

TROPAS DE INGENIEROS

---

SERVICIO DE  
AGUAS EN CAMPAÑA

ABASTECIMIENTO  
Y ESTERILIZACION

SALAMANCA 1937

Imp. Comercial Salmantina  
Prior, 19.—Telf. 1982

71395152

DE  
CAMA

TROPAS DE INGENIEROS

---

SERVICIO DE  
AGUAS EN CAMPAÑA

ABASTECIMIENTO  
Y ESTERILIZACION

SALAMANCA 1937

Imp. Comercial Salmantina  
Prior, 19.—Teléf. 1982

# INDICE

	Págs.
I. <i>Orientación general</i> .....	3
II. <i>Servicio de las aguas:</i>	
Problemas generales .....	5- 7
<i>Reglas concernientes al Servicio:</i>	
Tropas en movimiento .....	7
Clasificación de los abastos .....	11
Dotación de agua .....	12
Abastecimiento durante la guerra de posición y en la ofensiva .....	12-15
Servicios de retaguardia .....	15
<i>Higiene de las aguas:</i>	
Diferentes aspectos del problema en paz y en guerra. ....	15-19
Análisis abreviados .....	19-23
Tratamientos más convenientes .....	23-25
Ejemplos .....	25-27
Procedimientos recomendables y conclusión ...	27-29
III. <i>Esterilización de aguas en campaña:</i>	
Métodos prácticos .....	30-36
IV. <i>Tratamiento de las aguas envenenadas en cam-     paña.</i> .....	37-41
Corrección del grado de dureza .....	41-44
V. <i>Resumen de instrucciones operatorias o de carác-     ter práctico para esterilización de aguas en     campaña, por el hipoclorito cálcico</i> .....	45-48

*Nota.*—Los asuntos tratados en las Partes II, III, IV y V, pueden ser repasados con independencia unos de otros; a este efecto, se repiten algunos conceptos.

## Orientación general

En operaciones de Guerra, tanto en los avances como cuando los frentes se extienden y estabilizan en algunos sectores, el problema de suministro de aguas potables, debidamente esterilizadas, que siempre es de vital interés, adquiere creciente importancia; tanto por la consideración de abastos locales, como por la provisión básica para futuros avances. El estudio de las condiciones de potabilidad de manantiales y pozos, que nunca es difícil, puede hacerse con toda garantía, de modo que el tratamiento que precisen las aguas, se efectúe, sin complicaciones y con seguridad absoluta, casi rutinariamente.

Muchos son los procedimientos utilizables para preparar un agua para la bebida de la tropa, y esa multiplicidad misma, sin orientaciones concretas, hace antieconómicos y discontinuos la mayor parte de los que se ofrecen por la industria para tales fines; bien porque los reactivos son de difícil adquisición, bien porque los métodos son inadecuados al considerable volumen que diariamente gasta una Gran Unidad en preparación de ranchos y en bebida.

En esto, como en casi todos los problemas fundamentales de guerra, no hay que inventar nada nuevo ni dejarse seducir por novedades, cuando, la experiencia, de una lucha de la envergadura de la mundial de 1914-1918, ha mostrado medios de resolución eficaz y prácticamente sancionados.

De ahí que, a título de recordatorio, se reproduzcan en este folleto, con la aprobación de la Comandancia General de Ingenieros e Inspección General de Sanidad Militar del Ejército, parte de una conferencia sobre "Ingeniería sanitaria en Campaña", dada por el Comandante don Antonio Sarmiento León Troyano, en el "Curso de Conjunto de Ingenieros del año 1925", y dos artículos complementarios, del mismo autor, publicados en "Memoria de Ingenieros del Ejército" sobre el particular, en Noviembre de 1926 y Enero de 1927, que pueden servir para la finalidad que se escribieron de dar a personal facultativo, res-

ponsable, un guión de los medios, preconizados como mejores, para abastecimiento y tratamiento de las aguas en el campo de batalla.

Las directrices generales que en ellos se dan y las características de nuestra guerra presente, que hace posible disponer de laboratorios y productos químicos en poblaciones próximas a las zonas de operaciones, facilitan el cometido que a la Sanidad e Ingeniería Militares concierne de modo reglamentario; encomendando los análisis a los Centros apropiados más inmediatos de la retaguardia e interesando, de los mismos, la preparación completa de los pequeños laboratorios de campaña que puedan necesitarse en primera línea.

Además, incumbe al personal sanitario citado el adiestramiento del que haya de encargarse de la aplicación de los métodos en las instalaciones. A este propósito se da al final de los artículos, un resumen de "Instrucciones operatorias de carácter práctico" para la esterilización por el hipoclorito cálcico, destinadas a los ejecutantes; en las que, prescindiendo de tecnicismos, no se omiten las razones que justifican cada fase del tratamiento.

No debe olvidar el personal facultativo que el mismo producto, hipoclorito de cal, según su dosificación, pureza, uniformidad de composición, etc., recibe nombres varios de registro industrial, cuyos nombres son lo de menos con tal que, químicamente, sean hipocloritos de riqueza suficiente para las oxidaciones a que se destinan. Lo mismo sucede con las demás sustancias bases de tratamientos similares, con las que habrá de tenerse análoga precaución.

\*\*\*

Es un error creer que el problema del agua es un "problema de verano". Su importancia es perenne si se quiere atender debidamente la salud del soldado.

"El Método de esterilización por el hipoclorito, debe constituir, siempre, la norma usual."

\*\*\*

"Pocas veces se encuentran aguas envenenadas intencionalmente, más ello no puede disculpar ninguna imprevisión cuando se tienen que utilizar yacimientos en terrenos tomados al enemigo."

Salamanca, Agosto de 1937.



# Servicio de aguas

## PROBLEMAS GENERALES

El abastecimiento de aguas de un Ejército está tan íntimamente ligado con el plan y el éxito de las operaciones, que puede considerarse como uno de los más importantes servicios de campaña encomendados a las tropas de Ingenieros. Atienden ellas no sólo a la captación, sino también al abasto, distribución y al entretenimiento de las instalaciones. Comparadas con el personal de Sanidad afectan las responsabilidades inherentes a las condiciones de pureza y potabilidad de las que suministran, y ejecutan, de acuerdo con éste, los análisis, correcciones y esterilizaciones precisas para responder en todos los casos de su calidad. Estas formalidades, imprescindibles para conservar la salud del soldado, traen consigo nuevas obligaciones, como son el montaje de laboratorios y de instalaciones de filtros y purificación.

En las bases de concentración, campamentos generales, hospitales de retaguardia y aún en la guerra de posición, los métodos seguidos en los trabajos citados son los mismo que en tiempo de paz, si bien ejecutados con la presteza que la guerra impone a todos los servicios. En los avances y en las retiradas y, en general, siempre que se trabaje bajo el fuego enemigo, precisan estas tropas gran disciplina y sólido entrenamiento para llevar a cabo con orden y celeridad los que inopinadamente han de presentárseles, hallando por doquier ocasiones de exteriorizar sus virtudes militares y pericia profesional en problemas complejos, donde los conocimientos constructivos, mecánicos, químicos y geológicos del que manda se manifiestan conjuntamente.

...

Tres casos generales comprenden a todos los que pueden presentarse en el "Servicio de aguas": para cubrir debidamente las dotaciones fijadas al personal (ranchos, bebida y aseo), al ganado (bebida y limpieza) y al material (limpieza, alimenta-

ción de calderas de vapor y refrigeración de motores). Dichos casos son:

1.º Predominan las aguas superficiales (costas, ríos, canales, arroyos, etc).

2.º Predominan las aguas subterráneas (manantiales, pozos ordinarios y artesianos).

3.º Escasea el agua superficial y subterránea (desiertos).

En el primer grupo es corriente disponer de grandes caudales, si bien por no reunir condiciones de potabilidad hay que multiplicar las instalaciones de destilación, filtración y esterilizadoras. En el segundo, aunque generalmente son de calidad aceptable, no bastan a las necesidades del Ejército de operaciones las instalaciones que se encuentran hechas y ha de procederse a la excavación de pozos ordinarios y a la perforación con sondas de pozos profundos, artesianos o no.

El tercer caso no es muy frecuente, pero cuando se presenta no existe más solución que llevar el agua desde retaguardia y construir grandes depósitos de reserva en las zonas avanzadas. El medio de transporte más conveniente parece ser el de conducción por tuberías, que aunque lento en su ejecución es seguro y de gran rendimiento en su empleo.

Con el fin de que las tropas de Zapadores puedan ejecutar los trabajos anteriores deberán dedicar a ellos parte del tiempo de su instrucción práctica y el necesario en maniobras de conjunto, para familiarizarse con el uso de bombas de todas clases, construcción de depósitos y conducciones de campaña, excavación de pozos ordinarios y artesianos y, por último, manejo de motores de explosión, y de los diversos tipos de máquinas y aparatos elegidos para destilación y esterilización de aguas.

