

Groothoff, A.: *Ibid.*, 703.

Hoffman, F. L.: "Malaria problems", 1928.

Schneider, A.: "El cultivo de la quina en la costa del Pacífico de los Estados Unidos". The Druggists Circular and Chemical Gazette, dbre., 1905, p. 426, Nueva York.

Hoops, A. L.: "Tratamiento del paludismo con atebriña en las haciendas", Trans. Royal Soc. Trop. Med. & Hyg., 289, 1932.

Conclusiones de la Comisión del Paludismo de la Organización de Higiene de la Liga de las Naciones, Pub. Health Rep., 2957, nbre. 9, 1928.

Moll, A. A.: "El cultivo de la quina", p. 578, Bol. Of. San. Pan., jun 1932, & Publicación No. 74, Of. San. Pan.

LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS POTABLES DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL INGENIERO SANITARIO¹

Por el Ing. EDWARD S. HOPKINS

El agua suministrada a los consumidores en las grandes poblaciones es un producto elaborado, comparable al azúcar refinado o a las conservas alimenticias, pues el objeto es producir un artículo de sabor agradable, sin turbidez ni microbios patógenos. De resultar factible, debe tratarse de impedir la corrosión de los caños y la dureza, a fin de mermar las propiedades que hacen consumir más jabón.

Los métodos actuales de depuración representan el fruto de la experiencia y estudio de muchos años, comprendiendo ciertos principios fundamentales, a saber:

Almacenamiento o sedimentación natural en grandes reservorios.

Coagulación de la turbidez mediante el tratamiento químico.

Sedimentación del floculo coagulado para no echar tanta carga a los lechos de filtración.

Filtración por arena para eliminar toda la turbidez.

Desinfección química o física para eliminar los microbios patógenos.

Eliminación de sabor y olor por la aireación o por la adsorción física.

Disminución de la dureza mediante la precipitación química o el fenómeno de cambio de bases.

Post-tratamiento correctivo con álcali a fin de eliminar la corrosión de los tubos.

La coagulación de las partículas coloidales turbias mediante compuestos químicos resulta necesaria, a fin de poder eliminarlas por medio de la sedimentación y la filtración. Después de agregar el coagulante, se obtiene la formación del floculo (floculación) mediante la agitación del agua, haciéndola pasar a una velocidad precisa por estanques de canales estrechos y llenos de intercepciones durante cierto período estipulado. También se utiliza la agitación mecánica con paletas impulsadas a motor o por la presión neumática.

¹ Municipal San., 85, mzo. 1934.

Una velocidad agitante de 30 a 45 cm por segundo durante 15 a 30 minutos, producirá una buena floculación en los estanques. La agitación mecánica o aérea se suele llevar a cabo en una serie de tanques, de los cuales el primero funciona a una velocidad de 60 cm por segundo, y el último apenas lo suficiente para impedir la sedimentación. Un aparato llamado "saltador hidráulico" produce una agitación violenta y mezcla perfecta en unos cinco minutos, y ya ha sido instalado en varios establecimientos. En muchos establecimientos pequeños agregan el coagulante al agua a medida que penetra en el tanque de la bomba, utilizando el propulsor de ésta para la mezcla.

La reciente instalación de agitadores neumáticos secundarios y de floculadores mecánicos como dispositivos auxiliares, ha perfeccionado la floculación en muchos establecimientos y mejorado también el funcionamiento.

Flóculo.—El flóculo que hay normalmente presente en el estanque de precipitación, es el óxido hídrico impuro de la sal metálica empleada

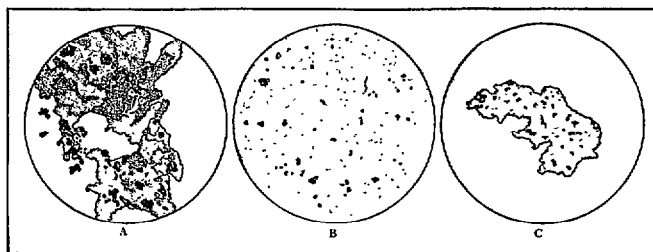


FIGURA 1.—Varios tipos de flóculos observados microscópicamente

como coagulante, rigiéndose sus propiedades físicas en gran parte por la velocidad y duración del proceso de mezcla. Cuando se coagula debidamente, forma una masa compacta que se precipita con facilidad.

