

mundial. Este resultado será de una significación enorme para el desarrollo económico del país, á pesar de la desventajosa situación geográfica de los nuevos puertos con relación á los centros consumidores.

EL AGUA POTABLE

(CONCLUSIÓN) (1)

2.ª *El ultravioleta medio* es muy nocivo para la piel, llegando á provocar la necrosis, nocivo para el ojo; es altamente bactericida y es penetrante, atravesando varios centímetros de agua. Es poco absorbido por el aire y atraviesa el cuarzo, la fluorina y la sal gemma.

3.ª *El ultravioleta extremo* es más nocivo aún para la piel y para el ojo, pero sus efectos son todos en superficie; es muy bactericida, pero no es penetrante su acción, porque, tanto el agua como el cuarzo, el ozono, el oxígeno y el aire, le absorben, por cuyo motivo no es prácticamente utilizable.

De esto se deduce que los rayos utilizables y utilizados para la esterilización son únicamente los de la *zona del ultravioleta medio*, que son bactericidas y suficientemente penetrantes.

Los manantiales de ultravioleta medio, además del sol, son: el arco voltaico descubierto, el arco de la llama en la que se volatiliza, el cadmio ó el cinc y la *lámpara á vapores de mercurio con tubo de cuarzo*, que deja salir todos los rayos emitidos por el vapor de mercurio en el vacío.

El mejor manantial de rayos ultravioleta medio es la *lámpara de cuarzo á vapores de mercurio*, porque es más manejable; sus radiaciones son penetrantes y la lámpara puede sumergirse en el agua para aprovechar mejor la acción bactericida.

El mercurio se hace luminoso en el vacío, haciendo pasar por él una corriente eléctrica. En 1892, Arons y Cooper-Hewit, construyeron los primeros aparatos basados en este principio.

La construcción de estos aparatos, á los efectos de la esterilización, exige las siguientes condiciones: 1.ª, permeabilidad á los rayos ultravioleta medio, lo que se consigue, como hemos dicho, con el tubo de cuarzo; 2.ª, producción del máximo de estos rayos que se consigue haciendo pasar la corriente eléctrica por los vapores de mercurio en el vacío.

Estas dos condiciones han sido utilizadas por Nogier, alcanzando el máximo efecto: 1.º, utilizando el mayor número de rayos por la inmersión de la lámpara en el agua; con lo cual se aprovechan los rayos emitidos en todas las direcciones, se contrarresta el calentamiento de la lámpara y se evita la absorción de los rayos por el aire; 2.º, haciendo cesar automáticamente la salida del agua si la lámpara dejase de funcionar, á cuyo efecto ha ideado un grifo registrador automático en combinación con un electroimán, puesto en circuito con la lámpara, y 3.º, esterilizando el agua bajo presión para que todas las capas de agua se vayan poniendo en contacto del tubo y asegurar la esterilización y la salida continua, sin interrupciones y sin

interposición de aire, lo que consigue haciendo pasar toda el agua entre un diafragma y el tubo de cuarzo.

En suma, el aparato ideado por Nogier consta en sus partes esenciales: 1.º De la lámpara ó tubo de cuarzo de 15 centímetros, unida por sus extremos á los dos electrodos, por donde llega la corriente que pasa á través del mercurio. 2.º De una envoltura ó caja metálica cilíndrica y mayor que el tubo donde va sustentado éste. Dentro de este cilindro metálico, que se abre en dos mediocilindros en los aparatos primitivos á beneficio de una charnela, para poder colocar la lámpara, lleva un diafragma, á través del cual pasa el tubo de cuarzo donde se producen los rayos, con objeto de conseguir que el agua pase en capa delgada á lo largo del tubo ó lámpara. En los modernos aparatos Nogier-Thévenot el cilindro metálico se abre por una de las bases, y por ese lado se saca la lámpara para renovarla ó limpiarla.

Lleva también el aparato Nogier el grifo automático de que ya hemos hablado, cuyo principal papel es impedir la salida del agua cuando ocurre una interrupción. En el extremo opuesto al grifo lleva un tubo para la entrada del agua impura.

Este aparato funciona con corriente continua, la tensión es de 30 á 35 voltios y la intensidad de cinco á siete amperios.

El rendimiento del aparato es de unos 300 litros de agua por hora (1).

Se han construido también otros aparatos con disposiciones diferentes, pero fundados en los mismos principios y condiciones.

El aparato Westinghouse Cooper-Hewit, de mayores dimensiones, que da un rendimiento de 25 metros cúbicos á la hora.

La Sociedad Lámpara de cuarzo de Hanau ha construido un aparato de forma de H. Billon-Daguerre ha dado una disposición tal al aparato ideado por él, que el agua atraviesa en capa muy delgada alrededor del tubo de cuarzo al través de un sistema de tubos metálicos. Finalmente, el Médico mayor del ejército alemán, Dr. Deslemann, ha ideado un aparato de campo, transportable, en un solo carro ó vehículo para la esterilización del agua por los rayos ultravioleta (2), utilizable en campaña.

Poder bactericida de los rayos ultravioleta. — Ya hemos indicado en otro capítulo que el poder bactericida de los rayos solares era debido á la pequeña proporción de ultravioletas que del mismo nos llegan, pues son absorbidos en su mayor parte por el aire atmosférico. Los manantiales ó focos artificiales de rayos ultravioleta, tienen una acción altamente bactericida y en especial la lámpara de vapores de mercurio en el aparato Nogier y similares, porque todas sus radiaciones se aprovechan á los efectos de la esterilización, cuyos efectos están condicionados por el problema de la penetración.

