

acústicas bien características para los automóviles; responsabilidad de los conductores en caso de accidente; condiciones generales de la circulación, como sentido de la marcha, cruces, precauciones en puntos especiales, gálibos de las cargas y otras; reglas para el paso de ganados y reglas para la edificación y plantaciones en la zona de servidumbre, y para evitar se ocupe la vía entorpeciendo el tránsito, ó reduciendo la longitud visible en las curvas cerradas; cuestiones todas cuya oportunidad se ha venido justificando en el curso de la Memoria.

Todo lo hasta aquí extractado se refiere á la carretera futura, pero puede utilizarse también para deducir las modificaciones que habrán de sufrir las carreteras ya construidas para acomodarlas á las nuevas condiciones del tránsito. Entre estas modificaciones señala el autor como las más importantes la rectificación del trazado en las travesías, el aumento de radio de las curvas en los terrenos quebrados; el ensanche en las carreteras cuyo ancho total sea inferior á 8 metros y en los afirmados de ancho inferior á 6; y la consolidación de la capa, y establecimiento de fundación para muchos firmes.

Para acometer la reforma, se aconseja se haga un estudio previo que determine qué carreteras deben ser reformadas, y si han de reformarse aisladamente, ó por grupos que formen circuitos ó direcciones principales; todo ello teniendo en cuenta las condiciones especiales de cada caso, población de la comarca, riqueza, conveniencias del turismo, etc. Podrán formarse así planes redactados en forma análoga á los actuales de reparación, y los estados de circulación y previsiones razonables señalarán el orden de redacción de los proyectos y de ejecución de las obras, para lo que sería conveniente combinar los tres sistemas conocidos de contrata, destajo y administración.

Cuál sería el coste de la reforma, el autor no se atreve á fijarlo por falta de datos. Aventura, sin embargo, algunas cifras, según las cuales, partiendo de la carretera de 6 metros, el coste medio aproximado de la reforma, por kilómetro, sería: por obras de explanación, 3.250 pesetas; por obras de fábrica, 1.500 pesetas; por afirmado, 6.670; por obras accesorias y señales, 200; ó sea un total de 12.000 pesetas, en números redondos; cifra á la que sería preciso agregar 1.500 pesetas más en los trozos donde resultare justificada la aplicación del alquitranado. Evalúa en 7.165 kilómetros la longitud construida en las carreteras de primer orden; 9.980 la de las carreteras de segundo orden, y en 25.601 las de tercero. Supone que las de primer orden exigirán muy escasas reformas, y que si se reformase la mitad de las de segundo y tercero, es decir, 17.790 kilómetros, el coste total de la transformación sería de 215 millones de pesetas, alzadamente, lo que representaría, escalonada en quince años, un gasto anual de poco más de 14 millones, no desproporcionado á las fuerzas económicas de la nación.

Tal es, á grandes rasgos, el contenido de la interesante Memoria del Sr. Moreno. En ella encontrarán los Ingenieros materia para confirmar ó rectificar sus propias observaciones, y los Poderes públicos indicaciones utilísimas sobre las nuevas orientaciones que han de guiar en el proyecto, construcción, conservación y explotación de las carreteras, si han de responder ampliamente á las necesidades creadas por la circulación de los vehículos de tracción mecánica que en número cada vez mayor las utiliza.



ESTERILIZACIÓN DEL AGUA

POR MEDIO DE LOS RAYOS ULTRA-VIOLETA ⁽¹⁾

Desde hace varios años (gracias á las investigaciones de gran número de sabios, que han comprobado plenamente que la mayor parte de las enfermedades epidémicas tienen un origen hídrico), la esterilización de las aguas destinadas al uso corriente ha alcanzado una importancia cada vez mayor. Los microbios nocivos transportados por las aguas llegan en esta forma á las distribuciones urbanas y particulares, y de este modo se han propagado gran número de epidemias. La consecuencia lógica del descubrimiento hídrico ha sido la aplicación de diferentes procedimientos destinados á desembarazar el agua de los principios nocivos que pueda contener, tanto químicos como bacteriológicos.