Al agregar coagulante al agua, se establece definitivamente la pH, sin que varíe ésta con las características físicas de la floculación. La buena floculación es el resultado del tenor hidrogeniónico al cual se precipita, siendo muy afortunado que el punto óptimo de precipitación y el de eliminación máxima de la turbidez se aproximen tanto que faciliten el funcionamiento de la planta. La cifra varía de acuerdo con las características atenuadoras del agua por tratar. La coagulación con los óxidos hidrosos se obtiene por la combinación química de los mismos con las partículas coloidales y orgánicas, junto con algún atrape mecánico en la masa gelatinosa formada subsecuentemente, por lo cual es manifiesto que el tamaño de las partículas determina la relativa concentración del coagulante que debe emplearse para un agua de una turbidez dada. Una turbidez de 25 p.p.m. exigirá una proporción mayor de coagulante que una de 500 p.p.m., dado que las primeras partículas poseen dimensiones coloidales, y las últimas coalescen hasta cierto punto.

Cuándo conviene eliminar el color.—En la mayor parte de las aguas, el punto óptimo de coagulación para el alumbre oscila entre una pH de 5.5 y 7.2. El color se elimina mejor a una pH de cerca de 4.0, aunque también da resultado una de 8.3.

La coagulación del sulfato ferroso en proporciones moleculares, produce una mezcla a partes iguales de cloruro y sulfato férricos (caparrosa clorada), la cual resulta un magnífico coagulante, en particular para la eliminación del color. Ese compuesto forma, a toda concentración hidrogeniónica superior a 3.5, un floculo compacta de óxido férrico hidratado que no se redissuelve en las aguas alcalinas, por lo cual puede emplearse fácilmente para coagular las sustancias turbias y colorantes en las aguas ácidas, resultando útil en el tratamiento de las aguas de minas y de los desechos industriales. También ha encontrado mucha aplicación en la precipitación de las aguas negras.

La fabricación del cloruro férrico en escala comercial lo ha puesto en competencia directa con la caparrosa clorada, vendiéndose en solución y siendo transportado en tanques forrados de caucho. También se ha inventado un procedimiento comercial para eliminar la delicuescencia de la caparrosa verde, produciendo un compuesto estable en el aire, lo cual permite remitirlo y almacenarlo en grandes cantidades. Esos compuestos férricos parecen prometer mucho como coagulantes para las aguas potables y servidas.

La coagulación con óxido hidratado de hierro producida por la reacción entre la caparrosa verde y el calcio, resulta económicamente útil para aguas naturalmente muy alcalinas. También ofrece un medio barato de eliminar el manganeso. El punto óptimo de precipitación, eliminación de la turbidez, y adsorción de manganeso, es una pH de 9.0 para las aguas blandas, exigiendo el empleo de un exceso de álcali. A medida que aumenta la acción amortiguadora, esa cifra desciende a unos 7.0. La eliminación del manganeso parece ser la única justificación económica que puede ofrecerse para utilizar ese coagulante en aguas poco alcalinas. Cuando se emplea, debe mezclarse bien la caparrosa con el agua, a fin de oxidar el hierro antes de agregar la cal, pues de no tomarse esa precaución, la floculación peca de imperfecta y la precipitación resulta defectuosa, y lo mismo la filtración. Debido a la precipitación a una pH alta, se adsorbe bióxido de carbono y tiene lugar algún ablandamiento, a la vez que cesan todas las posibles dificultades creadas por un agua "colorada."

El aluminato de sodio es preparado comercialmente combinando bauxita con carbonato de sosa, y se emplea con sales de alumbre o de hierro como coagulante para ciertas aguas, poseyendo cierta ligera propiedad ablandante. En ciertos abastos no está justificado el costo que acarrea, aunque en otros puede emplearse económicamente.

Composición del floculo.—El óxido hidratado de aluminio es anforético,

y a una pH superior a 8.0 se redisuelve debido a la concentración alcalina. Los flocúlos ferrosos son estables a una alcalinidad elevada.

El flocúlo producido por una cantidad menor que la equivalente de álcali necesaria para la precipitación máxima del óxido hidroso, es un compuesto bien mezclado. El flocúlo de alumbre tiene la fórmula $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SO}_3$, y el de hierro $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{SO}_3$, o sea algo parecidas. A una pH de 9.0, o sea el punto isoeléctrico, sólo se encuentran óxidos hidratados, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ o $\text{Al}(\text{OH})_3$. El yon combinado de sulfato disminuye al aumentar la alcalinidad y, por lo tanto, se deriva de la concentración de yones de hidrógeno. Su presencia en el flocúlo de alumbre o de hierro precipitados a concentraciones hidrogeniónicas inferiores al punto de neutralidad, resulta provechosa por aportar un yon coagulante negativo, que ayuda a eliminar las sustancias orgánicas y los compuestos silíceos que no conducen forzosamente en sí mismos una carga eléctrica.

