio de una instalación de zeolitas.

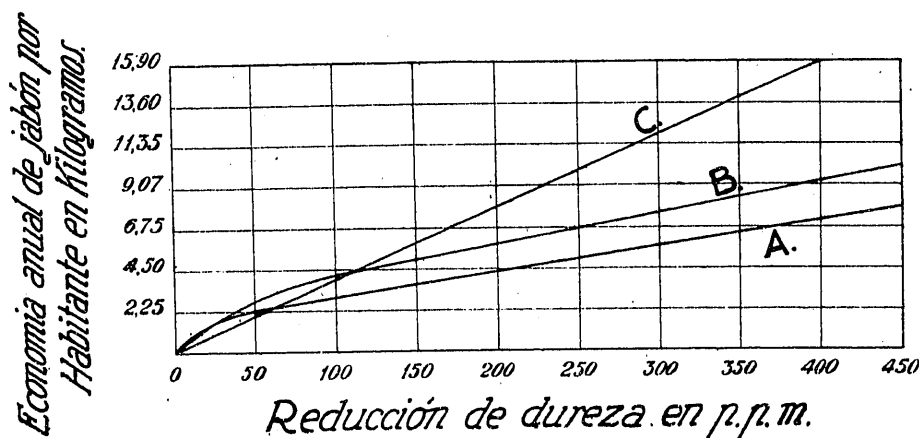
La economía de jabón por habitante, según la curva de Beard and White, es de 6,75 kg. por habitante y día, lo cual representa para la población total 202 500 kg. al año, y fijando al kg. de jabón un precio de 5 pesetas, resulta una economía de 1 012 500 pesetas. El precio fijado es, sin duda, superior al del

mo privado represente el 60 por 100 del total y que se desee que éste pague los gastos de la instalación, habrá que repartir dicha cifra entre los 600 000 m.³

anuales de dicho consumo, es decir, $\frac{360\,250}{600\,000} = 0,60$

pesetas, que es el precio a que deberá venderse el m.³. Por término medio, un abonado consumirá al día 60 litros, que le cuestan 0,036 pesetas, y al año, 13,14 pesetas, cantidad muy inferior de la que representa el ahorro de jabón.

Se ve, pues, que el gasto que supondría el pago del



año 1936, antes de nuestra guerra, y bastante más bajo del que hoy tienen que pagar las amas de casa, y lo fijamos pensando en que puede ser de ese orden al estabilizarse los precios después de la guerra.

En la pág. 143 de mi obra ya citada, existe un ejemplo de corrección de dureza de las mismas características. Se ve en él que para reducir la dureza 250 partes por millón en un volumen de 3 000 m.³, se necesitan 3 000 kg. de sal común al día, cuyo precio podemos suponer a 0,15 pesetas, y resultan entonces 450 pesetas diarias. Los filtros de zeolita habrán de tener 200 m.³ de este producto, que al precio de 6 000 pesetas m.³ que tenía en España el año 1937, en que se hicieron algunas instalaciones en Andalucía, representan 1 200 000 pesetas. La construcción de la instalación, depósitos, tuberías, caseta de maniobra, etc., la suponemos en unas 400 000 pesetas, y, por tanto, el coste total de la instalación sería 1 600 000 pesetas, que, al 6 por 100, representa una carga de capital de 96 000 pesetas para intereses y amortización. Los gastos de explotación se componen del coste de la sal, que al año es de 164 250 pesetas, más los de personal y gastos generales de explotación, que podemos suponer en otras 100 000 pesetas. Todos los gastos, pues, de la instalación, se reducen a 360 250 pesetas. Estimando que el consu-

agua ablandada es mucho menor que el del coste del periódico que compre el cabeza de familia al salir de su casa por las mañanas.

Dada la inestabilidad de los precios actuales, conviene que hagamos una ligera discusión de cuantos factores intervienen en lo expuesto, para poder aplicarlo a los casos particulares que se presenten.