Según las experiencias de Courmont y Nogier con el aparato de este último, ésta era eficaz con relación á dichos efectos en un radio de 30 centímetros alrededor de la lámpara, aunque en realidad su poder de penetración sea algo mayor.

(1) Th. Nogier, *Les rayons ultraviolets et leur application à la stérilisation des liquides.*—*Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire*, 20-IV-1910.

(2) Dott. Ercole Natal, *La sterilizzazione dell'acqua potabile.*—*Annali de Medicina Navale e Coloniale*.—Julio, 1914. V, II, F. I.

(1) Véase el número 2.151.

Dependiente de este problema de penetración, aparece la condición de la límpidez y transparencia del agua y la ausencia de materias coloides, porque las sustancias sólidas en suspensión enturbian el agua impiden el paso de los rayos, y en cuanto á las materias coloides, los absorben enérgicamente, por cuya razón estas radiaciones no sirven para efectuar la esterilización de leche, caldos, jugos, gelatinas, etc.

La acción bactericida ha querido explicarse por diferentes teorías: unos autores creen es debida á modificaciones del estado celular, otros á la dependencia de una radioactividad de los *ultravioleta* y algunos á la formación en el interior del aparato de pequeñas cantidades de ozono, explicación esta última poco satisfactoria, porque las pequeñísimas cantidades de ozono formadas son á todas luces insuficientes para producir dichos efectos. Según Nogier, se verifica por una acción abiótica especial.

Resultados bacteriológicos.—Cualquiera que sea el mecanismo de la acción bactericida de los rayos ultravioleta, los resultados obtenidos por Courmont en su Laboratorio de Higiene en la Facultad de Medicina de Lyon, así como las verificadas en París por el ilustre bacteriólogo Miquel el año 1910 con el agua canalizada de París y con otra contaminada artificial é intencionadamente con *colibacilos* y bacterias esporuladas (*Bacilo mesentericus*), han sido concluyentes y satisfactorios, y lo mismo con aguas contaminadas con el bacilo tífico y el bacilo colerígeno.

Las modificaciones de las sustancias químicas son insignificantes ó casi nulas. La materia orgánica, el amoníaco y los nitritos sufren una pequeñísima reducción, los demás compuestos no sufren alteración. Las toxinas bacterianas las descompone.

Varias son las objeciones que se han hecho á este procedimiento; entre otras, la de producir ozono y agua oxigenada á los que atribuyen el efecto esterilizador, quedando ya demostrada la imposibilidad de que así ocurra, pues la cantidad de estos cuerpos es insignificante. También se ha objetado que necesita ser el agua completamente limpia y transparente, circunstancia que no es un grave inconveniente, pues sólo necesita la colocación de un filtro de carbón ó arena fina antes de entrar el agua en el aparato, porque este filtro, por ser simplemente clarificador, no necesita cuidados de ningún género, sino renovar su contenido cuando el agua no salga suficientemente límpida. Finalmente, á los usos en la higiene naval se le hacen dos objeciones principales:

- 1.ª La fragilidad de la lámpara de cuarzo.
- 2.ª El empañarse la superficie de la misma por las sales y materias en suspensión en el agua, no dejando pasar las radiaciones; y
- 3.ª Que por efecto de los balances violentos, además de romperse la lámpara funcionaba defectuosamente el aparato.

Parece ser que en la Marina francesa ha sido ensayado el procedimiento y no ha dado los resultados apetecidos, sin duda por haber aplicado á las condiciones de un barco un aparato construido para las necesidades domésticas ordinarias.

Creo que se necesitaría idear otro modelo especialmente adaptado á las circunstancias y necesidades de un buque, y, no obstante, el fracaso actual, conservamos un gran optimismo respecto del porvenir á bordo de este método de esterilización del agua, de cuya opinión participan

otros higienistas navales (1) que han propuesto la adaptación de este procedimiento al medio náutico.

Por lo demás, este modernísimo procedimiento llena todas las condiciones de garantía para la esterilización del agua de bebida.

Esterilización del agua por el ozono.—La ozonización es un procedimiento moderno que está dando excelentes resultados para la purificación del agua.

La idea primera de esterilización del agua por el ozono parece ser que fué de Meritens en 1886. Después, en 1891, fueron hechas experiencias por Frohlich y más tarde por Olhnuiller, con el concurso de la Casa Siemens et Halske.

La primera instalación industrial fué hecha por Tindal en colaboración con Schneller.

En las Exposiciones de Higiene de Bruselas (1895) y en la de París (1896) se hicieron instalaciones, siendo estudiada esta última por una Comisión compuesta por Roux, Marmar y Repin para el Instituto Pasteur.

En 1898 fué experimentado en Lillé el procedimiento de Marmier y Abraham, sobre las aguas de Emmerin, y estudiado por otra Comisión, en la que entraban Roux, Calmette, Buisine y otras notabilidades científicas de Francia. En estos últimos años se han hecho ya infinidad de instalaciones de los diversos procedimientos de ozonización, y entre las más importantes citaremos las de Marsella, Niza, París, Chartres, Armentiers, Laval, arsenal de Tolón é Indret, en Francia; las primeras municipales ó contratadas y las dos últimas construídas por cuenta del Ministerio de Marina para uso de la misma. En Italia merecen citarse las de Pontelongo, Ravenna y Spezzia. En Rumania, Sulina y Constanza; en España, Madrid (antiguos viajes); en Rusia la instalación de San Petersburgo para esterilizar 52.000 metros cúbicos diarios de agua del Neva.