El flocúlo precipitado de las aguas tépidas a una pH baja, de 4.0 a 4.4, acusa la fórmula $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \cdot 4\text{R}$ (denotando la R sustancias orgánicas) cuando se emplea la caparrosa clorada como coagulante, lo cual indica una combinación química con los taninos y otras partículas orgánicas colorantes y con el yon metálico positivo del coagulante. Si se precipita el flocúlo colorante en la escala de alcalinidad, pH de 8.0 o más, no se forman compuestos bien definidos, lo cual demuestra que se trata de un atrape mecánico de las partículas colorantes en el óxido hidroso.

La floculación de las sales *féricas* preoxidadas en las aguas ácidas, se debe a la presencia de un exceso de yones férricos de carga positiva, que se combinan directamente con las partículas negativas de limo, mientras que al mismo tiempo existe un exceso de yones de SO_4 o Cl como "eslabón de solución," que estabiliza los óxidos hidratados. Cuando se emplean caparrosa verde y cal para formar el óxido hidratado, no tiene lugar la oxidación completa a una proporción molecular o pH inferior a 9.0, sirviendo el SO_4 de "eslabón de solución" a una cifra más baja. La precipitación de esos yones representa una función directa de la concentración hidrogeniónica.

El cálculo de la dosis apropiada para la floculación de una cantidad dada de sustancias colorantes o turbias, se gobierna en el laboratorio por agitadores mecánicos. No se necesita una instalación muy complicada. Como la turbidez del agua está expuesta a frecuentes alteraciones, varios individuos han preparado curvas que indican la dosis aproximada de coagulante que debe emplearse para cierta turbidez dada, mas esas concentraciones deben ser comprobadas con el agitador, empleando la dosis correcta, a fin de eliminar desperdicios. Cuando es necesario, se gradúa la pH agregando álcali. La aplicación del coagulante en el establecimiento se hace directamente con aparatos o introduciendo soluciones de concentraciones precisas.

Sedimentación.—En lo tocante a la administración del establecimiento,

sobreentiéndese por sedimentación el trabajo realizado por los estanques a fin de eliminar los floculos formados por la coagulación química. Los arquitectos, en sus diseños de esos estanques, guíanse por el principio de obtener en los mismos una velocidad inferior a la capaz de conducir las sustancias suspendidas. Un estanque eficaz eliminará la arena y las partículas gruesas de arcilla dentro de dos horas, y las sustancias coaguladas dentro de cuatro. Cuando la velocidad excede la proyectada, la sedimentación sufre y hay que emplear un exceso de coagulantes.

En un estanque de sedimentación o precipitación, no deben permitirse compuertas de entrada o salida demasiado estrechas o bajas, pues el aumento de velocidad hará desintegrar el floculo, mermando la eficacia

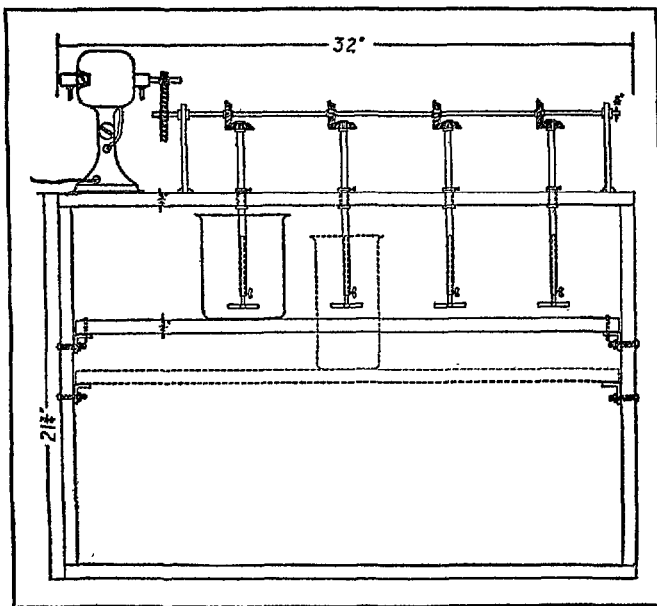


FIGURA 2.—Dispositivo para agitar las muestras de agua en el laboratorio

de la precipitación. Así sucede a menudo cuando se utilizan estanques paralelos, lo cual debe evitarse. Por lo general, se da por sentado que un estanque recto elimina las corrientes convectoras, produciendo así un precipitación máxima. En la práctica, una pared interceptora colocada a poca distancia de la entrada, hace depositar en ella mucho material, acrecentando así la eficacia del estanque durante los períodos en que el agua introducida es más turbia.