En la imposibilidad de detenernos en el detalle del vasto programa de trabajos expuestos, se dan normas generales para las variadas fases de una campaña, indicando de paso algunas soluciones prácticas, que aunque sancionadas por la experiencia no constituyen reglas doctrinales, por lo que, bajo la dirección de los Oficiales instructores, quedan desde luego sometidas a las variaciones que la práctica aconseje.

Según la importancia de la campaña convendrá o no que se dediquen a este servicio unidades completas. Cada compañía de Zapadores necesita tener una sección, por lo menos, perfectamente instruída en alumbramientos, captación y habi-



litación de aguas, cuya sección formará el cuadro de especialistas que permitirá, si es necesario, el que la compañía completa atienda exclusivamente este servicio.

Las secciones, formadas por los que tengan oficios propios para la clase de trabajos a que se destinan, deben en todos los regimientos recibir idéntica instrucción con el material y medios auxiliares señalados por los Reglamentos, y en su defecto con el que dispongan.

## Reglas concernientes al Servicio

### TROPAS EN MOVIMIENTO

Supongamos, en primer término, que a las marchas ha precedido un desembarco y que se hacen por terreno amigo, propio o conquistado. Si no hay certidumbre de que en los puntos de desembarco existen aguas en abundancia para las fuerzas en juego, es imprescindible que acompañen a la flota barcos-aljibes que cubran las necesidades del momento. Esta solución es mucho más racional, en la mayor parte de los casos, que el empleo de destiladora.

Rápidamente las tropas de Ingenieros construirán en la orilla depósitos provisionales empleando materiales ligeros preparados de antemano: lonas impermeabilizadas, tableros de madera, piquetes, víguetas, cuerdas, si no se dispone de depósitos hechos entre el material de desembarco.

A estos depósitos se bombea desde los barcos el agua traída, por intermedio de largas mangueras de impulsión sostenidas por flotantes, para cuyas maniobras las tropas del "Servicio", desde tierra, auxiliarán a las de mar encargadas del tendido.

Los depósitos, convenientemente distanciados, servirán de bases de suministro. En sus proximidades, y cumpliendo las condiciones que luego se detallan, se montarán abrevaderos de lona, madera o palastro; disposiciones apropiadas para llenar prontamente carros-cubas, camiones-tanques o vagones-aljibes, y tuberías provistas de grifos, a distancia y altura adecuados, para facilitar la distribución en pequeños envases, tales como cantimploras, botellas, barriles, bidones, latas y cubas.

Al conjunto formado por uno o varios depósitos y los anexos dichos o, de un modo más general, a todo lugar en donde se encuentre agua y su provisión se facilite en la forma expresada, le llamaremos en lo que sigue "*punto de abasto*".

Estos "puntos de abasto" que hasta ahora, en el supuesto en que estamos, formaban parte de la "cabeza de desembarco", adquirirán o no estabilidad según la importancia que en el plan futuro de operaciones tenga su situación, y los trabajos ejecutados a la ligera vendrán, en caso afirmativo, a perfeccionarse en el grado conveniente si no hay probabilidad de encontrar, tierra adentro, aguas potables abundantes. Lo más frecuente será que existan, y entonces, aparte de las instalaciones provisionales establecidas, se irán construyendo otras que jalonen, en lo posible, las rutas de las columnas de operaciones. Para ello los Oficiales harán reconocimientos avanzados, anotando la naturaleza, profundidad e importancia de los ríos, arroyos, manantiales, pozos y cisternas que encuentren. Especificando en los pozos los diámetros en el brocal y en el fondo, profundidad del nivel superior al terreno, altura de agua, caudal aproximado por información, estima o por pruebas directas; observando siempre los obstáculos que puedan presentarse en la ejecución de las instalaciones elevadoras. De los yacimientos utilizables, a su juicio, recogerá muestras para que el Servicio de Sanidad proceda a su análisis. Los datos obtenidos servirán para preparar el material de bombas, motores, tuberías y medios auxiliares precisos para cada caso.

Estos reconocimientos, sobre todo si se trata de terrenos desconocidos, exigen en el Oficial gran golpe de vista geológico, cultivado por la afición, el estudio y las prácticas efectuadas en tiempos de paz con sus unidades; prácticas éstas que redundarán en provecho de las localidades del territorio nacional en que se efectúen, por lo que se comprende cuán beneficioso serán prodigarlas. Todas las experiencias son pocas en el arte ingenieril de la investigación de aguas. Facilita el reconocimiento de aguas freáticas (o primeras existentes en profundidad) el uso de medios ligeros de sondeos, tales como los tubos Norton, en cuyas extremidades se colocan bombas sencillas, que aunque de poco gasto bastan para dar idea de las condiciones de potabilidad de las que se hallen. Este material debiera prescribirse como reglamentario en los trenes regimentales de los Cuerpos combatientes, que por sí podrían usar-

los, para mejorar sus dotaciones, allí donde el "Servicio de aguas" indicase la conveniencia de su empleo.

En cuanto al material de bombas del "Servicio", es evidente que aun unificado presentará variadísimas modalidades impuestas por las circunstancias. En los pozos ordinarios, hasta siete metros de profundidad, cabe instalar una multitud de tipos de máquinas elevadoras: bombas alternativas aspirantes, aspirantes impelentes, centrífugas, rotativas, cadenas, hélices, correas hidráulicas, etc., etc., además de los viejos métodos de cubas, norias, rosarios, etc., que, aunque con escaso rendimiento, pueden muchas veces sacar de apuros.

La elevación a brazo es siempre penosa y se usará solo en casos perentorios, mientras se instalan los medios mecánicos, que en los puntos de abasto principales se duplicarán para asegurar la provisión.

Al caso de los pozos considerados podemos reducir todos aquellos otros en que la captación se haga en corrientes superficiales y la altura total de aspiración no pase de los siete metros; más allá de este límite el montaje se complica, y más en en los pozos, porque las operaciones necesarias para instalar en su interior los cuerpos de bombas, soporte y transmisiones exige cierto tiempo, difícil de reducir, por la imposibilidad de simultanear trabajos en el exiguo espacio de la excavación.

En "puntos de abasto" de utilización accidental, cuando las circunstancias exigen su habilitación rápida, da muy buenos resultados la correa hidráulica, por la sencillez de su montaje, y también el uso de un pequeño grupo electrógeno, para mover motorcitos eléctricos acorazados que, acoplados a bombas centrífugas, se fijan a convenientes alturas de aspiración. Las bombas alternativas con cabezales y varillas de transmisión obligan a revestir los pozos totalmente, o por fajas, donde se empuñan las vigas soportes de las guías y de los tubos, su instalación exige disponer de tiempo suficiente.

En pozos entubados, hechos con sondas, puede emplearse la aspiración simple cuando sus profundidades no excedan de siete metros; si son mayores, los cuerpos de bombas están constituidos por parte del tubo de elevación, y la varilla que manda al émbolo resbala en su interior guiada por collares unidos a los manguitos de empalme. Este procedimiento, muy corriente en las instalaciones agrícolas, es de escaso rendimiento, y los grandes caudales que necesitan los Ejércitos en

operaciones justifican otro método de elevación muy cómodo y de gran gasto, cual es la elevación por emulsión con aire comprimido. El compresor se monta en un camión que va de un pozo a otro inyectando aire en las instalaciones "ad-hoc" de los "puntos de abasto", hasta dejar completamente llenos los depósitos para asegurar el servicio.

*Las aguas encontradas presentarán frecuentemente principios de contaminación y se esterilizan por los métodos que luego se explican.* Advertiremos aquí, solamente, el cuidado que debe ponerse en abrigar los "puntos de abasto" de toda contaminación producida por las tropas mismas; para lo cual se cercarán con empalizadas los pozos y manantiales, de modo que no puedan aproximarse ni los hombres ni el ganado, que irán a los caños y abrevaderos colocados en el exterior en sitios de fácil desagüe. Las letrinas, urinarios, cuadras y lavaderos del acantonamiento, se situarán de tal modo que las filtraciones no puedan impurificar la capa acuifera que se utiliza. Conviene también indicar de un modo claro las buenas o malas condiciones del agua, y para ello se usarán banderas con letreros.

Bandera blanca indicará aguas potables; bandera azul, agua para el ganado; bandera roja, agua para lavabos.

Las aguas para ranchos y bebidas se distribuirán en los puntos de mayor cota; siguen luego, en orden descendente, los abrevaderos, y por último los baños, duchas y lavaderos.