Los procedimientos de obtención del ozono pueden ser físicos ó químicos. Los segundos no son industriales y caen única y exclusivamente dentro de la esfera del Laboratorio.

De varias maneras se puede producir químicamente el ozono: por medio de las oxidaciones lentas como la del fósforo, por la descomposición de algunos óxidos, por la acción del ácido sulfúrico sobre los peróxidos, por la descomposición del agua, por la acción del fluor, etc.

Entre los procedimientos físicos figuran en primer término los que tienen como fundamento la acción del calor sobre el oxígeno, como los patentados por la Sociedad alemana Allgemein Electricitats Gesellschaft, uno de los cuales consiste en mover con una velocidad superior á un metro por segundo cuerpos candentes no metálicos en mezclas gaseosas conteniendo oxígeno, y el otro á la inversa, proyectando estas mezclas gaseosas sobre cuerpos candentes colocados detrás de una hendedura, á la misma velocidad antedicha (2).

Pero los únicos procedimientos de aplicación práctica ó industrial están fundados en la acción de la energía eléctrica sobre el aire atmosférico en forma de corriente, de chispa ó de efluvio, sobre todo esta última. El efluvio, constituido por un número infinito de pequeñas descargas

(1) *Revista general de Marina*, Febrero y Marzo 1911.—*Annali di Medicina Navale e Coloniale*, Julio 1914.

(2) Doctor Piñerúa. Discurso de recepción en la Real Academia de Medicina, 23 Octubre 1910.

sobre una gran superficie, es la forma más favorable para la producción del ozono.

Varias son las teorías para explicar la acción ozonogénica del efluvo eléctrico: unos creen es debida á su escasa exotermicidad, impidiendo la reacción inversa, es decir, la transformación del ozono otra vez en oxígeno ordinario; otros á que el efluvo, formado por miles de pequeñas descargas secundarias de poca duración, actúa solamente sobre las moléculas de los gases no sobre la masa gaseosa en totalidad, y ejerciendo su acción por un corto intervalo, sobre pequeña cantidad, los productos condensados no llegan á disociarse (1). Otros, en fin, atribuyen el efecto ozonogénico á una acción fotoquímica, deduciéndolo de que la máxima producción del ozono corresponde á la coloración azul de las descargas.

Los aparatos ozonizadores industriales consisten en general en dos electrodos, separados por un espacio calculado según la tensión, en el que se producen los efluvios y por el cual circula el oxígeno ó el aire atmosférico. La producción del ozono comienza cuando la diferencia de potencial es superior á dos voltios, pero entonces la cantidad producida es sumamente pequeña y para tener rendimientos utilizables es preciso recurrir á altas tensiones.

Después que se llega á ciertos voltajes es sustituido el efluvo por la lluvia de fuego, distinguiéndose estas dos fases en la formación del ozono, que se halla sometido al siguiente principio enunciado por Chassy:

«La producción del ozono es proporcional al cuadrado de la diferencia de potencial que existe entre las armaduras del ozonogénador.»

Una de las condiciones más abonadas para la producción del ozono es la frecuencia de las interrupciones de la corriente y, además, resulta que el empleo de altas tensiones, tan peligroso con las corrientes ordinarias, es inofensivo con las de gran frecuencia.

Para comprobar la producción del ozono se utilizan los papeles reactivos llamados *ozonoscópicos*; el de Selionhein (almidón iodurado), el de Houzeau, rojo tornasol, con una parte impregnada de ioduro. el papel de plata de Fremy, que se cubre de negro de peróxido de plata, etc., etc.

Los sistemas de ozonización de las aguas son ya numerosos, pero los más importantes son en Francia tres: el de Tindal y Frise (Sanador francés), el de Otto (Compañía francesa del ozono) y el de Abraham y Marmier (Sociedad industrial del ozono). En Alemania los de la Casa Siemens et Halske, de Berlín.

El sistema Siemens Halske comprende el aparato productor del ozono, que consta:

- 1.º De una bomba de aire para comprimir éste en el aparato de desecar y en los ozonizadores.
- 2.º Un desecador para absorber la humedad del aire.
- 3.º De ozonizadores compuestos de cuatro placas que funcionan en cajas cerradas, con tensiones de 15.000 voltios.

Un aparato formado por dos pares de placas utiliza una fuerza de un caballo y suministra por hora 30 gramos de ozono.

En las últimas instalaciones de esta Casa, y que funcionan en Wiesbaden y Palorborn, son algo diferentes y los generadores están constituidos por unas cajas de hierro divididas en tres compartimientos. En el intermedio ó cen-

tral, herméticamente cerrado, se hallan ocho dobles tubos concéntricos, que son de vidrio los exteriores y de aluminio los interiores. Estos tubos se refrigeran continuamente por una corriente de agua fría. Sus extremidades comunican con los compartimientos inferior y superior, que sirven para dar entrada y salida al aire que se ha de ozonar y al ozonado.

El aire desecado entra en el departamento inferior, pasa por dos espacios donde se produce el ozono, y llega al departamento ya ozonado y sale á las torres de esterilización ligeramente comprimido, en las que entra por la parte inferior. Dentro de estas torres hay guijarros no muy gruesos para que, al penetrar el agua por la parte superior, se pulverice y se encuentre con la corriente de aire ozonado que penetra por abajo.