Filtración.—Se ha definido la filtración del agua como la eliminación de las materias suspendidas, a fin de obtener limpidez absoluta. La arena es el medio más empleado, aunque también se utilizan los lechos de coque y de carbón. Los filtros van en una galería, en la cual cada unidad puede funcionar por su cuenta.

Al atravesar el lecho de arena, el agua encuentra cierta resistencia debida a la fricción, la cual aumenta al acumularse el material depositado, hasta que la presión necesaria para forzarla a través del lecho equivale a la ejercida por la columna de agua sobre el lecho. Esa presión friccional se conoce con el nombre de "pérdida de carga hidrostática." A una pérdida de ocho pies, la presión suele bastar para forzar el flóculo por los lechos, de modo que se suele tomar esa velocidad como indicio de que el filtro necesita lavado.

En ciertas condiciones, el flóculo puede atravesar un lecho aunque haya poca pérdida de carga hidrostática. Para descubrir ese fenómeno resulta insuperable el turbidímetro basado en el principio del cono de Tyndall, y su instalación asegura un agua continuamente límpida, eliminando así el factor personal al apreciar la limpidez.

Modo de lavar los filtros.—Los filtros sucios se lavan introduciendo agua en el fondo del lecho a una velocidad de 70 a 110 litros por pie cuadrado por minuto. De esa manera la arena flota y el lecho se expande de 25 a 50 por ciento de su profundidad cuando reposa. También se agitan considerablemente los granos, lo cual produce una acción de friega o estregadura que desprende las materias incrustadas, las cuales son arrastradas por la corriente a las artesas de escurrimiento. No se pierde arena, pues el espaciamiento de las artesas sólo deja pasar el limo más fino. Una grava fina hace distribuir uniformemente el agua de lavado en el lecho, de modo que su tamaño reviste suma importancia y muchas dificultades encontradas en el lavado proceden de no haberse graduado bien el tamaño y profundidad de la grava.

Como la mayor parte de los lechos de arena están compuestos de granos de tamaños graduados, recientes estudios indican que un lavado inicial con poca expansión de lecho, seguido de la corriente habitual de alta velocidad, limpiará mejor las partículas, tanto finas como gruesas de arena, que una sola expansión marcada del lecho. La expansión a una velocidad dada representa una función de la viscosidad del agua y se gobierna por la temperatura, confirmando así una comparación de la velocidad de la precipitación para una partícula de tamaño dado, y la velocidad equivalente del agua necesaria para mantener la arena suspendida cuando se introduce en la fórmula de la ley de Stoke. Estos factores revelan un acuerdo notable.

Desinfección.—El cloro es empleado universalmente para desinfectar los abastos de agua. En las instalaciones pequeñas, de cuando en cuando utilizan para destruir las bacterias el ozono producido por las descargas eléctricas de alta tensión. También se emplean rayos ultravioletas procedentes de lámparas de arco voltaico. Los últimos métodos se emplean muy poco en las plantas filtradoras, encontrando mayor aplicación en los establecimientos que fabrican bebidas gaseosas, hielo, aguas minerales, etc., y en los buques y piscinas. Dan mejor resultado

cuando el agua es límpida, y desde que se ha abaratado el cloro han sido suplantados por éste en muchos casos.

El cloro se aplica, bien directamente en forma de gas procedente de bidones, o de solución de oxícloruro de calcio, llamada en el comercio hipoclorito, H. T. H., o Perclorón. La cantidad aplicada se gradúa de modo que rinda un residuo de 0.1 p.p.m. al cabo de 30 minutos de contacto con el agua, que quedará libre de bacterias. El control mecánico de la aplicación del gas, asegura un residuo constante. A fin de res-