De todos los datos expuestos, el que parece más difícil de comprobar, y sin embargo es el decisivo, es el gasto de jabón. Si nos fijamos en la fórmula de Foulk, vemos que para una reducción de dureza de 250 partes por millón la economía de jabón es de 6 kilogramos por m.³. Como, por otra parte, hemos visto que dicha economía puede cifrarse al año en 6,75 kg., resulta que para que coincidieran las dos cifras sería preciso un consumo anual por habitante de agua ablandada solamente de 1 126 litros, es decir, de poco más de tres litros al día, lo cual se relaciona mal con los enormes consumos de las ciudades americanas. Sin embargo, los estudios que han servido para dibujar las curvas están hechos sobre la base de un consumo de agua ablandada de un galón imperial al día, es decir, de 4,54 litros. Con dotaciones del orden de los 300 litros, que son corrientes en América, puede creerse exagerado que sólo cuatro litros y medio se empleen en usos que consuman jabón; hay que fijarse, no obs-

tante, en que no se gasta todo el jabón necesario para ablandar por completo el agua que se utiliza. Pensemos en el que sería preciso echar en un baño para que todo su contenido se convirtiera en agua jabonosa, como la de la tacilla de afeitarse. Cuando nos lavamos con agua dura, el jabón neutraliza muy pequeña parte de la dureza, y por eso sentimos la sensación desagradable en la piel, que no existe con el agua blanda, ni existiría si se hubiera ablandado por completo la que es dura. De modo que al decir que el consumo es de 4,54 litros diarios, en realidad decimos que es equivalente al que haríamos si solamente consumiéramos este volumen, pero ablandándolo por completo. Claro está que entonces parece que la economía a obtener con las dotaciones europeas será mucho menor, porque aquí el consumo equivalente a los 4,54 litros será también menor. No parece, sin embargo, que el consumo de jabón disminuya proporcionalmente, porque el gran derroche de agua sustituirá en parte la acción del jabón, que en cambio con nuestras dotaciones será mayor.

De todos modos, para fijar este punto sería preciso hacer estudios de nuestros consumos, de modo que pudiéramos tener una mayor certeza en dato tan fundamental.

Los estudios análogos en América se han hecho por procedimientos que aquí podríamos emplear también, con un poco de constancia y en circunstancias normales. Uno de ellos se basa en la estadística de las ventas de jabón hechas por las tiendas que lo expenden, tanto en poblaciones de agua blanca como de agua dura. Otro es el estudio del gasto mensual de una familia, empleando agua de una u otra clase. Este procedimiento es más fácil de realizar, pero el otro da un valor medio más exacto para toda la población.

Respecto al coste del tratamiento, incluyendo los gastos de capital de la instalación, es difícil de prever hoy, y son distintos según se emplee el procedimiento de cal-carbonato sódico o el de las zeolitas. Éstas, además, son de eficacia muy variable, según su procedencia, y cada libro o cada artículo que trata de ellas da datos distintos.

Los contenidos en mi libro fueron estudiados como valores medios de la copiosa bibliografía consultada, sin que me atreva a garantizarlos en absoluto. Sin embargo, comparando el coste obtenido para la instalación con el que calcula Stanley en el artículo citado en la bibliografía, se llega a resultados que, por lo menos, son del mismo orden de magnitud.

Como resumen de todo lo expuesto, quiero solamente llamar la atención a los lectores sobre lo interesante del tema y sobre la posibilidad de obtener, en muchos casos, una economía notable. Al ejemplo citado no se le debe dar más valor que el de una orientación a seguir para hacer el estudio, pero en manera alguna pueden tomarse los datos allí empleados para otros trabajos, sin someterlos a una comprobación cuidadosa.

BIBLIOGRAFÍA.

- HOOVER: "Water Supply and treatment", 1936.
- P. J. BEARD y G. C. WHITE: "The economic feasibility of municipal softening in California". *Journal of the American Water Works Association*, 1935, pág. 248.
- C. MAXWELL STANLEY: "Economies of water softening". *Journal of the American Water Works Association*, 1936, pág. 469.
- Obras Sanitarias de la Nación Argentina.— Memoria de la Comisión de Estudio enviada a Estados Unidos de Norte América. Buenos Aires, 1938.