En cada torre de las instaladas en Weisbaden penetran 80 metros cúbicos de aire ozonado por hora y salen 42 metros cúbicos de agua esterilizada, y según los informes del Instituto Koch, los resultados son satisfactorios (1).

Procedimientos Marmier y Abraham.— Los aparatos ideados por estos autores después de numerosos estudios de laboratorio han sido aplicados con buen resultado á la esterilización de las aguas de Emmerin, que alimentan á la importante ciudad de Lille.

La instalación citada consta de tres partes: producción de corriente eléctrica, producción de ozono y esterilización del agua. Un alternador movido por un motor de vapor suministra la corriente que, pasando por un transformador de alto potencial, da 40.000 voltios ó más. Un ozonador formado por una serie de electrodos metálicos, recubiertos por un cristal, separados por un espacio de 1,3 á 1,4 milímetros de otro cristal, recubriendo otro electrodo metálico. Los electrodos pares son unidos á uno de los polos del transformador y los electrodos impares al otro polo. Entre los cristales aparece el efluvo que transforma en ozono el 0 del aire, el cual no puede salir del aparato sin atravesar la zona de los efluvios donde se ha de ozonizar. El contacto del agua con el aire ozonado se verifica en una gran columna llena de grava, sobre la cual el agua desciende en tanto que la corriente de ozono asciende por ella.

El informe de los resultados obtenidos por este sistema, emitido por la Comisión nombrada al efecto y que hemos citado ya, fué muy satisfactorio.

Sociedad francesa del ozono, sistema Otto.— Este sistema está instalado en Niza, donde pueden esterilizar hasta 1.000 metros cúbicos de agua por hora.

Los ozonogénadores Otto pueden ser estáticos ó rotatorios. La instalación de las aguas de Niza está hecha con generadores estáticos ó con dieléctricos. Están éstos formados por dos láminas rectangulares de vidrio de Saint-Gobain de 7 milímetros de espesor y 70 centímetros de lado, colocadas paralelamente á cierta distancia en el interior de una caja. A cada lámina de vidrio está adaptada una lámina de estaño. El estaño de una de las láminas se pone en comunicación con el transformador eléctrico y el otro con la tierra.

Las corrientes empleadas tienen una frecuencia de 500 períodos y una tensión de 20.000 voltios, produciendo 1.000 descargas por segundo. Una de las láminas de vi-

(1) Doctor Piñerúa. Loc. cit.

(1) «Bericht über den XIV Internationalen Kongress für Hygiene und Demographie Berlin», 23, 19 September 1907.

drio está perforada por el centro, y ante este orificio se halla una caja metálica cilíndrica, cuyo interior comunica con un tubo, por el cual se aspira constantemente el aire del espacio comprendido entre las láminas, que es donde se producen los efluvios de un hermoso color azul. Los *emulsores* que se emplean en esta instalación son idénticos á las trompas de aspiración usadas en nuestros laboratorios. El agua misma que se ozona es la que aspira el aire ozonado, y la mezcla se efectúa en el cono inferior de las trompas.

Los resultados de este sistema son también satisfactorios.

Sistema Tindal. — De Frise. — Sociedad Sanador. — Los principales aparatos de este sistema son los siguientes: El ozogenerador está formado por semidiscos de latón con el borde dentado, colocados paralelamente á corta distancia unos de otros en el interior de una caja del mismo metal, asociándose á veces hasta 1.000 electrodos semicirculares. La corriente monofásica que se utiliza es de 100 voltios y es producida por alternadores Granmond del tipo Mordey.

El aire que se ha de someter á la acción de los efluvios se deseca con cloruro de calcio, y después de ozonado se envía á las torres de esterilización, constituidas por unos cilindros huecos de hierro fundido que tienen 8 metros de altura, esmaltados interiormente y con numerosos diafragmas de celuloide agujereados, por cuyos orificios pasa sólo el aire ozonado, ascendiendo por el interior de la torre en tanto que el agua desciende de un departamento á otro por tubos laterales.

Estas torres son verdaderamente ingeniosas y útiles, verificándose la unión íntima de la mezcla gaseosa con el agua, demostrados por la experiencia sus buenos resultados y su economía, pues bastan 6 decigramos de ozono para esterilizar 1.000 litros de agua.

Los resultados físicos y químicos son, pues, muy buenos, y en cuanto á los bacteriológicos baste decir que en París, tratada por este sistema el agua del Marne, que contiene 4.000 bacterias por centímetro cúbico y numerosos colibacilos, resulta después de ozonada con siete microbios no patógenos por centímetro cúbico y ningún colibacilo.

Estos son los principales sistemas de ozonización del agua potable, cuestión hoy día bien estudiada, cuyos aparatos son capaces de esterilizar grandes volúmenes de agua y de poder atender á las necesidades de las grandes, así como á las medianas y pequeñas aglomeraciones.

La eficacia de la ozonización frente á la destrucción de las bacterias es indiscutible con cualquiera de los sistemas señalados, pues los gérmenes son destruidos en totalidad, ó bien suelen sobrevivir únicamente un pequeñísimo número de bacterias esporuladas particularmente resistentes, pero sin acción patógena. Los gérmenes patógenos y los habituales en el agua son muertos por el contacto íntimo del ozono con las finas partículas de agua, por lo que las torres de esterilización ó de contacto deben ser muy vigiladas.

¿Qué aplicación tiene este procedimiento á la higiene naval?

Presenta dos aplicaciones:

1.^a Instalación en los arsenales y en los puertos comerciales.

2.^a Instalación á bordo.