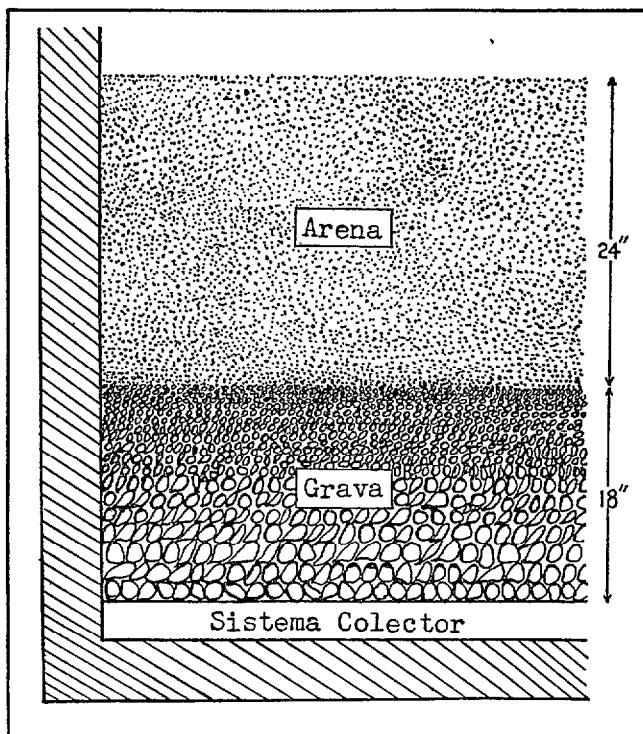


FIGURA 4.—Esquema del filtro de arena

guardarse contra descuidos del personal, deben los cilindros montarse en una balanza, y comprobarse el clorador por medio de pesadas periódicas. Las pruebas del cloro residual deben verificarse periódicamente.

Precloración.—La cloración del agua en el estanque de mezcla a una dosis suficiente para rendir un residuo de 10.1 p.p.m. en el efluente del filtro, es un procedimiento cada vez en más favor, y se conoce con el nombre de precloración, suplantando al antiguo sistema en que sólo se cloraba el agua filtrada. Como el cloro reacciona con las sustancias orgánicas que contiene el agua sin filtrar, precisa una concentración mayor, pero la mayor eficacia obtenida justifica el aumento en el costo del

material. La precloración merma la actividad biológica a un mínimo en los estanques de precipitación y en los filtros, y por destruir las algas que se depositan en los estanques, prolonga la vida de los filtros. Si el sistema comprende reservorios secundarios abiertos, deben clorarse a diario a fin de impedir la contaminación, con una dosis de 0.1 a 0.5 p.p.m.

De cuando en cuando, los consumidores se quejan de que el agua clorada mata los pececillos de colores, pero esos peces resisten una concentración de 1 p.p.m., que resultaría intolerable para el consumo. Se ha demostrado que la presencia de bióxido de carbono y el oxígeno son los factores importantes, y que la ausencia de bióxido en un agua tratada a fin de corregir la corrosión, en particular a una temperatura baja, produce una elevada mortalidad en los peces.

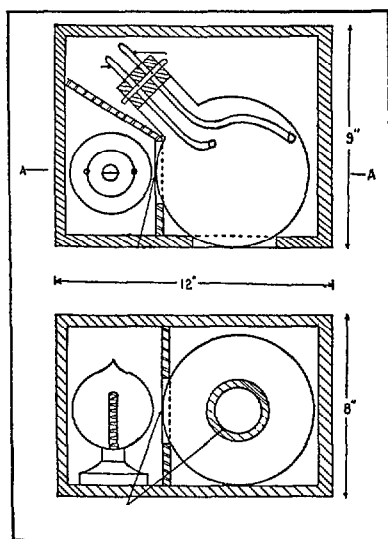


FIGURA 5.—Turbidímetro para cada filtro, consistente en un frasco y bombilla eléctrica. Arriba: plano horizontal; abajo: corte transversal

La cantidad de cloro residual se determina por las pruebas del yoduro de almidón o de la ortotolidina. La cantidad de yodo libre liberado por el agua determina su concentración en la primera de estas pruebas, mientras que el método de la ortotolidina consiste en una reacción erómica (amarillo de naranja), cuya intensidad es proporcional a la oxidación del colorante. Las sales oxidantes, como las de hierro, óxidos hidratados de manganeso, nitritos, etc., afectan estas pruebas, lo cual hay que tomar en cuenta.

Comprobación bacteriológica.—La pureza se determina mediante frecuentes pruebas bacteriológicas del efluente de la planta, y de muestras tomadas en sitios dados del sistema distribuidor. A diario deben

obtenerse dos muestras o más en el establecimiento mismo, y semanalmente de una serie de grifos del abasto. Es manifiestamente impropio guiarse para el funcionamiento del establecimiento por una sola prueba bacteriana hecha cada día. Las muestras obtenidas de distintas partes del abasto protegerán contra la contaminación debida a cruces en las conexiones.