*La disciplina en el suministro es la única garantía de buen funcionamiento de un "punto de abasto"; por esta razón, una vez conocido el régimen del caudal de la instalación, los Oficiales darán al Mando, para su aprobación, la pauta más conveniente para el servicio, y las tropas vigilarán que se cumplan exactamente los horarios y las normas establecidas para asegurar la eficacia en el reparto.*

En los puntos de vanguardia y en campamentos a los que hay que llevar el agua desde una base por medio de vagones-aljibes o camiones-tanques, se construyen los depósitos de modo que el tren o convoy de autos puedan vaciar en ellos rápida y cómodamente. La necesidad de hacerlo así se comprende mejor poniendo un ejemplo: A 2'5 litros por hombre y a 25 litros por caballo o mulo, una división necesitaría para su consumo diario 300.000 litros próximamente; en el transporte de esta cantidad se emplearían de 125 a 300 camiones, según el

tipo, y se ve cuánta reducción podría hacerse en estos números si facilitando la carga y la descarga se hiciera posible la repetición de convoyes.

La carga de acémilas se simplifica notablemente preparando de antemano las cargas, aparcándolas en una explanada cerca del punto de abasto y poniéndolas a lomo simultáneamente. Como medio auxiliar de preparación y manejo de las cubas llenas suelen utilizarse vías y plataformas Decauville.

Para tuberías auxiliares se deben emplear pocos diámetros distintos; convienen los de 1, 2 y 4 pulgadas con sus reducciones, correspondientes piezas en T, codos y manguitos de empalme.

### CLASIFICACION DE LOS ABASTOS

Pueden ser de aguas para bebida, usos culinarios, calderas, motores, limpieza de ganado y arneses, lavado de automóviles, servicio contra incendios, estaciones de desinfección y saneamiento, etc.

### DOTACION DE AGUA

En un avance se calcula el consumo mínimo por hombre en 2,25 litros diariamente. A los tres días ha comenzado el movimiento, las fuerzas de abastecimiento deben adelantar los puntos de abasto y prever una dotación doble; esto es, 4,5 litros por hombre y día.

Para el lavado del cuerpo, por ducha, sirva de dato práctico que una flor de regadera de 15 cms. de diámetro debe ser alimentada a razón de 15 litros por minuto.

Cuatro alcahofas como la precedente, con alimentación horaria de 3.600 a 4.000 litros, permite duchar 2.000 hombres cada 24 horas.



## DOTACIONES

Clase de Servicio	Litros por hombre diariamente
Ejército avanzado .....	2,25 litros
A los tres días de avance .....	4,50 "
Puestos de socorro .....	25,00 "
Hospitales avanzados .....	45,00 "
Hospitales bases .....	110,00 "

Ganado	Litros por cabeza y día
Caballo (bebida) .....	45,00
Caballo (limpieza) .....	10,00
Mulo o buey .....	35,00
Cerdo o carnero .....	5,00

### ABASTECIMIENTO DURANTE LA GUERRA DE POSICION Y EN LA OFENSIVA

El terreno ocupado por el Ejército se divide en tres zonas: avanzada, de concentración y de retaguardia.

No se considerará los trabajos en retirada, porque las instalaciones permanecerán en servicio hasta que llegue el momento de desmontarlas o de destruirlas por medio de explosivos.

La zona avanzada comprende desde primera línea a la ocupada por la artillería pesada de campaña. El abasto se hará: directamente por manantiales y pozos, o bien por medio de vehículos o de tuberías.

Los pozos y manantiales se habilitan en forma idéntica a la expresada en la guerra de movimiento, y pueden construirse en las trincheras mismas, blindando las instalaciones y dotándolas de obra de saneamiento y drenaje que eviten encharcamiento en los sitios donde se llenen las vasijas.

La distribución por vehículos, se ajustará en cuanto a la rapidez de carga y descarga, a las reglas expuestas; pero *los depósitos de descarga se multiplicarán para atender en cada caso a los menos combatidos por el fuego enemigo.* En los caminos de acceso conviene tener abrigos para que los carros se



defiendan de cualquier concentración de tiro circunstancial. Las aguas que las lluvias depositan en los embudos producidos por las *granadas se convierten en venenosas dada la naturaleza de los explosivos de las cargas, tóxicos casi siempre, y no deben utilizarse nunca para beberlas, ni hirviéndolas, pues la ebullición no las devuelve su inocuidad.*

La vía estrecha como medio de transporte se puede emplear cuando existe para el municionamiento de la artillería pesada, tomándose las precauciones que acaban de decirse para las demás clases de vehículos.

El sistema de distribución por tuberías se empleará únicamente cuando la importancia del sector o la carencia de agua lo justifique (1).

Se huirá, en el tendido, de complicar las redes, conviniendo más, aunque no ciertamente desde el punto de vista económico, que las conducciones sean radicales a partir del depósito principal, con lo cual la localización y por ende la reparación de averías se simplifica. A estos arreglos atienden cuadrillas distribuidas por el sector, en comunicación telefónica con la base y protegidos de los fuegos por abrigos que les servirán a la vez de alojamiento y de almacén para el material de repuestos y herramientas.

Las tuberías deben enterrarse un metro para evitar los efectos del "shrapnell". Algunas veces en que por razón de rapidez se han dejado al descubierto, el número de averías ha sido extraordinario y se ha visto la conveniencia de enterrarlas cuando menos 20 centímetros, sin perjuicio de aumentar la protección en las zonas muy batidas por la artillería.

A lo largo de las distribuciones de esta clase se sitúan depósitos y "puntos de abasto" en la forma conocida. La elección del tipo de tubería depende de la distancia, caudal, carga, etc.; corrientemente se usan los tubos de 6, 4, 2 y 1 pulgadas con manguitos de empalme, codos, piezas en T y reducciones de sencillo roscado, a fin de facilitar la sustitución de tramos. De los sistemas de distribución el mejor es el indirecto por gravedad, es decir, el de llenar previamente los depósitos para alimentar la red.

---

(1) Véanse artículos del mismo autor en "Memorial de Ingenieros del Ejército", números de Mayo de 1923 y Enero de 1924

La "zona de concentración", poco más o menos puede decirse que comienza a la altura de las posiciones de artillería pesada de campaña. El problema del agua adquiere en este caso gran importancia, sobre todo si abundan los Cuerpos montados, por las enormes cantidades que necesita el ganado.

Los sistemas empleados dependen de la hidrología del lugar, y en cualquier caso quedan comprendidos en alguno de los ya expuestos; ahora bien, debemos fijar nuestra atención en ciertos detalles. Es una lamentable equivocación reunir gran número de abrevaderos en un espacio reducido de terreno; los caballos siempre vierten aguas y enlodan el suelo, hasta el punto de hacer intransitables los caminos de acceso; además, en grandes masas y en sitios próximos a las carreteras entorpecen la circulación. Por estas razones se adopta como aguada de tipo máximo la que consta de 30 a 50 metros de abrevaderos dobles, que consienten el abrevado simultáneo de 60 ó 100 caballos. Teniendo en cuenta que un caballo tarda en beber cinco minutos y un camello veinte, es fácil disponer, conociendo el caudal de la instalación, el horario a que deben sujetarse las diversas unidades para acudir al agua. Si las concentraciones se estacionan durante algún tiempo, se facilitan las operaciones disponiendo los abrevaderos cerca de las cuerdas, no olvidando el detalle interesante de reservar recipientes para que puedan beber los caballos enfermos, alejando así las probabilidades de contagio.

En cambio, cuando las concentraciones son momentáneas es ventajoso no construir instalaciones sobre nuevos manantiales, sino aprovechar el agua que a previsión se haya ido acumulando en depósitos establecidos al objeto en los días que preceden a la movilización. También es frecuente utilizar arroyos de escaso caudal construyendo embalses de poca importancia con presas de tierra arcillosa y tablestacas, o de piquetes y chapa ondulada con encofrado del tapial.

Aconseja la práctica también que en los "puntos de abasto" donde se llenen carros y camiones no debe haber más de cuatro mangas de llenado distanciadas 10 metros unas de otras. Estas mangas deben tener un gasto de 400 litro por minuto, dato éste que servirá para elegir el diámetro en relación con la carga que correspondá al nivel de los depósitos.

Estos puntos se colocarán cerca de los caminos, pero de modo que no dificulten el tráfico general; y, en cuanto sea po-

sible, los carros de tracción animal y los de tracción mecánica llenarán en diferentes sitios.

## SERVICIOS DE RETAGUARDIA

Es natural que en esta zona, apartada de la lucha, los procedimientos que se siguen para el abastecimiento de aguas son los mismos que en tiempo de paz, y así se procede en los puertos de llegada de tropas, en los hospitales, en los campamentos generales, en las estaciones de desinfección, en los parques y en una infinidad de circunstancias parecidas a las enumeradas. Una de ellas, por ejemplo, es la alimentación de calderas en los centros ferroviarios; los depósitos y tuberías se calculan para que el llenado del tónder se haga en menos de cinco minutos con una carga mínima de seis metros de agua.

Entre los trabajos de captación, utilísimos en circunstancias muy particulares, conviene señalar los sondeos.