La primera se ha efectuado en Francia en el Arsenal de Tolón, de 120 metros cúbicos diarios, y en Indret, por cuenta también del Ministerio de Marina.

Las segundas están en función de la Marina italiana, acorazados *Roma*, *Amalfi*, *Danti* y *Napoli*; buques-escuelas *Flavio-Gioia* y *Vespucci*, cruceros *Calabria* y *Libia* y acorazados en construcción *L. de Vinci*, *G. Cesare* y *C. di Cavour* (1).

También empiezan á instalarse en los nuevos buques de la Marina argentina.

Aparato ozonizador para uso de los buques. — Una instalación para la esterilización del agua mediante el ózono en un barco, no se diferencia en su esencia de los aparatos similares en tierra, y únicamente éstos deben adaptarse á la especial condición del espacio á bordo.

Un aparato para la esterilización del agua necesita, como sabemos, en primer lugar, un filtro que en las instalaciones á bordo es de todo punto indispensable, porque el agua lleva partículas calcáreas del cemento y encalado de los aljibes y partículas ó sales de hierro, que es preciso eliminar para la ozonización.

La filtración se verifica ó por diferencia de nivel al través de un filtro de membrana de una sustancia especial patentada, como en el acorazado *Roma*, ó al través de un filtro de arena fina, bajo presión, como en las instalaciones recientes.

La segunda parte es el verdadero aparato esterilizador, ó sea el productor del ozono y el de contacto íntimo de este gas con el agua. El aparato de producir ozono está á su vez constituido:

- 1.^o Por un compresor de aire á motor eléctrico precedido de un desecador con cloruro de calcio.
- 2.^o Un transformador.
- 3.^o Un alternador á motor eléctrico; y
- 4.^o El ozonogenerador.

El compresor aspira el aire del ambiente exterior, y después de atravesar el desecador para privarle del vapor de agua y evitar la producción de ácido nítrico, le impulsa bajo presión moderada de $\frac{1}{2}$ atmósfera sobre el generador del ozono.

Este aparato está constituido esencialmente, como en los instalaciones de tierra, por un electrodo tubular cilíndrico en vidrio (—), en el interior del cual se encuentra otro cilindro de aluminio (+) de un diámetro algo menor que el electrodo negativo, de modo que quede un espacio anular de 3 á 4 milímetros, donde se producen los efluvios y por donde pasa el aire desecado para ozonarse.

Los electrodos están contenidos en una caja metálica completamente cerrada rodeada de un refrigerador de agua.

La corriente eléctrica, producida en los buques, es ordinariamente corriente continua, y se hace alternada á baja tensión y á conveniente frecuencia por medio del convertidor, elevándose, al fin, á una tensión de cerca de 8.000 voltios al pasar por el transformador. Esta corriente eléctrica alternada y de alta tensión, por medio de un sistema especial de conductores unidos al generador y por diferencia de potencial, produce una serie de chispas ó efluvios con producción de ozono en el espacio de los dos electrodos, en el cual es impulsado el aire por el aparato compresor.

(1) *Annali di Medicina Navale*, 1914, II, III.

Una vez ozonado el aire entra impulsado á lo largo de una canalización de aluminio, en la *torre de contacto*, donde se verifica la esterilización del agua. Esta torre es un cilindro de bronce dispuesto para la mezcla del ozono con el agua impura, al través de varios diafragmas de celuloide de pequeñísimos orificios, por donde desciende el agua y asciende la columna de ozono. En las últimas instalaciones se verifica la mezcla en un emulsor situado á la salida del tubo de agua esterilizada, y la torre no sirve en último caso sino para prolongar el contacto y asegurar la depuración.

Todos estos aparatos no pueden en un barco estar reunidos en un solo local, y á veces, aprovechando los espacios, se encuentran en un lado el filtro, el grupo eléctrico en otro lado y en otro el generador y la torre de esterilización.

El sistema que hemos descrito es, en líneas generales, el instalado en los barcos de la Marina italiana, y pertenece á un tipo mixto del sistema Otto y del de Frise. Su funcionamiento generalmente es intermitente porque su potencialidad es variable: da una ó dos toneladas de agua esterilizada por hora. Por regla general funciona tres horas al día. Da en buen funcionamiento buenos resultados en cuanto á la esterilización, pero según el Dr. L. Sestini, Médico mayor de la Marina italiana, son frecuentes las averías, especialmente al principio, y sobre todo la rotura del electrodo de vidrio (1). El Capitán Médico, Dr. Ercole Natal, de la Real Marina italiana, en un estudio hecho en el buque escuela *Flavio Gioia*, y publicado el año anterior en los *Anales de Medicina Naval y Colonial italianos*, ha podido notar que en tiempos normales y en calma los aparatos ozonizadores funcionan bien; pero con balance y mal tiempo, perturbando la verticalidad del contenido en el emulsor Otto, provoca una regurgitación de agua en la cámara de dicho emulsor; el agua vencía la válvula del separador y llegaba al generador del ozono Frise, provocando el contacto, y con él la fusión de la válvula y la rotura del cilindro de vidrio. Este fenómeno era advertido por el personal de guardia por una sonoridad especial. Fué necesario idear una válvula hídrica colocada entre el emulsor y el separador de agua, que parece dió buen resultado.