Como índice de la pureza sanitaria, tómate el grupo coli-aerógenes de microbios, cuya abundancia relativa indica contaminación fecal, presuntamente derivada de aguas cloacales. La prueba tiene por fin distinguir esa clase de polución, pues denota contaminación con excreciones humanas y no por un microbio específico. Todo aumento en la concentración de esos gérmenes en un abasto indica una polución peligrosa, y su continua presencia en el efluente de un establecimiento denota funcionamiento incorrecto, exigiendo una inspección detenida.

Las pautas aceptadas limitan el promedio de ese grupo de gérmenes en el agua potable a un microbio por 100 cc, con otras salvaguardias que se refieren a la inspección o fiscalización sanitaria. Dicho procedimiento utiliza la prueba más bien como índice cualitativo que cuantitativo de contaminación.

Sabor y olor.—La causa más frecuente del sabor y olor en un abasto de agua consiste en la descomposición de las algas. Otro factor contribuyente es la polución con desechos fenólicos industriales. La combinación de esos compuestos con el cloro empleado para desinfectar produce sabores muy desagradables, que se eliminan con una cloración intensa, y eliminando luego el exceso con bióxido de azufre. Los productos formados son insaboros, pero el procedimiento es costoso y exige cuidadosa vigilancia por un personal preparado.

La formación de cloraminas combinando el gas cloro y amoníaco, representa un germicida excelente, y elimina los desechos fenólicos industriales, pero no hará más que reducir el sabor debido a los productos de descomposición de las algas. La monocloramina (NH_2Cl) se forma a una pH inferior, y la bicloramina (NHCl_2) a una pH superior a 7.8. Su principal utilidad en la purificación del agua consiste en la retención de cloro en la molécula durante períodos prolongados, emitiéndolo lentamente en el agua. Esta esterilización retardada e insabora permite obtener una concentración mayor de cloro en los lechos de filtración y en el sistema distribuidor. Las cloraminas no son tan eficaces como el cloro para la desinfección, necesitándose un contacto de dos horas y cinco minutos, respectivamente, para obtener una reducción bacteriana comparable.

Carbón.—Es sabido que el carbón activado es el mejor adsorbente de que dispone la industria, y las concentraciones utilizables para eliminar todo sabor y olor se encuentran únicamente limitadas por factores de orden económico. En las instalaciones a baja presión de las fábricas

emplean como filtros lechos de carbón para eliminar el sabor. En los establecimientos de agua aplican a ésta, antes de la filtración, un polvo muy fino y seco de carbón, que adsorbe los aceites volátiles por el contacto íntimo en los estanques y por la formación de una capa filtrante encima del lecho de arena. Esta adsorción de los productos volátiles de descomposición, merma la fermentación proteolítica en los estanques de precipitación. El empleo de carbón permite eliminar los compuestos

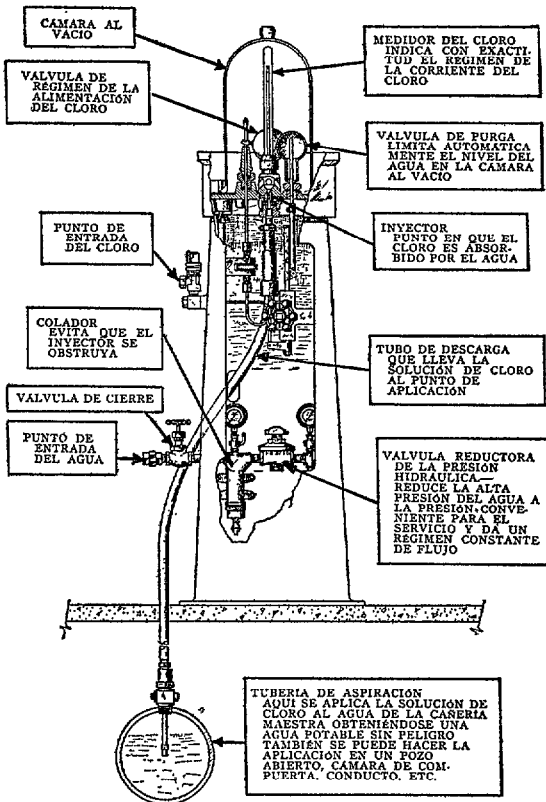


FIGURA 6.—Clorador al vacío, con alimentación por solución, y de regulación a mano

que producen sabores desagradables antes de agregar el cloro, permitiendo así garantizar un agua esterilizada e insabora a los consumidores. Para ello se necesitan concentraciones de 2 a 5 p.p.m.