Sin intentar hacer historia del desarrollo de los métodos de purificación de las aguas empleados durante el curso del pasado siglo, creemos útil recordar que pueden dividirse en tres categorías:

- A) Procedimientos mecánicos.
- B) Procedimientos químicos; y
- C) Procedimientos físicos.

La ebullición ha sido siempre un medio práctico muy empleado para destruir los microbios del agua destinada á la bebida, pero las ventajas de este procedimiento se contrabalancean con el defecto de que la bebida obtenida en esta forma suele ser pesada, indigesta, y frecuentemente de desagradable gusto.

Procedimientos mecánicos.—Entendemos por procedimiento mecánico aquel que elimina las materias en suspensión de un agua cualquiera, sin efectuar en el líquido transformación alguna física ó química. El único medio que llena estas condiciones es la filtración. Esta ha existido siempre en la naturaleza, y los primeros filtros, llamados «ingleses», hicieron su aparición en Inglaterra hacia la mitad del siglo pasado; eran, sencillamente, la aplicación del método natural de la filtración á través de las capas geológicas de arena ó de grava. Posteriormente, se fueron perfeccionando los procedimientos, y en la actualidad existen numerosos sistemas de filtración; puede decirse que todos, desde el punto de vista mecánico, dan resultados satisfactorios; pero no todos pueden llegar á conseguir la completa purificación del agua eliminando totalmente los microbios que contiene. Es verdad que en la delgada película que se forma en la superficie de un filtro de arena queda gran cantidad de microbios, pero al colmarse el aparato se hace preciso reintegrarlo á su estado primitivo, lo cual resulta frecuentemente excesivamente caro.

La filtración resuelve, indiscutiblemente, el problema de la clarificación del agua, pero para la purificación, se hace preciso el empleo de otros métodos, basados sobre principios completamente diferentes.

Procedimientos químicos.—Con motivo de haberse puesto en uso en la práctica, tanto quirúrgica como corriente, los antisépticos, hicieron su aparición los procedimientos de esterilización del agua, empleando productos químicos. Estos métodos, aunque numerosos, pueden, en principio, clasificarse en dos categorías: aquéllos en que se añade un desinfectante sólido ó líquido al agua y aquéllos en que la esterilización se efectúa empleando un gas que posee propiedades bactericidas (por ejemplo, el ozono). Es evidente que todos estos métodos son capaces de efectuar la esterilización del agua, porque se trata sencillamente de añadir al

(1) De la *Lumière Électrique*.

líquido una cantidad suficiente de desinfectante. Desgraciadamente para los apóstoles de estos procedimientos, el público no puede decidirse á absorber los medicamentos bajo esta forma, y, por consecuencia, la esterilización química ha desempeñado, desempeña y probablemente desempeñará siempre, el papel de un procedimiento de fortuna. Solamente el ozono, como excepción que prueba la regla, es capaz de conseguir, en servicio normal, resultados casi satisfactorios, y el aire ozonizado mezclado por un sistema cualquiera con el agua cuya esterilización se desea, es susceptible de dar excelentes resultados, si la mezcla se efectúa de un modo científico y suficientemente vigilado. El gran defecto de la ozonización consiste en el gusto metálico que adquiere el líquido así tratado y en el elevado precio de instalación y explotación de los aparatos de esterilización.

Procedimientos físicos.—Los métodos físicos de esterilización del agua, son á los procedimientos químicos, lo que en la práctica quirúrgica, la asepsia es á la antisepsia. En estos procedimientos, no hay que añadir cosa alguna al líquido que se presume contaminado; el resultado se obtiene por medio del *calor* ó por la *luz* sin calor.

Los métodos de esterilización por el calor son muy conocidos. Consiste, sencillamente, en calentar el agua bajo presión á una temperatura igual ó superior á 110°, evitando así la ebullición, lo que permite, en gran medida, conservar los gases contenidos en el líquido y evitar todo lo posible la transformación de las propiedades naturales del agua.