El personal destinado á un ozonizador debe estar especializado y comprender el buen funcionamiento del mismo. El personal electricista debe estar educado en el alto voltaje, en el cual funciona el aparato. La complejidad del ozonizador requiere adecuado personal, que por su conducta durante el funcionamiento no puede ser de la categoría inferior. Es necesario colocar un electricista para la vigilancia del grupo generador del ozono y un maquinista muy práctico para la bomba y la válvula que da entrada al agua, otro electricista es necesario si los aparatos transformador y alternador no están próximos al ozonogénador.

Por lo que vemos, si bien la ozonización es un buen procedimiento esterilizador, no está exento tampoco de inconvenientes á bordo, por cuanto el mismo autor del anterior artículo propone que se debe estudiar la implantación á bordo de la esterilización por los rayos ultravioleta.

El coste de una instalación semejante á la que hemos descrito es de 15.000 á 16.000 liras.

Condiciones generales del procedimiento.—Ya hemos

dicho los excelentes resultados bacteriológicos. El ozono mata todas las bacterias patógenas *coli* inclusive y las habituales del agua, persistiendo únicamente algunas esporuladas sin acción patógena. La composición química del agua también varía poco, como hemos dicho. Este procedimiento no aporta al agua ningún elemento nocivo á la salud, al contrario, por ser el ozono un estado molecular especial del oxígeno, resulta beneficiada al tener más cantidad de oxígeno disuelto. Disminuye la cantidad de materia orgánica. Cuando aumentan los nitratos y nitritos es indicio de mal funcionamiento por formación de cortos circuitos que dan origen á la producción de peróxido de ázoe, y, por tanto, á la formación de estos cuerpos.

Tres factores hay que tener en cuenta para verificar la ozonización:

- 1.º El grado de limpidez del agua.
- 2.º La cantidad de materia orgánica.
- 3.º La presencia de sales ferruginas.

La limpidez se consigue colocando un filtro desgrossador antes de entrar el agua en el esterilizador, el segundo es conveniente conocerle, porque sabemos que gran parte del ozono se consume en oxidar la materia orgánica, y lo mismo ocurre respecto al tercer punto, ó sean las sales ferruginas, que además se convierten en férricas y producen mal sabor y enturbiamiento en el agua.

En suma, el sistema en buen funcionamiento y teniendo presente estos factores, da excelentes resultados y es hasta la fecha, en las instalaciones de tierra al menos, el más práctico y seguro, y podemos decir que cumple todas las condiciones de garantía que previamente hemos señalado.

VII

Resumen comparativo de los procedimientos de esterilización. — Soluciones propuestas. — Conservación del agua esterilizada. — Aljibes. — Procedimientos para la bebida. — Conclusiones.

Por lo que hemos visto en varios capítulos de este trabajo, la cuestión del agua potable á bordo no es un problema completamente resuelto, ni mucho menos, á satisfacción del higienista. Cada Marina adopta su procedimiento favorito, y hay algunas, como la francesa, que emplea uno en unos barcos, y otros sistemas en otros, pues mientras la destilación es obligatoria, emplea la esterilización por el calor en el *Couronne* y otros buques, y posteriormente ensaya la esterilización ultravioleta, teniendo además instalada en el Arsenal de Tolón la esterilización por medio del ozono. La Marina italiana, no obstante también tener la destilación como obligatoria, instala la ozonización en grandes unidades y continúa instalándola en todas las nuevas construcciones como en el *L. de Vinci*, *César* y *Cavour*, barcos aún en el arsenal. ¿Qué indica esto?

Que el problema cada cual lo resuelve como cree más acertado, no habiendo unanimidad de pareceres.

Los procedimientos químicos deben ser desechados por completo en la práctica ordinaria, por la sola razón ya indicada de agregar al agua sustancias químicas extrañas y nocivas á la larga. Sólo deben usarse excepcionalmente y en casos precisos de aguas manifestamente contaminadas ó sospechosas y en defecto de otros procedimientos.

(1) Comunicación presentada al IV Congreso Internationale por la *Hygiene delle abitazione*. Septiembre 1913.

Si tuviéramos precisión de elegir uno, emplearíamos el del permanganato de cal ó el del peróxido de cloro que verifican una completa esterilización, dan ciertas seguridades, bien entendido, que no debe darse el agua al consumo hasta que no hayan desaparecido las sustancias químicas extrañas al agua, por lo menos las nocivas.

Respecto á la filtración, ya hemos dicho en el capítulo correspondiente cuán falaz es el procedimiento y los inconvenientes y cuidados que exige su empleo además de su falta de seguridad.

Pudiéramos decir que es un procedimiento de tránsito, de espera provisional no seguro ni definitivo. Bonjean y Ogier hacen de él una severa crítica.

El Dr. Piñerúa (1) dice que no conoce ni un solo procedimiento de filtración que dé resultados prácticos verdaderamente satisfactorios. Es tan sólo un procedimiento, por decirlo así, de preparación.

La esterilización por el calor á presión es, en cambio, sumamente segura en cuanto á los resultados bacteriológicos; pero, en cambio, tiene tales inconvenientes el uso de sus aparatos que está casi desterrada, y aunque ha sido empleada en algunos barcos, no ha conseguido arraigarse el procedimiento.

Además las condiciones del agua tratada dejan mucho que desear respecto á gusto, transparencia, color, etc.

La destilación sería el procedimiento ideal si no tuviera sus inconvenientes. Las dotaciones no reciben bien el agua destilada, y aunque la beben, no llegan nunca á acostumbrarse bien á ella. Es, además, necesario que el funcionamiento del destilador sea perfecto, porque si no comunica mal sabor al agua y contiene cloruros. Resulta muy cara y perturba en la mar el servicio de máquinas.