Las secciones de Zapadores han de instruirse en la maniobra de los útiles que se emplean para la perforación. Un equipo de sondeo no exige, en general, más de 10 hombres; pero perfectamente entrenados. Los trabajos son lentos y su duración depende de la naturaleza del terreno, de la profundidad de las capas acuíferas y de la destreza del personal. Las dificultades máximas se encuentran en la dirección y en el señalamiento de puntos de perforación, en armonía con las condiciones geológicas del lugar. Cuando se opera en terrenos conocidos y se tienen datos y estudios sobre las formaciones del suelo, el éxito es probable; cuando no es así, se necesita gran práctica en esta especialidad, y Oficiales de larga experiencia y sólidos conocimientos hidrológicos para salir airoosamente del empeño.

## Higiene de las aguas

### DIFERENTES ASPECTOS DEL PROBLEMA EN PAZ Y EN GUERRA

El estudio de los métodos y aparatos usados a fin de hacer las aguas de potabilidad aceptable, tienen extraordinaria importancia en el "Servicio".

Pensando en la meticulosidad, exactitud y perfeccionamiento con que estas operaciones se hacen en tiempos de paz, parece a primera vista imposible adaptar toda esa ciencia sanitaria a las tan variadas como difíciles circunstancias que la guerra presenta.

*Conviene, como todos sabemos, que el agua carezca de olor, color y sabor, que no lleve materias orgánicas ni minerales en suspensión y que las sales en disolución no sean excesivas; pero, además, es imprescindible que esté exenta de gérmenes patógenos y de sustancias venenosas de origen mineral u orgánico.*

Las aguas subterráneas alejadas de los poblados y tierras de cultivo, las de pozos profundos y de manantiales suelen servir para la bebida sin tratamiento previo; mas estas circunstancias no eximen de analizarlas con frecuencia, especialmente en épocas de estiaje y en las lluvias pertinaces. Todas las aguas de origen distinto al señalado se hallan expuestas, en mayor o menor grado, a causas de contaminación; más la experiencia de la guerra muestra que son pocas las aguas que estén tan infectadas que hagan imposible su potabilización, sometién-dolas a tratamientos convenientes.

Lo mismo en las instalaciones permanentes que en las de campaña, las materias en suspensión se eliminan por la sedimentación y el filtrado; la dureza y la reacción (alcalina o ácida) se corrige por medios químicos, y el color, el olor y el sabor se hacen desaparecer empleando coagulantes apropiados. Además, las bacterias se destruyen en los filtros de arena y en sedimentaciones prolongadas, y más rápido y eficazmente por tratamiento de agua, con oxidantes, tales como el cloro, el ozono, los rayos ultravioleta, etc.

Cuando la necesidad obliga a establecer instalaciones purificadoras, lo primero que debe hacerse es un análisis del agua por personal de reconocida competencia, y proyectar seguidamente los medios precisos para asegurar su potabilidad y fin primordial de las obras, que no puede ser otro que el de garantizar la salud del soldado.

Lo principal es siempre la destrucción de microorganismos; pero debe procurarse que los medios esterilizadores conserven al final la transparencia y no dejen sabor ni olor desagradables, porque el soldado por instinto prefiere el agua cristalina y de buena apariencia, aunque contaminada, a la que, ino-

fensiva por tratamiento, es repugnante a la vista, al paladar o al olfato.

El agua para el ganado no se somete, en general, a tratamiento, y siempre que no esté muy turbia ni contenga sales en exceso se usa tal y como se encuentra.

Para formar cabal juicio de la calidad de un agua hay que conocer conjuntamente: la situación del manantial y la influencia que puedan tener en él las edificaciones y cultivos inmediatos, la composición química y el estado bacteriológico. No puede juzgarse su bondad sino conociendo estos extremos a la vez.

En el campo el proceso de purificación se reduce a dos operaciones esenciales: separar los cuerpos en suspensión y destruir los gérmenes patógenos. Esta última operación se hace invariablemente en campaña por medio del cloro, bien el contenido en el hipoclorito (cloruro de cal) o por cloro gas, procedimiento este que se conoce con el nombre de "cloración directa". El principio fundamental es que el cloro, por su afinidad con el hidrógeno, deja oxígeno en libertad que destruye la materia orgánica, y cuando queda cloro libre es que toda la materia orgánica ha sido oxidada. El agua tratada no debe contener más de una parte de cloro libre por millón, pues de lo contrario tendría un gusto desagradable.

El éxito depende de la exactitud de los análisis efectuados con el agua natural y los repetidos metódicamente durante el tratamiento. En campaña se hacen dos clases de análisis: los abreviados y los completos. Por los primeros se viene en conocimiento de las cantidades de cloro que hay que mezclar y de si el agua contiene o no principios venenosos, y los segundos dan con todo detalle la composición química y el estado bacteriológico. Para hacer aquéllos, basta tener ligeros conocimientos técnicos y saber algunas reglas de fácil aplicación; en cambio, los últimos deben ser ejecutados por personal diestro en manipulaciones de laboratorio.

En cuanto a la "calidad de las aguas según su origen", los Oficiales deben tener presente detalles de verdadera importancia, y a los que de puro sabidos no se les da la que realmente tienen. Tales son, por ejemplo, los siguientes:

Las aguas de lluvia provenientes de cubiertas y explanadas no se almacenarán en depósitos forrados de plomo ni se distribuirán por tuberías de este metal, al que atacan por llevar



en disolución ácidos minerales de origen atmosférico. Cosa parecida ocurre con las aguas de manantiales en terrenos de turba, que contienen los ácidos comprendidos en la denominación de "ácidos brómicos". El fenómeno de ataque al metal tiene variada modalidad en los dos casos citados; en el último el agua disuelve el plomo y se hace venenosa y hay que neutralizarla con cal y con carbonato sódico, y con otras aguas de elevado grado hidrotimétrico, a fin de que en el interior de los tubos se forme una película protectora de carbonato básico de plomo, semejante a la que el aire forma en el exterior; en el primer caso, el oxígeno en disolución forma sedimentos insolubles del óxido de plomo hidratado, que arrastrados por el agua producen una continuada erosión en las paredes de las tuberías.

Las aguas de ríos y torrentes son las más expuestas a contaminación, si bien el grado de infección es muy variable. Así, en tiempo seco y en ríos de escarpadas orillas el agua sufre una decantación que la purifica, la proporción de bacterias disminuye y su mineralización aumenta; en cambio, en épocas de lluvias e inundaciones aumenta la materia orgánica y disminuyen las sales en disolución. Como las poblaciones vierten en los ríos las aguas residuales, muchas veces sin tratamiento previo, y las aguas sobrantes de riegos y otras contaminadas van también a parar a los ríos, es preciso que siempre que se elijan aguas superficiales para el abasto de las tropas se las someta a tratamientos depurativos.

La contrario sucede con los pozos profundos, donde las aguas presentan generalmente buenas condiciones de potabilidad, a menos de que se contaminen por aguas superficiales que se mezclen con las profundas a través de fisuras en las rocas, es decir, con insuficiente filtración. Cuando los análisis acusan variaciones en la composición bacteriológica de las aguas profundas es fácil cerciorarse de la influencia de las superficiales, disolviendo en éstas cantidades convenientes de sal común, sal de litio o fluorescina, y efectuando análisis espectroscópicos de las del pozo para comprobar la presencia de aquéllas. En algunos casos se hace en las aguas superiores un cultivo de bacterias inocuas y prolíficas, tales como el "bacillus prodigiosus", cuya existencia se comprueba luego en las profundas; este método tiene el grave inconveniente de lo di-



ficil que resulta hacer desaparecer luego la colonia bacteriana.

En cuanto a las aguas de lagos, no siendo éstos sino como un gran depósito de las de un río, son preferibles a las de éstos porque por su prolongada aireación y sedimentación están menos contaminadas; ahora bien, para que realmente puedan aprovecharse estas condiciones de mejoramiento, la captación tiene que hacerse en la parte del lago por donde se efectúe el desagüe.

Y por último, recordaremos que las charcas y estanques contienen siempre mucha materia orgánica, y en todos los casos es necesario someter sus aguas a tratamiento esterilizador.

Las sustancias contenidas en el agua se dividen en cuatro grandes grupos: sales en disolución, materia en suspensión, materia coloidal y microorganismos.

No es ocasión ésta de analizar con detalle la influencia ni las proporciones en que entran los gases y las sales orgánicas y minerales en la composición de las aguas. Lo mismo ha de decirse de las otras sustancias que van en suspensión y de las bacterias, protozoos y formas microscópicas de la vida animal, que florecen y se multiplican en ellas; pero nos fijaremos, algo, en las disoluciones coloidales, estado físico intermedio entre la disolución perfecta y la materia en suspensión, porque ciertos compuestos orgánicos de molécula compleja, tales como la albúmina y algunos productos de la descomposición de materias animales y vegetales, frecuentes en las aguas contaminadas, suelen dificultar el filtrado si previamente no se precipitan, por medio de coagulantes, como los hidróxidos de aluminio y de hierro, que además de cumplir la función de arrastre satisfacen la de absorber los principios colorantes y hacer desaparecer, casi totalmente, el olor y el sabor.