Gracias al descubrimiento de los procedimientos de esterilización por los rayos ultra-violeta, se desarrolló un método verdaderamente práctico. Este procedimiento no es fundamentalmente nuevo; puede sostenerse que es tan antiguo como nuestro planeta. En efecto, sería difícil de explicar, la autopurificación de las aguas corrientes expuestas á la luz del sol, sin conceder gran participación á los rayos ultra-violeta solares. Seguramente, estos rayos nos llegan excesivamente atenuados y su intensidad es tan débil, que tarda mucho en producir sus efectos; pero sin embargo el hecho es cierto, pues si las aguas contaminadas que provienen de un mismo punto, se las divide en dos corrientes de longitud suficiente, de modo que una vaya en subterráneo y la otra al aire libre, el líquido de esta última se purificará dentro de ciertos límites, mientras que el de la otra conservará toda la contaminación.

Los primeros ensayos de que tenemos noticias, verificados con los rayos ultra-violeta, datan de 1877, en que Downes y Blunt estudiaron el efecto de la luz sobre los microbios.

Desde entonces, el número de sabios que se dedican á este asunto aumenta progresivamente. Entre ellos, son los principales: Duclaux (1885), Arloing (1885), Roux (1887), Buchner (1892), Marschall (1893), Ledoux-Lebard (1893), Richardson (1893), Dieudonné (1894), Finsen y sus alumnos: Bie, Bong y Jansen (1899 á 1907), Tappeiner y Jallboner con sus alumnos (1905 á 1909). La mayoría de estas investigaciones, y especialmente las efectuadas por Finsen y sus discípulos, se emprendieron por medio de un arco producido entre dos electrodos metálicos ó, más propiamente dicho, entre dos electrodos de hierro. Este modelo de aparato ha sido el empleado por Finsen en la mayor parte de sus experimentos, y sobre todo en el tratamiento de lupus, que era su especialidad.

Aunque el arco de hierro era bastante apropiado para los experimentos médicos, no podía llegar nunca á ser práctico en los usos industriales, por razón de su carencia de estabilidad y del complicado mecanismo necesario para mantener los electrodos separados á la distancia conveniente. Además, los óxidos de hierro y otras partículas metálicas que se encuentran en los arcos

de Finsen, deben hacerse desaparecer para obviar las fluctuaciones y otras molestias.

El arco de vapor de mercurio producido en el vacío posee condiciones especialísimas desde el punto de vista de la emisión de rayos ultra-violeta. La génesis de su empleo industrial data de la patente sacada por Peter Cooper-Hewitt en 1901. El invento consiste en una lámpara de vapor de mercurio formada de un tubo en el que se ha hecho el vacío y que contiene mercurio, el cual, al vaporizarse por medio de una calefacción especial y apropiada, hace posible la formación de un arco entre los dos electrodos metálicos. Esta lámpara, que desde su invención fué destinada al alumbrado industrial, ha sufrido posteriormente numerosos perfeccionamientos, y aunque desde el punto de vista de la esterilización del agua no nos interesa, puesto que la cubierta de vidrio que encierra al arco de mercurio es opaca á las radiaciones ultra-violeta, es, sin embargo, justo recordar, que gracias á su desarrollo se ha llegado á construir quemadores de vapor de mercurio de cuarzo ó de cristal de roca fundido, sustancia transparente á los rayos ultra violeta y que, por consiguiente, pueden emplearse para la esterilización.

Es necesario ahora definir la naturaleza de los rayos llamados «ultra-violeta».

Como sabemos, las vibraciones del éter dan lugar á una serie bastante distinta de grupos de ondas que, según sus longitudes, pueden clasificarse como sigue:

1.º Ondas eléctricas (Hertz), cuya longitud de onda varía entre 0,003 y 2.000 metros.

2.º Ondas cuya naturaleza es todavía desconocida y son intermedias entre el grupo 1.º y el 3.º

3.º Los rayos infra-rojos, cuya longitud de onda está comprendida entre 313 μ y 0,76 μ .

4.º Los rayos visibles (Newton) comprendidos entre 0,76 μ y 0,10 μ .

La velocidad de todas estas ondas es de 300.000 kilómetros por segundo.