La reducción del sabor y el olor por la aeración se obtiene barriendo mecánicamente los gases disueltos en el agua y suplantándolos con oxígeno disuelto, por creerse que se oxidan así los aceites presentes para formar compuestos insaboros. La conversión de las sales férricas solubles en óxido hidratado insoluble es permitida por este procedimiento gracias a la hidrólisis. Luego se obtiene la clarificación por la filtración en arena.

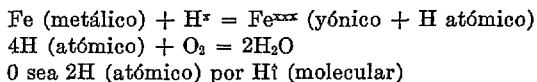
La aplicación de sulfato de cobre destruirá las algas que crecen en los reservorios, estanques, etc. Se utilizan dosis de 0.1 a 1.5 p.p.m., y si se aplican periódicamente se concentran los productos de descomposición, facilitando su eliminación con el tratamiento subsecuente en el establecimiento. Hay que ejercer algún cuidado a fin de que el tratamiento no mate los peces, pues la sensibilidad de éstos oscila entre 0.14 y 5 p.p.m. Una concentración de 5 p.p.m. producirá un agua desagradable, pero ni 20 p.p.m. resultan tóxicas para un hombre que consume 4 litros diarios. En el tratamiento de la anemia empléase habitualmente una dosis diaria de 5 p.p.m., lo cual demuestra la inocuidad de las concentraciones utilizadas en los acueductos.

Manganeso.—La presencia de un exceso de sales férricas en un abasto, es fácil de distinguir por el aspecto del agua o por las manchas que deja en la ropa y aparatos. Parece que la presencia del manganeso como factor semejante es frecuentemente pasada por alto. Los factores que gobiernan su presencia en un abasto son complejos, pero, según parece, la causa principal consiste en la fermentación de las sustancias orgánicas en el fondo de los reservorios profundos. La producción resultante de bióxido de carbono a temperaturas superiores a 25°C , disuelve ese elemento del limo, distribuyéndolo después por el agua en forma de óxido hidratado coloidal.

El manganeso puede ser eliminado por la aireación, seguida del paso por los lechos de grava, en que la película de óxido hidratado depositada sirve de elemento de contacto, precipitando las sustancias coloidales por la adsorción superficial selectiva. Donde aplican la coagulación contra la turbidez, la precipitación con óxido hidratado de hierro a una pH de 9.0, seguida de la sedimentación y la filtración, lo elimina cuantitativamente. Parece que el óxido hidratado de manganeso es precipitado a esa elevada pH en forma gelatinosa, y que también es adsorbido química y mecánicamente por el óxido hidratado de hierro, formando un floculo espeso.

Corrosión.—El problema de la corrosión debida al agua fría en los sistemas de distribución, puede resolverse produciendo un agua sin exceso de bióxido de carbono y mantenida al punto de saturación de carbonato de calcio en equilibrio agregando álcalis. Para ello se suele utilizar la cal. En ciertas aguas blandas no puede hacerse esto sin producir una alcalinidad cáustica, a menos que se aumenten artificialmente los yones amortiguadores, por ejemplo, el contenido de sulfato.

Las reacciones fundamentales que gobiernan la corrosión de ese género son electrolíticas, según han demostrado Whitman, Russell y otros. La fórmula es ésta:



Según ha indicado Speller, el hierro se disuelve en las aguas normales, produciendo hidrógeno atómico con suficiente rapidez para formar una película sobre el metal. La velocidad normal de la corrosión se gobierna, pues, por la eliminación de dicha película por el oxígeno presente a fin de formar agua o, en las aguas ácidas, formando hidrógeno molecular.

La utilización de agua alcalina no sólo merma la concentración hidrogeniónica, cohibiendo la solubilidad del hierro, sino que produce una herrumbre inmediata en el precipitado, que contiene carbonato de calcio. Esa espesa capa protectora de óxido férrico hidratado, protege la película de hidrógeno en la superficie metálica contra el ataque del oxígeno disuelto. Un recubrimiento con una fórmula de 1 Fe por 0.1 Ca, demorará la corrosión, lo cual es muy distinto del recubrimiento férrico poroso que se deposita normalmente, permitiendo que el oxígeno se difunda hasta la película de hidrógeno.