### ANÁLISIS ABREVIADOS

Primeramente hay que recoger las muestras. Para un análisis químico basta con una botella, bien limpia, de dos litros de capacidad, que se enjuaga varias veces con el agua que ha de contener, y luego se rotula indicando la procedencia y particularidades de los alrededores del manantial. Para ensayos bacteriológicos la botella se esteriliza, hirviéndola, o en autoclave, y poniéndola un tapón de vidrio esmerilado, esteriliza-

do también en llama de alcohol. El análisis no debe distanciarse mucho del momento en que se coja la muestra, pues con el tiempo varía la composición bacteriológica y las cantidades de amoníaco, nitratos y nitritos.

Un análisis preliminar sirve de salvaguardia contra las impurezas dañinas que un agua pudiera contener. Al análisis ligero de campo debe seguir uno completo de laboratorio, cuando el yacimiento acuífero vaya a servir de base a un "punto de abasto" importante.

El análisis abreviado comprende la observación de los caracteres físicos: transparencia, color y olor. La "alcalinidad", que da idea de la intensidad del tratamiento por alumbre (sedimentación) a que debe someterse. La alcalinidad se expresa en partes de carbonato cálcico por 100.000 partes de agua, y su determinación es tan sencilla que los ensayos llegan a ser operaciones verdaderamente infantiles si los reactivos que se emplean se han preparado con exactitud en el laboratorio; por ejemplo: teniendo un frasquito con un indicador metil-naranja y otro con un ácido decinormal, el mecanismo de la determinación de la alcalinidad consiste en poner 50 c. c. del agua en un frasco, o mejor en un vaso de hierro con esmalte blanco, echarle una gota del indicador para tñirla de naranja y luego con una pipeta graduada ir echando gota a gota el ácido decinormal hasta que el color se convierta en rojo. El número de centímetros cúbicos de ácido usado multiplicado por 10 da la alcalinidad del agua en parte de  $\text{Ca CO}_3$  por 100.000.

El método de esterilización mejor y más sencillo consiste en echar hipoclorito cálcico hasta que quede libre en el agua una parte de cloro por millón. La prueba que más se repite en el campo es la de la determinación del "índice de cloro", o sea la de partes de cloro libre por millón.

La materialidad de la operación es de igual sencillez que la explicada. Aquí el indicador es una disolución de almidón iodado y el reactivo una disolución tipo de tiosulfato de sodio de concentración tal que 1 c. c. equivale a una parte de cloro libre por un millón se mezcla con 50 c. c. de agua.

Se ponen, como antes, 50 c. c. de agua en el vaso de hierro esmaltado, se añaden tres gotas de almidón iodado y se va echando hiposulfito con la pipeta hasta el momento en que des-

aparezca el color azul. El número de centímetros cúbicos usado es el mismo que el de partes de cloro libre por millón.

Es realmente curioso, y más que una operación de laboratorio parece un juego de prestidigitador, el procedimiento práctico que emplearon los ingleses en la guerra para dosificar el hipoclorito en las aguas contenidas en los depósitos, tanques, carros, etc.

Vamos a explicarlo en pocas palabras, refiriéndonos a un caso muy frecuente: el de un carro-cuba de 500 litros. Claro que el procedimiento es general, como fácilmente se comprende.

Se prepara un indicador: ioduro de cinc y almidón. Tres gotas de este indicador tiñen de azul el agua que contenga una parte de cloro libre por millón.

Se dispone de siete vasos de hierro esmaltado, seis en blanco y uno en negro. Naturalmente, esto no es más que un detalle, porque los vasos pueden ser vasos corrientes de precipitados. Se llena el vaso negro de la lechada de hipoclorito, que se tiene preparada a cualquier concentración, y los vasos blancos se llenan del agua que hay que esterilizar y se ponen en fila. La capacidad de los vasos es tal que la del vaso negro es a la del tanque de 500 litros como una décima de centímetro cúbico, por ejemplo, es a la capacidad de los vasos blancos. Se echan en cada uno de éstos, por el orden en que están colocados y con una pipeta graduada, una décima, dos décimas, tres décimas, etc., de centímetro cúbico del hipoclorito contenido en el vaso negro, y luego en cada vaso blanco se ponen tres gotas del indicador. Algunos vasos no teñirán de azul, supongamos que sean los números 1 y 2, y a partir del 3 se ha manifestado la coloración indicadora de que hay una parte de cloro libre por millón. Ello nos dice que en el tanque de 500 litros debe echarse tres veces el contenido de hipoclorito del vaso negro, con lo que toda el agua quedará perfectamente esterilizada, lo que se comprueba, antes de suministrarla, por la prueba de determinación del "índice de cloro", ya explicada.

Para los análisis toxicológicos conviene tener preparada una caja que contenga, como reactivos, ácido clorhídrico, sosa cáustica, sulfato ferroso y sulfuro de sodio. Con ellos, y siguiendo sencillas reglas prácticas, se pone de manifiesto la existencia de plomo, cobre, mercurio, arsénico y cianuros, que

son los venenos más comunes, y no decimos "más comunmente empleado", porque a despecho de aquellas tendenciosas campañas de las fibias y fobias durante la guerra europea, los ingleses han asegurado en sus trabajos oficiales de recopilación de enseñanzas de la guerra que "jamás" se encontraron con aguas envenenadas intencionadamente. Esto no quiere decir que por ello se descuidasen. Los análisis toxicológicos se hacían siempre y hasta se prescribía en las instrucciones los contravenenos que debían usarse en el caso de que no hubiera más aguas que beber que las envenenadas. Así el cobre, el plomo, el mercurio y el cinc se precipitarían, mejor dicho, se precipitaban (porque sobre esto se han hecho repetidísimas experiencias) en forma de sulfuros, usando un pequeño exceso de sulfuro de sodio después de haber hecho la sedimentación por el alumbre. El arsénico se hacía desaparecer, convirtiéndolo primero en arseniato de sosa y precipitándolo luego como arsenito básico férrico, añadiéndole alumbre de hierro. Los cianuros potásicos ferrosos en solución alcalina, y el hierro y el manganeso oxidándolos por el cloruro de cal o el cloro, de modo que se formase hidróxido coagulante, que se deposita en el fondo.

La corrección química de las aguas, por las razones apuntadas, no ha tenido aplicaciones en la guerra; sin embargo, en cuanto a corrección de dureza, algo se ha hecho en ciertas aguas para alimentación de calderas y para lavados de ropas en factorías de Intendencia, siguiéndose los conocidos métodos de Clark y el del uso del silicato artificial llamado "permutita".

Los "análisis completos" se efectúan en los laboratorios, pero hay que dar la pauta, porque si no el análisis puede prolongarse hasta límites excesivamente amplios, cosa que en general no hará falta. Basta con obtener la siguiente información:

Propiedades físicas: transparencia, olor, color y sabor.

Índice de cloro: partes por millón.

Reacción: alcalina o ácida.

Alcalinidad: en partes de  $\text{Ca CO}_3$  en 100.000.

Sólidos en suspensión: partes en 100.000.

Idem disueltos: ídem.

Idem orgánicos: ídem.

Amoniaco: ídem.

Amoniaco albuminoide: ídem.

Nitratos y nitritos: en partes de N por 100.000.

Cloruros: en parte de Cl o de Cl Na en 100.000.

Oxígeno: absorción en partes por 100.000.

Dureza: (temporal y permanente) en partes de Ca CO<sub>3</sub> por 100.000.

Hierro: partes por 100.000.

Presencia de sustancias venenosas.

Presencia de gérmenes patógenos.

La interpretación de los resultados la debe hacer un especialista teniendo a la vista no sólo el análisis, sino las circunstancias que pueden influir en la calidad, debidas a la situación del pozo.

### TRATAMIENTOS MAS CONVENIENTES

El agua se lleva primero a depósitos de sedimentación donde la materia orgánica y coloidal se va precipitando lentamente; para activar esta operación se usan coagulantes. La capacidad de los depósitos se calcula de modo *que puedan contener el doble del consumo diario corriente*, a fin de que el agua esté en decantación más de veinticuatro horas.

El principal coagulante usado es el hidróxido de aluminio Al(OH)<sub>3</sub>, y el cuerpo más apto para producirlo el sulfato de aluminico, generalmente un sulfato impuro conteniendo algo de hierro que se conoce en el comercio con el nombre de aluminato de hierro, cuerpo que no debe confundirse con el alumbre de hierro, que es más caro, de propiedades muy diferentes y menos eficaz como coagulante. Puede emplearse también el alumbre ordinario de potasio, aunque también es más caro y, a cantidades iguales, produce menos efecto útil que el aluminato indicado.