Sin embargo, con todos sus inconvenientes y con dar un agua insípida y desprovista de sales, es un buen procedimiento de esterilización, especialmente en tiempo de epidemia, por las seguridades que proporciona su uso.

La esterilización por los rayos ultravioleta, procedimiento modernísimo de esterilización, por la sencillez de su funcionamiento y por el pequeño coste y escaso volumen del aparato, que ocupa muy poco espacio, tan escatimado en los barcos, parece á primera vista el procedimiento deseado que se busca, pero por los datos que tenemos parece ser que el aparato *Nogier* no ha dado los resultados que se esperaban en la Marina francesa.

Yo me afirmo en mi optimismo, y confío que mejor estudiado y ensayado un aparato especial para los usos de á bordo que se pudiera idear, llegará á ser este cómodo procedimiento el más adecuado y empleado.

La ozonización como procedimiento en tierra está ya completamente acreditada; como procedimiento á bordo presenta los inconvenientes que hemos señalado en el capítulo correspondiente, por lo que creo debemos esperar que la práctica y el tiempo vayan perfeccionando el procedimiento y llegue un día que puedan usarse en los buques con toda comodidad y seguridad.

En vista de esto, ¿qué solución podemos dar al problema de la esterilización del agua potable en nuestra Marina?

Tenemos tres Arsenales ó bases navales que son el punto de partida y aprovisionamiento de nuestros barcos de guerra.

En ellos existen fuerzas de Marina y numeroso personal obrero y técnico, que constituye una población militar de importancia en cada Arsenal. Las aguas que se beben en estos establecimientos y en las poblaciones en que están implantados no tienen verdaderas condiciones de potabilidad; por lo tanto, están esas poblaciones militares á merced de una epidemia hídrica (fiebre tifoidea, cólera, etcétera), y que no sería la primera vez que se ha presentado.

Los barcos de guerra, cañoneros, torpederos, destroyers, cruceros y acorazados se surten de sus aguas y, por lo tanto, sus dotaciones están expuestas á los mismos peligros.

Las unidades grandes poseen aparatos destiladores, y aunque, según mis noticias, el agua que producen no se usa á diario para bebida, en tiempos de epidemia, con todos sus inconvenientes, se bebe por las seguridades que da su empleo; pero los barcos medianos ó pequeños no tienen esta defensa y, por lo tanto, tienen que recurrir los más de ellos al procedimiento de filtración, cuyos defectos conocemos.

A estos tres Arsenales ó bases navales pudiera dotárseles de un agua potable de manantial que, elegida con tiempo y bien estudiado el proyecto desde el punto de vista higiénico y económico, reportaría inmensos beneficios. No se me oculta las dificultades de encontrar un buen agua de manantial, *segura é higiénicamente potable* al abrigo de contaminaciones, para lo cual, y en todo caso, sea agua de manantial ó sea agua superficial más ó menos contaminable, *propongo la instalación de una estación esterilizadora por medio del ozono* en cada uno de los tres Arsenales, de modo tal, que al propio tiempo que sirviese para asegurar la salubridad de las fuerzas de marinería del Arsenal y demás población militar y obrera, sirviese para surtir suficientemente de *agua potable y esterilizada* á los barcos de guerra, tanto á los de mucho como á los de pequeño tonelaje, sin perjuicio de que los primeros usasen el agua destilada cuando, alejados de sus bases navales, tuviesen necesidad de renovar ó llenar sus aljibes de agua potable, antes que embarcar ó beber un agua de condiciones desconocidas y quizás peligrosa.

La misma precaución se puede tomar en tiempos de epidemia.

En cuanto á los barcos medianos y pequeños, como sus navegaciones son cortas, no se alejan nunca ó casi nunca de sus bases navales, y cuando lo verifican no lo hacen sin un barco nodriza.

El proyecto pudiera hacerse con poco gasto relativamente, aprovechando las aguas actuales de los manantiales que existen, eligiendo las aguas de mejores condiciones, reuniéndolas y conduciéndolas á la estación ozonizadora para ser esterilizadas.

Según mis noticias, se está estudiando ó se va á estudiar por el Ministerio de Fomento el problema de aprovisionamiento de aguas potables á las tres bases navales de nuestra Nación, y creemos indispensable que en cada Arsenal exista una estación esterilizadora de absoluta garantía para potabilizar el agua en verdaderas condiciones higiénicas de una manera *continua y permanente*.

Anejo á este servicio tendría que estar el de barcos-aljibes, nuevos, perfectamente contruidos y cuidados, cementados y parafinados en su interior, desechando por completo los antiguos por *inútiles y perjudiciales*.

(1) Loc. cit.

La misma solución puede darse al problema en la Marina mercante, á los barcos correos y de cabotaje, mandando establecer *estaciones potabilizadoras* en los principales puertos comerciales como Vigo, La Coruña, Gijón y Santander en el Norte; Sevilla, Cádiz, Málaga y Algeciras en el Sur, y Barcelona, Valencia y Alicante en la costa de Levante, en cuyos puertos podrían crearse Compañías de aguas potables para uso de los barcos y del puerto, con garantías para la salubridad de las dotaciones y pasaje, evitándose lo ocurrido recientemente en Vigo, donde se desarrolló una epidemia de fiebre tifoidea por haberse contaminado la nueva traída de aguas.

Para terminar réstanos decir algo respecto á la conservación del agua esterilizada.

Aljibes.—Aun después de esterilizada un agua para la bebida, queda por resolver otro problema, que es el de su conservación, bien sea agua destilada ó purificada por otro medio.