Este sumario expuesto es necesario para permitirnos recordar que el cuarzo fundido absorbe los rayos, cuya longitud es inferior á 0,2 μ , mientras que el aire, bajo un espesor de algunos centímetros, apenas si absorbe los rayos que el cuarzo permite pasar.

Bajo una profundidad de varios kilómetros la atmósfera terrestre absorbe todos los rayos ultra-violeta, emitidos por el sol, hasta, aproximadamente, 0,3 μ .

Es fácil de comprender que los organismos con vida están adaptados para recibir la luz del sol, tal como llega á la superficie de la tierra, después de filtrarse por las capas atmosféricas. Los rayos ultra-violeta, que en gran parte son detenidos por la atmósfera, son nocivos á todos los organismos con vida y especialmente á los más pequeños de entre ellos. Gracias á la evolución del arco de mercurio y al desarrollo de los quemadores de cuarzo que emiten rayos ultra-violeta, muchos hombres de ciencia se dedicaron al estudio de los efectos producidos por esta nueva fuente luminosa. Entre los principales podemos citar: Courmont y Nogier, en Lyon, y Henry, Helbronner y Recklinghausen, que han emprendido sus ensayos en el laboratorio de Fisiología de la Universidad de París, en la Sorbona.

Rápidamente pudo comprobarse el hecho de que el *bacterium coli*, que como se sabe es uno de los microbios hídricos más temibles, se eliminaba completamente del agua contaminada, en los siguientes tiempos:

En un segundo, á una distancia de 10 centímetros.

En cuatro segundos, á una distancia de 20 centímetros.

En quince segundos, á una distancia de 40 centímetros.

En treinta segundos, á una distancia de 60 centímetros.

La lámpara empleada para estos experimentos fué la Silica de 220 voltios, construida por la Westinghouse Cooper-Hewitt, C.^o Ltd.

Desde el punto de vista de la resistencia, no todos los microbios sufren igualmente la influencia de los rayos ultra-violeta. Es interesante hacer constar que, bajo las mismas condiciones de experimento, el estafilococo, el bacilus del cólera, el bacterium coli, el neumo-bacilus, el bacilus tifico y el bacilus tétanos, han sido muertos en duraciones respectivamente proporcionales y aproximadas á 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Desde un principio, y desde el punto de vista técnico, es preciso precaver, en cualquiera instalación para esterilización del agua por medio de los rayos ultra-violeta, algunas eventualidades. En primer lugar, es conveniente no olvidar que el método es un procedimiento de *esterilización* y no un procedimiento de *clarificación*, es decir, que un agua turbia tratada por los rayos ultra-violeta continúa siendo turbia, y que por razón de las materias en suspensión en el líquido, la esterilización será ciertamente imperfecta.

Es, pues, preciso que el agua esté, si no tan limpia como el agua destilada, por lo menos francamente limpia é incolora, y en muchos casos esto implica por lo menos la filtración antes del tratamiento por los rayos ultra-violeta.

Es fácil darse cuenta de la claridad de un agua, examinándola con ayuda de una potente luz y estando contenida en un globo de cristal; pero con el fin de poder juzgar su coloración se han adoptado otros métodos de examen.

El primero consiste en el empleo de un tintómetro de Lovibond: un aparato en el que se compara la transparencia y coloración de una columna de agua, con una serie de laminillas de cristal coloreadas de rojo, azul y amarillo, sujetándose á una escala de coloración rigurosamente marcada. Gracias á este aparato, es posible determinar en el acto la coloración de un agua cualquiera, comparándola con la marca determinada por las laminillas de cristal coloreadas.

El segundo método consiste en exponer una hoja de papel fotográfico á los rayos ultra-violeta, interponiendo una columna de agua de longitud dada.

El número de segundos necesarios para obtener en el papel una coloración dada, se comparará con el tiempo necesario para obtener la misma coloración, empleando una columna de agua destilada y de igual longitud.

La técnica de la esterilización del agua por los rayos ultra-violeta, en principio, es muy sencilla: para efectuar la esterilización basta con exponer el agua cuya purificación se desea á las radiaciones de un quemador de cuarzo de vapor de mercurio.