Cuando el sulfato de alúmina se mezcla con una agua "que contenga cierta proporción de álcalis" se forma un precipitado de constitución gelatinosa, más denso que el agua, que coagula también la materia coloidal en suspensión y arrastra al fondo las impurezas. Además, el hidróxido absorbe cierta porción de materia orgánica del agua y por esto no sólo la aclara, sino que la esteriliza en parte, quitándole olor y sabor.

*La reacción no se verifica más que en presencia de un álcali, por eso es tan importante y frecuente la determinación*



*de la alcalinidad.* Casi todas las aguas contienen bicarbonatos de cal y de magnesia, es decir, son alcalinas aun en presencia de ácidos débiles, como el carbónico y otros orgánicos del suelo, por eso la reacción se produce en la mayoría de los casos; sin embargo, si la alcalinidad, calculada en partes de  $\text{CaCO}_3 \times 100.000$ , es inferior a 12, es indispensable añadir al agua cal o carbonato sódico; pues de no hacerlo, la precipitación es incompleta y la reacción diferida puede enturbiar el agua, aun después del filtrado.

La cantidad de aluminato que debe usarse depende en cada ocasión del grado de enturbiamiento del agua y varía entre límites muy extensos: desde 30 miligramos por litro a 400, si se quiere que sea perfectamente clara y de agradable sabor.

También se emplea como coagulante el hidróxido férrico, siguiendo el sistema Anderson, que consiste en hacer pasar el agua por un cilindro horizontal provisto de paletas y que contiene en su interior granalla o virutas de hierro que en contacto con el agua y parte de aire que se deja (pues no se llena totalmente el cilindro) dan lugar a la formación de hidróxido férrico, cuya acción es enteramente igual a la de la alúmina.

Una vez tratada el agua por el coagulante se deja reposar y el agua aclarada puede bombearse desde luego a los depósitos donde va a efectuarse la esterilización química; no obstante, en la guerra antes de llevar el agua a estos últimos recipientes se la hace pasar a través de filtros rápidos de arena, de los llamados mecánicos o americanos, y en seguida se efectúa la esterilización en los depósitos mismos de suministro, *que ordinariamente se duplican para que mientras en uno se hacen reacciones oxidantes, que exigen cierto tiempo para terminarse, el otro esté en servicio.*

Por el procedimiento de los vasos blancos y el negro, prueba a la que los ingleses llaman "método de Horrock", se determina la cantidad de hipoclorito que debe añadirse al depósito para que quedando una cierta cantidad de cloro libre venga a indicar que la destrucción de bacterias ha sido completa.

*La emulsión de hipoclorito se prepara cada doce horas, pues se descompone fácilmente.* El agua que se despacha para la bebida debe tener próximamente media parte de cloro libre por millón después de tres cuartos de hora de contacto con el



reactivo. Si hubiese de ser conducida por tuberías hay que dejar un mayor exceso de cloro, porque éste es absorbido por los tubos. Dos partes de cloro por millón queda reducida a media parte en un recorrido de un kilómetro de tubería.

Si el cloro libre estuviese en demasía al determinar el "índice" en algún caso, bastará añadir agua sin esterilizar o un anticloro, como el hiposulfito de sodio o el  $\text{SO}_2$ .

El tratamiento explicado es el mejor, el más fácil y el más seguro de cuantos pueden emplearse, y por eso en la guerra "guerra europea" fue casi exclusivamente el que se usó. En muchos casos en vez de cloruro de cal en disolución se usaron los hipocloritos de sodio y potasio (aguas de Labarraque y de Javel) con mejores resultados, por ser aquellas sales más solubles que las de cal.

La esterilización por el gas cloro es ciertamente un buen procedimiento para tiempos de paz, no para campaña, porque la instrucción del personal debe ser muy esmerada, y aun así son frecuentes las averías en los aparatos de dosificación, y algunas veces puede ser difícil la adquisición de cilindros de cloro comprimido.

Las esterilizaciones por el ozono y por medio de los rayos ultravioleta, que desde luego son excelentes, ni son tan sencillas, ni tan rápidas, ni tan baratas, ni de tanto rendimiento y seguridad como las efectuadas con el hipoclorito. Lo mismo hemos de decir del método Houston, por medio de la "cal en exceso", y de otros muchísimos, como los del bisulfito de sodio, sulfato de cobre, permanganato, ácido bórico, carbonato de sodio, etc., más propios de laboratorios y de cantimploras que de instalaciones de relativa importancia, como son muchos "puntos de abasto".

## EJEMPLOS

Dijimos antes que en la gran guerra no se habían envenenado las aguas intencionadamente; pero, en cambio, se cuentan por millares los casos de infección de manantiales y pozos por cuerpos muertos y en descomposición de hombres y animales, y por estiércol, deyecciones y basuras de todas clases. Los yacimientos en este estado pueden utilizarse sin inconveniente limpiándolos primero, desinfectándolos con cloruro de

cal y renovando el agua varias veces hasta que den reacción negativa de lactosa con el caldo de Mac-Conkey. *Aun sin necesidad de esta prueba pueden las aguas suministrarse, siempre que se las someta a la esterilización por el cloro.*

\*\*\*

En la guerra europea, aunque no prodigadas, hubo instalaciones de gran importancia, sobre todo en el frente inglés del Iser, donde había algunas, como la de Haringhe, donde se seguían los procedimientos de sedimentación y filtración propios de las permanentes. En ellas se comprobó lo ventajoso de las presas, que no sólo limpian el agua por decantación, sino que mejoran sus condiciones de potabilidad.

Casos hubo en que se emplearon como depósitos algunas porciones de fosos habilitados a la ligera, es decir, limpiándolos de lo más gordo y dejando las vegetaciones y lodos. Las aguas se ponían verdosas y criaban algas; ambos inconvenientes desaparecían tratándolas con sulfato de cobre (una parte por millón). También se empleó el cloro, si bien con peores resultados desde el punto de vista económico.

\*\*\*

Por mucha previsión que se tenga, son de esperar en campaña circunstancias excepcionales. No debe prescindirse nunca de los depósitos de sedimentación; de otro modo, en caso de concentraciones momentáneas en las que las instalaciones trabajan más de lo que pueden, los filtros se obstruirán y el abasto no podría hacerse en las condiciones deseadas.

\*\*\*

Las aguas distribuidas por tuberías presentan a veces un color rojizo de moho, que se achaca a las suciedades de los tubos; pero se comprueba que aun distrayendo importante causal exclusivamente en el lavado de conducciones, el agua sigue enmoheciéndose. Se evita este fenómeno dejando un exceso de cloro proporcional a la extensión de la red, conforme apuntamos anteriormente.

En las zonas que han sufrido intenso bombardeo, algunos pozos dan indicios de arsénico, debido a la naturaleza de las cargas de las granadas.

## PROCEDIMIENTOS RECOMENDABLES

Al tomar un pueblo evacuado por el enemigo no es raro encontrar algunos pozos que se han escapado de la destrucción general y conviene ponerlos en inmediato servicio, sometiendo sus aguas a "cloración", porque la precipitación natural de las operaciones, las necesidades de las cocinas y aun la sed individual dificultan el establecimiento de la disciplina, los alrededores se encharcan, la extracción se hace con vasijas sucias y las aguas se contaminan por consiguiente. Dos métodos pueden seguirse cuando en el pozo se carece de bombas y se eleva el agua con cubos. Poner una guardia encargada del reparto y dosificación del hipoclorito, o bien someter a esterilización el pozo directamente, comprobando de tiempo en tiempo el índice de cloro y haciendo las correcciones debidas.

Las pequeñas instalaciones y los puntos de abasto principales tienen elementos semejantes; describiremos un equipo muy práctico para instalaciones de 25 a 30 metros cúbicos de suministro diarios.

El equipo se transporta íntegramente en un camión; consta de: dos tanques de lona, desarmables, que pueden montarse sobre caballetes o semienterrados, según convenga; cinco bidones con grifos próximos al fondo, para las lechadas de alumbre, hipoclorito, etc.; dos vertederos de madera de un metro de largo y de sección en V o en U; dos bombas completas, con sus motores o volantes para manejarlas a brazo; aluminato férrico, alumbre, hipoclorito o agua de Javel, caja de reactivos, etc., etc.

A ser posible, los depósitos se colocan de modo que el fondo del uno esté por encima del nivel superior del otro. En el más elevado se hace la sedimentación por el alumbre, que se disuelve en uno de los bidones, reglando la espita de modo que se vaya mezclando con el agua que se hace llegar por un vertedero de madera, encima del cual va cayendo el alumbre disuelto. El agua clarificada se pasa por un tubo en forma de sifón al depósito inferior, donde entra por otro vertedero de

madera en el que, desde otro bidón, el chorro de hipoclorito que convenga, se un modo parecido a como se mezcló el alumbre. Si la alcalinidad del agua, en el comienzo de la operación, fuese menor que 12, se emplea un tercer bidón con lechada de cal que se mezcla con el agua primitiva a la par que el alumbre férrico.