En el agua destilada, no obstante su carencia de sales y de materias orgánicas, pueden vivir, como hemos dicho en otro capítulo, un número crecido de bacterias poco exigentes para su nutrición y vegetar otras precisamente por no encontrar ciertas especies que les disputan el terreno.

Varios procedimientos se han empleado para la conservación de los aljibes: el *cementado*, que consiste en revestir las paredes del aljibe de una capa de cemento hidráulico que se renueva de tarde en tarde; el *parafinado*, que consiste en extender una capa de parafina por las paredes, y el *encalado*, que se practica en nuestra Marina de guerra y que parece da buenos resultados, si bien tiene el defecto de que proporciona al agua cierta cantidad de sales de cal, aunque esto no sea después de todo un gran inconveniente.

En algunos barcos extranjeros verifican el *cementado-parafinado*, que consiste en recubrir las paredes interiores del aljibe de una capa de cemento, y sobre éste, después de seco, otra de parafina que se renueva á menudo.

La limpieza de los aljibes debe verificarse bajo la vigilancia de personas capaces de comprender la trascendencia higiénica de la operación. El encargado de la limpieza, desinfección ó encalado, etc., de los aljibes, debe ir vestido con una muda de faena recientemente puesta, y mejor aún con uno de esos trajes de agua nuevo y destinado exclusivamente para ese objeto, y lavado previamente con una solución antiséptica é ir provisto de un calzado especial de goma de fácil desinfección.

Los cepillos, lampazos y demás útiles de limpieza deben ser previamente esterilizados.

Estas precauciones, que podrán parecer exageradas, son, sin embargo, de alta importancia y no cuesta ningún trabajo adoptarlas, así como debe guardarse la precaución de abrir los aljibes lo estrictamente necesario é indispensable.

Las mismas precauciones deben tomarse con los destinados al agua dulce de manantial, debiendo tener cuidado de no pasar el agua destilada, ozonizada ó esterilizada á los aljibes que han contenido agua terrestre en bruto *sin antes desinfectarlos y lavarlos* con agua estéril.

En cuanto al procedimiento de tomar ó beber el agua la marinería y el pasaje, en los barcos de emigración, no es indiferente.

Deben desecharse definitivamente el vaso colectivo y las llamadas *mamaderas* fijas, adoptándose en todos los barcos, por lo menos de la Marina de guerra, los *chupadores* individuales de cristal adoptados en el aviso *Giralda* é ideados por un médico de Marina español (1).

Conclusiones.

Como resumen á las ideas vertidas en este trabajo, fruto del interés que me inspira este asunto é hijo de la experiencia adquirida en el barco y en el laboratorio, establecemos las siguientes conclusiones:

1.^a El agua, elemento primordial de la vida, le debemos obtener en las mejores condiciones de pureza.

2.^a Que existe un grupo de enfermedades denominadas de *origen hídrico*, en las cuales el agua juega un principal papel como vector de sus gérmenes.

3.^a Que dichos gérmenes, introducidos en las aguas de bebida, causan en muchas ocasiones estragos irremediables en forma de epidemias mortíferas.

4.^a Que la *pureza continua y permanente* es la mejor cualidad de un agua potable y la mayor garantía de salubridad de las dotaciones.

5.^a Que la cantidad de agua *pura y potable* necesaria para cada individuo por veinticuatro horas, es de cinco litros como minimum para las necesidades alimenticias y culinarias.

6.^a Que tanto en tierra como á bordo existen numerosas causas de contaminación de las aguas, por lo cual se hace precisa su esterilización.

7.^a Que de los procedimientos usados hasta el día para purificar las aguas de alimentación sólo dos son aplicables en condiciones prácticas á la higiene naval, la destilación y la ozonización, con garantías de seguridad.

8.^a Que no obstante ser los mejores no carecen uno y otro de inconvenientes.

9.^a Que el procedimiento de ozonización á bordo, cuando esté perfeccionado y sancionado por la experiencia, será el verdaderamente práctico, seguro y económico.

10. Que en la actualidad el problema en nuestra nación está sin resolver satisfactoriamente y no admite demora.

11. Que puede solucionarse en el momento actual, haciendo en cada Arsenal militar una conducción de aguas para uso exclusivo de la Marina, con el objeto de poder dotar á los barcos, cuyas aguas serán, á ser posible, de manantial y si no de agua superficial de buenas condiciones.

12. Que en uno y en otro caso, pero sobre todo en el segundo, debe establecerse una estación esterilizadora por el ozono en cada Arsenal militar para proporcionar aguas en estado de *pureza continua y permanente*.

13. Que debe establecerse el servicio anejo de barcos-aljibes, nuevos, de hierro, perfectamente acondicionados, de uso exclusivo para el agua potable, bajo la vigilancia higiénica del Jefe de Sanidad del Establecimiento, así como todos los servicios de aguas dulces.

14. Sería también altamente conveniente establecer los mismos servicios higiénicos de aguas puras esterilizadas, en los principales puertos comerciales de la Península, bajo la forma de Compañías de aguas esterilizadas, vigiladas por el Estado.

15. Que no debemos esperar la brusca acometida de la epidemia, que siega de un golpe una porción de vidas jóvenes para adoptar medidas sanitarias, sino prevenirnos con tiempo para defender los sostenes más firmes de la Patria.

NICOLÁS GÓMEZ TORSELL,

Médico Mayor.

(1) Don Enrique Ramón y Sánchez.