Esto, que en el laboratorio resulta cierto, podría en muchos casos ser falso en la práctica, porque se trata, no solamente de exponer el agua á la acción de un quemador de vapor de mercurio, sino también de efectuar esta exposición de modo que á gasto mínimo de corriente eléctrica se obtenga cantidad máxima de agua esterilizada. Parece lógico que para conseguir esto se sumerja la lámpara en el líquido que se desea esterilizar, pero esta solución, aunque sencilla, no es practicable, porque si el agua es ligeramente calcárea, se forma en el tubo del quemador un depósito de sales en forma idéntica á lo que ocurre en los tubos de las calderas. Además, el rendimiento de los rayos ultra-violeta se reduce en cantidad, mientras que el consumo eléctrico aumenta considerablemente. Después de numerosos experimentos con quemadores de este sistema, ha sido necesario buscar otro método con el que pueda emplearse la fuente luminosa, sin necesidad de poner la superficie del quemador en contacto con el

agua. Los aparatos han tomado diferentes formas, ajustándose á las necesidades, y se componen de una serie de disposiciones que, durante la presencia de los rayos, remueven el agua en todos sentidos, con objeto de evitar que queden bacterias en la sombra de una partícula de polvo ó de cualquier otro vestigio. Estos aparatos han dado en muchos casos excelentes resultados, y es de esperar que se generalice su empleo.

Una de las más interesantes aplicaciones de la esterilización del agua por medio de los rayos ultra-violeta, es la de los aparatos de consumo medio, pues pueden aplicarse en los servicios de las fábricas, hospitales, hoteles, etc. Aunque á primera vista resulta fácil en teoría la resolución del problema propuesto para la construcción de un aparato de esta clase, en la práctica presenta muchas dificultades; sin embargo, éstas han podido vencerse, y podemos señalar los aparatos construidos por la Westinghouse Cooper-Hewitt C.^o

El principio de estos aparatos de consumo restringido se ha modificado con objeto de obtener la mayor sencillez posible, consiguiendo que el tubo luminoso quede á algunos milímetros por encima de la superficie. El removimiento del agua se obtiene por medio de un sistema de disposiciones cónicas concéntricas, de modo tal, que el agua queda expuesta durante tres veces á la acción de los rayos ultra-violeta.

El procedimiento de esterilización del agua por medio de los rayos ultra-violeta es el único con el cual las propiedades físicas y químicas del agua se conservan inalterables; el efecto es estrictamente bactericida, los gases y las sales naturales del agua conservan su estado primitivo.

Todo nos induce á creer que este procedimiento, por su sencillez y su eficacia, está llamado á desempeñar en el porvenir un papel importantísimo.

H.

EL DRAGADO DEL CAUCE DEL SAN LORENZO

ENTRE MONTREAL Y QUEBEC (CANADÁ)

El *Scientific American* da cuenta de las obras llevadas á cabo para profundizar el cauce del San Lorenzo, agua arriba de Quebec, emprendidas con el objeto de crear un canal navegable principal de 10,63 metros de profundidad en las más bajas mareas de primavera, entre esta ciudad y Montreal, y otros canales laterales menos profundos en los puntos en que la disposición natural del terreno se preste á ello. La longitud total de la parte profundizada del canal principal es de 352 kilómetros y el costo de las obras se eleva á 75 millones de francos, próximamente.

La anchura mínima del canal principal es de 140 metros, próximamente, en la superficie del agua, en las partes que están en línea recta, y de 152,50 á 245 metros en las que están en curva.

Este canal se encuentra casi por todas partes en un terreno consistente, hasta duro muchas veces, y ha sido abierto por dragas que desprendían del fondo del cauce bloques de mayor ó menor tamaño, que eran sacados al exterior por medio de un elevador vertical. El entretenimiento de este canal en estado de navegabilidad no ofrecerá grandes dificultades, dada la extraordinaria pureza de las aguas del San Lorenzo, que se ha desembarazado de sus materias en suspensión al atravesar grandes lagos americanos.