Cuando no se dispone de filtros mecánicos pueden improvisarse tipos ordinarios usando cajas cúbicas o barriles con capas de arena gruesa y gravilla.

Se ha intentado usar aparatos automáticos para la dosificación de hipoclorito, de los que hay muchísimos tipos; pero como se desarreglan a menudo resultan más incómodos que la dosificación directa, que podrá algunas veces no ser tan exacta como con aquéllos, pero es siempre de más confianza.

En cambio, en la esterilización por el cloro gas se usan siempre aparatos automáticos, bien del sistema Paterson (inglés) o del Wallace-Tiernau (americano). Este último sirve para alimentar una canalización de agua con gas cloro a presión constante. El cloro comprimido y en estado líquido se guarda en cilindros de acero, cuya presión interior será función de la temperatura; a 0° es de unos cuatro kilogramos por centímetro cuadrado y a 50° unas 15 atmósferas. Al abrirse la válvula y expansionarse el gas, que es mal conductor del calor, toma el de vaporización de la misma masa líquida, que se enfría produciendo una depresión interna, la densidad aumenta y por tanto el volumen de gas que abandona el cilindro no es proporcional al peso; por esta razón el "clorador" Wallace-Tiernau consta de un compensador que regula la presión en el cilindro y de otra porción de aparatos, tales como contadores de fluido, manómetros, válvulas de retención, difusores, etc., en cuyo detalle no es ocasión de entrar.

En la guerra se ha usado el procedimiento anterior en las estaciones esterilizadoras móviles, montadas generalmente sobre camiones.

Parece a primera vista cosa ventajosísima, especialmente en los avances, llevar autocamiones con instalaciones completas para atender las necesidades de momento; esta suposición es errónea casi siempre. Un camión esterilizador pesa alrededor de ocho toneladas, necesita, por tanto, un buen camino para trasladarse de un punto a otro, estos caminos estarán in-

terrupidos y si el camión se instala para trabajar en las intermediaciones de un puente, las fuerzas que acudan a aprovisionarse dificultarán el tránsito. No puede decirse en absoluto que constituyan una mala solución; lo que sí puede afirmarse es que una instalación hecha sobre el terreno con elementos análogos a los antes descritos, será de funcionamiento más seguro, porque las partes que el fuego enemigo destruya se repondrán inmediatamente con poco gasto, y además se enmascaran y protegen fácilmente; en cambio, un camión es muy vulnerable y un impacto puede inutilizarlo totalmente.

Los camiones esterilizadores constan de bombas, filtros mecánicos, aparatos dosificadores de cloro, cámaras o tanques de contacto y anticloros; para esta última operación se llevan cilindros con  $SO_2$  a presión. Y se construyen instalaciones de gran capacidad enteramente semejantes a éstas sobre barcasas o sobre vagones de ferrocarril.

La instalación de destiladoras no puede jamás considerarse como solución en campos de operaciones; pesan demasiado, cuestan una enormidad y dan escaso rendimiento. Se calculan en tonelada y media el peso de los elementos necesarios para producir 900 litros en veinticuatro horas y el gasto de carbón en una novena parte, en peso, del agua destilada. En los barcos es una solución racional, y la única, con todos sus inconvenientes, en las regiones donde no se encuentran más que aguas saladas.

## CONCLUSION

La higiene es factor esencial en la conservación del hombre en la guerra; para mantenerla hemos de contribuir por nuestra parte resolviendo variadísimos problemas constructivos, mecánicos, geológicos, químicos y eléctricos, no difíciles, pero de naturaleza tal que no admiten titubeos; por ello la instrucción de ésta, como de otras especialidades, debe ser metódica, continuada y minuciosa.



# Esterilización de aguas en campaña

Noviembre 1936

## MÉTODOS PRACTICOS

El proceso depurativo de un agua que haya de servir para bebida consta generalmente de tres partes: sedimentación, filtrado y esterilización.

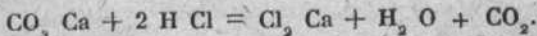
*Sedimentación.*—Se activa por medio de coagulantes, siendo los más empleados los que producen, como los alumbres de potasio y algunos sulfatos de aluminio, hidratos de este último metal, que precipitan en forma gelatinosa siempre que el agua tenga un grado de alcalinidad superior a 12 partes de  $\text{Ca CO}_3$  en 100.000; si fuese inferior, hay que corregirla, añadiéndole cal o carbonato sódico, pues de no hacerlo así la precipitación es incompleta y la reacción diferida puede enturbiar el agua aun después de filtrada.

Al conocimiento de la alcalinidad, en partes de carbonato cálcico por 100 litros de agua, se llega inmediatamente disponiendo de una *disolución alcohólica de indicador metil-naranja* y de un *ácido decinormal*.

El procedimiento es el siguiente:

Se colocan 50 centímetros cúbicos de agua en un vaso ordinario, o mejor, si la operación se efectúa en el campo, en un *vaso de hierro esmaltado de blanco*. Se echa una gota del indicador para teñirla de naranja, y, luego, con la *bureta* se va añadiendo ácido decinormal hasta el momento en que el color se convierta en rojo. El número de centímetros cúbicos de ácido empleado, multiplicado por 10, da la alcalinidad, en partes de  $\text{Ca CO}_3 \times 100.000$ .

La justificación del método puede hacerse en esta forma: El carbonato cálcico y el ácido clorhídrico se neutralizan según la reacción.

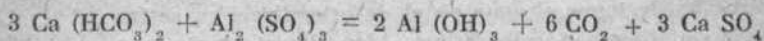




El H. Cl decinormal contiene, por litro 3,6 gramos de H Cl puro; y como, según la reacción precedente, 73 gramos de H Cl neutralizan 100 gramos de  $\text{CO}_3 \text{Ca}$ , un litro del decinormal neutralizará, aproximadamente, 5 gramos de carbonato o, lo que es igual, 1 centímetro cúbico a 0,005 gramos. Supongamos que se han gastado  $n$  centímetros cúbicos del ácido decinormal para cambiar el color de los 50 cms. cúbicos de agua puestos en el vaso; ello indicará que en esta última cantidad existen  $n \times 0,005$  gramos de  $\text{CO}_3 \text{Ca}$ , o, bien, que en 100.000 centímetros cúbicos hay  $n \times 10$  gramos de carbonato.

Una vez comprobado que el grado de alcalinidad es mayor que 12, puede someterse el agua a la acción de coagulantes para clarificarla. Sabido es que la sedimentación mejora las condiciones de potabilidad, pero como en la guerra no hay tiempo, generalmente, de esperar la decantación natural y se encuentran aguas turbias que, si lo son por la arcilla coloidal o muy dividida, tardan semanas y aun meses en aclararse por este método, no hay más remedio que recurrir a otros de mayor eficacia y rapidez.

El mejor coagulante es el hidrato de aluminio  $\text{Al}(\text{OH})_3$  que se forma en las aguas alcalinas cuando se les añade sulfato de alúmina  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , según la reacción probable:



En el comercio se encuentra un sulfato impuro de aluminio conteniendo algo de hierro, conocido con el nombre de *aluminato férrico*, que es el más barato y más eficaz para producir la reacción. Este cuerpo no debe confundirse con el alumbre de hierro que no sólo es más caro, sino que no es apto para ser usado como coagulante. En cuanto al alumbre ordinario, o de potasio, como es de rendimiento inferior al aluminato férrico, se precisa usar mayor cantidad de aquél que de éste para conseguir igual efecto.

El precipitado coloidal de hidrato de aluminio, que es más denso que el agua, efectúa un arrastre mecánico, de las impurezas en suspensión, al fondo del depósito y, además, absorbiendo parte de la materia orgánica hace desaparecer el olor, el color y el sabor que suelen dar al agua ciertos elementos extraños.

La cantidad de aluminato o de alumbre, necesaria para la sedimentación, depende de la calidad y del estado de enturbiamiento del agua, y varía de 30 a 300 miligramos por litro. La reacción no es instantánea y la manera de operar es la siguiente:—

Se efectúan algunos ensayos para determinar la dosificación conveniente de alumbre, partiendo de 100 miligramos por litro, por ejemplo. Conociendo la capacidad del depósito de decantación se calcula el peso preciso del reactivo, el cual se disuelve (pulverizándolo antes en un mortero) en el agua contenida en una cuba o bidón provista de un grifo, cuyo gasto se regula de modo que a medida que vaya llegando el agua en estado natural al depósito, se mezcle con la porción que le corresponda de alumbre, y se mantiene el líquido en movimiento con palas o agitadores de madera mientras dura el llenado. La clarificación exige que el agua se deje después en reposo de doce a veinte horas. Si fuera necesario alcalinizar el agua para la reacción, se procede de un modo análogo, añadiéndole lechada de cal en el conducto de llenado del depósito, pero antes de que se mezcle con la disolución de alumbre.