El punto de equilibrio del carbonato del calcio se determina por la prueba del mármol de von Heyer, e indirectamente por las cifras de la alcalinidad y de la pH expuestas en la curva de Baylis. Esta prueba debe hacerse por lo menos semanalmente, y con mayor frecuencia cuando la pH inicial del agua varía rápidamente.

La aplicación de calcio para ese propósito tiene forzosamente que ser continua, y puede graduarse debidamente con un potenciómetro registrador, que capacita al operario para mantener cualquier pH deseada dentro de límites aproximados, lo cual no es posible hacer con las determinaciones ocasionales con patrones de colores. La introducción de los electrodos de tungsteno y de quinhidrona han convertido el instrumento en práctico.

Un estudio reciente de las condiciones existentes en Baltimore, demostró que un agua mantenida a una pH correspondiente al punto de saturación del carbonato del calcio, demora la corrosión. El agua tratada con esa mira ha sido empleada por unos 10 años, demostrando claramente su valor. Dicho tratamiento sólo costó unos 3.5 centavos por cada millón de litros en 1932, mientras que los gastos de funcionamiento y conservación de la red de distribución disminuyeron \$8.41 por milla en esos 10 años. Claro está, que todo ese ahorro no corresponde a la alcalinización, del agua, pero ésta representa un factor importante. El aumento en dureza total sólo fué de 9 p.p.m., lo cual también constituyó un ligero aumento en el consumo de jabón, pero que no se compara con el ahorro en composturas y averías por escurrimientos, manchas en la ropa, etc., que impidiera el tratamiento. Si en vez de cal se emplea hidróxido o carbonato de sodio, tiene lugar un cambio de base, y el carbonato de calcio se precipitará de las sales cálcicas solubles que contiene normalmente el agua, convirtiendo esos álcalis en elementos eficaces para impedir la corrosión.

Ablandamiento.—El ablandamiento del agua representa primordial-

mente una necesidad industrial, aunque en algunos sitios se asigna esa misión al establecimiento de depuración. Aguas duras son las que contienen en exceso sales de calcio y de magnesio. Las concentraciones que producen un consumo de jabón equivalente a 100 p.p.m. de carbonato de calcio, son suficientemente duras para justificar económicamente el ablandamiento general del abasto.

La acción de la cal precipita el carbonato y bicarbonatos de magnesio y de calcio. Los sulfatos se eliminan agregando carbonato de sodio y cal. Para eliminar el precipitado, se necesitan períodos bastante prolongados de precipitación (seis a ocho horas), seguidos de filtración por lechos de arena. Antes de la filtración, se practica la recarbonización del efluente (agua) del estanque, hasta alcanzar el punto de equilibrio del carbonato de calcio, a fin de mermar las incrustaciones en las partículas de arena y en la red de distribución. El bióxido de carbono necesario para este propósito, se genera incinerando coque en retortas especiales. En la industria, el medio más económico para ablandar, es el cambio de bases con zeolita.

Conclusiones.—La misión fundamental de la purificación del agua consiste en proveer un abasto higiénico y sin patogenicidad potencial. Otros propósitos son facilitar un agua sin suciedad, color, sabor u olor. También debe aplicarse tratamiento rectificador a fin de mermar dificultades en los hogares y en las industrias.

CALIFICACIONES Y PREPARACIÓN DE LOS MÉDICOS LOCALES DE SANIDAD¹

Por los Dres. THOMAS PARRAN h. y DON M. GRISWOLD

Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York

Han transcurrido más de 150 años desde que Johann Peter Frank, en su obra sobre *Política Médica*, presentara primero la idea de una "policía médica científica," mientras que hace ya casi 70 años Henry Wildbore Rumsey propusiera por primera vez otorgar diplomas universitarios en "medicina del Estado." Sin embargo, restan todavía muchos Estados en los cuales la ley no exige más dotes para un jefe local de sanidad que para cualquier médico general, y en algunos ni siquiera requieren tanto. Claro está, que para la moderna práctica sanitaria, comprendiendo la aplicación de los conocimientos derivados de muchas y variadas ciencias, precisa un entrenamiento especial. "Un médico incompetente pone en peligro la salud del enfermo que asiste; el jefe de sanidad incompetente pone en peligro la salud de toda la población."

Los que han estudiado el problema convienen en que el jefe local de

¹ Tomado del *Am. Jour. Pub. Health*, 887, agto. 1934.