*Filtrado.*—Si se ha tenido cuidado de instalar el depósito de sedimentación con su fondo a un nivel superior al máximo que ha de tener el agua en el de esterilización, se trae el líquido clarificado a este último, bien directamente por gravedad o sifón, bien, por intermedio de bombas, haciéndole pasar por un filtro rápido de los llamados americanos. Desde luego, en este caso no es necesaria la diferencia de niveles dicha, aunque siempre convenga para asegurar el funcionamiento sin mecanismo alguno.

*Esterilización.*—El método preconizado para el tratamiento en campaña es el de oxidación indirecta por el cloro contenido en el cloruro de cal. La gran afinidad del cloro con el hidrógeno hace que quede oxígeno en libertad y se produzca la esterilización. Se conoce que la reacción se ha verificado totalmente, es decir, que el agua es en absoluto inocua, cuando queda cloro libre en proporción de 1 a 1.000.000, proporción ésta inapreciable al paladar e inofensiva para el consumidor.

Todo queda reducido, pues, a echar el cloruro ya diluido, o sea el hipoclorito, en cantidad suficiente para que exista una

parte de cloro libre por millón. Para tener la certeza de ello, se hace la prueba siguiente.

*Determinación del índice de cloro.*—Los reactivos necesarios son:

a) Una disolución tipo de *tiosulfato de sodio* (hiposulfito) valorada de modo que 1 centímetro cúbico neutralice una parte de cloro libre por millón, cuando se añade a 50 centímetros cúbicos de agua.

b) Una disolución de *ioduro de cinc y almidón*, que se empleará como indicador.

Se colocan 50 centímetros cúbicos del agua tratada en un vaso de hierro esmaltado, el líquido se coloreará de azul con tres gotas del reactivo *b*. Cuando una *pipeta graduada* se añade poco a poco la disolución *a* hasta que desaparezca el color. El número de centímetros cúbicos de tiosulfato gastados, expresará el de partes de cloro libre en un millón. Para mayor seguridad en la operación se añaden una o dos gotas del indicador y se observa si el agua se tiñe de nuevo; en caso afirmativo, se seguirá echando el decolorante hasta la total neutralización.

Un agua que haya estado en contacto con el hipoclorito una hora y acuse en la prueba precedente media parte de cloro por 1.000.000, está perfectamente esterilizada. Si la proporción de cloro fuese excesiva, se añade más agua a la tratada o se usan como anticloros el  $\text{SO}_2$  o el hiposulfito.

Muchas veces, debido a que el agua reacciona con el hipoclorito con desprendimiento de Cl en presencia de la luz solar y a que este halógeno es absorbido por las incrustaciones de las tuberías, conviene, en los depósitos de alimentación, consentir hasta una concentración de seis a siete partes por 1.000.000. Sirva de dato práctico que un agua con dos partes por 1.000.000, conducida por tubería, tiene solo media parte cuando ha recorrido 1 kilómetro.

Habiendo como hay otra causas completamente ajenas al estado bacteriológico del agua, que absorben cloro, la cantidad de hipoclorito necesaria para la esterilización total, no puede servir de medida exacta del grado de contaminación, si bien vale, en muchos casos, para dar una idea aproximada.

Para determinar en cada caso la cantidad de hipoclorito que necesitan 500 litros de agua, por ejemplo, para su depura-

ción, puede operarse así: se llenan seis *vasos de hierro esmaltado de blanco* (se comprende la razón de elegirlos de este material en vez de cristal, ya que son elementos transportables sujetos al mal trato inevitable en campaña) con el agua que se desea esterilizar, hasta unas señales que en su interior marquen una capacidad de 200 centímetros cúbicos. En otro vaso análogo, pero *con esmalte oscuro*, se ponen 250 centímetros cúbicos, en los que se disuelven perfectamente unos 2 gramos de cloruro; esta disolución no hace falta que sea exacta, la concentración puede ser cualquiera, y si ponemos 2 gramos, poco más o menos, es porque conviene mejor para la prueba hecha con vasos de las capacidades señaladas. También puede tenerse preparado el hipoclorito, en cuyo caso no hay más que llenar el vaso oscuro y proceder como a continuación se explica.

Colocados en fila los seis vasos blancos, se llena una *bureta* con la disolución que hay en el séptimo. Y sucesiva y ordenadamente, de izquierda a derecha, se va poniendo en cada uno de aquéllos 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 y 0,6 centímetros cúbicos.

Se agitan los vasos con unas varillas de cristal, que desde el principio de la operación se dejan en cada recipiente y en seguida se echan en ellos tres gotas del conocido indicador: *ioduro de cinc y almidón*. Al cabo de un minuto, de nueva agitación, quedarán algunos vasos teñidos de azul, y sea el primero de la izquierda de éstos el que ocupa, *verbi gratia*, el cuarto lugar, o sea aquél en donde se añadieron 0,4 centímetros cúbicos de hipoclorito. Esto quiere decir que a los 500 litros debe echárseles, por lo menos, cuatro vasos de hipoclorito de la misma concentración y cabida que la del *vaso oscuro* utilizado. La razón es fácil, 250 centímetros cúbicos están con 500 litros en igual relación que 0,1 con 200.

Hemos dicho "por lo menos", porque después de media hora de haber añadido el antiséptico deben observarse los vasos, y si el color ha desaparecido de los que ocupan los lugares 4.º y 5.º, pero no del 6.º, habrá que añadir dos medidas más a los 500 litros (o cada 500 litros si el agua en tratamiento es de capacidad superior a aquella cifra). Se da por terminada la esterilización cuando persista el color en los mismos vasos media hora como mínimo.

El primer vaso que se tiñe de azul con el indicador tendrá

alrededor de una parte de cloro por 1.000.000, cosa que se comprobará del modo antes explicado.

Pudiera suceder, aunque no es frecuente, que ninguno de los seis vasos se tiñera y entonces se empieza de nuevo la operación, cambiando el agua y echando en el vaso de la izquierda 0,7 centímetros cúbicos y, sucesivamente, 0,8, 0,9, etc.

También pueden dejarse los vasos con el agua que tenían, añadiéndoles a cada uno 0,6 centímetros cúbicos.

Las disoluciones de hipocloritos de sodio (agua de Labarraque) y de potasio (agua de Javel) se usan con igual fin y de un modo análogo a la de hipoclorito cálcico, con ventajas sobre ésta por ser más solubles las sales de aquellos álcalis.

El tratamiento esterilizador expuesto es aplicable a los pozos, verificando con frecuencia durante el consumo, el índice de modo que se mantenga la proporción de una parte por millón indicada, y es, indudablemente, el método que por su sencillez y poco coste conviene a las instalaciones de campaña, donde los "puntos de abasto" de 50 metros cúbicos, término medio, de suministro diario, son muy corrientes.

*Otros métodos.*—También se ha usado en la guerra como coagulante el hidrato férrico empleando la disposición de Anderson, que consiste en hacer pasar el agua por un cilindro horizontal de palastro provisto de paletas curvas en su interior; estas paletas, haciendo girar el cilindro, remueven la grana, limadura y recorte de hierro, que de antemano se ha colocado en el tambor, obligándolas a atravesar la masa de agua, que no llena totalmente el cilindro. Al cabo de cuatro minutos de agitación, el agua, emulsionada con el aire, disuelve de 1,5 a 3 miligramos de hierro por litro, formándose hidrato férrico, que actúa de un modo igual al explicado para el de aluminio.

Los agentes esterilizadores pueden ser de origen y composición muy heterogénea. Se usan los rayos ultravioleta, el ozono, la ebullición, y otros cuyo fundamento es el empleo de un oxidante y un reductor. Todos estos procedimientos no son en general apropiados para la guerra, unos porque exigen instalaciones complejas, y otros porque no sirven para tratar grandes cantidades de agua por su elevado precio.

Además del bisulfato sódico, del sulfato de cobre, del pe-



róxido de hidrógeno, del permanganato potásico y otros cuerpos, existen combinaciones que se designan con nombres especiales: una de estas es el Eusol, que se compone de a) una disolución de 6 onzas de ácido bórico en 10 litros de agua, y b), una lechada de hipoclorito con 1,3 a 1,5 por 100 de índice de cloro; mezclando una parte de b) con dos de a) se obtiene el líquido esterilizador.

Otro antiséptico muy corriente es la disolución de Dankin, que sólo se diferencia del Eusol en que el líquido a) se prepara disolviendo 4,4 onzas de carbonato sódico anhidro en 10 litros de agua.

Modernamente y como hipocloritos, ricos en cloro activo, son recomendables los productos industriales conocidos por los nombres de "Caporit Bayer" y "Clorina Heyden", de composiciones químicas muy homogéneas y estables.

En la guerra europea se temió siempre al envenenamiento de aguas y hasta se hizo uso de este argumento contra el Ejército alemán, achacándole tan inhumanitario proceder; sin embargo, los ingleses en sus obras de la post-guerra desmienten rotundamente la difamación, asegurando que a pesar de la confianza, ningún caso les hubiese cogido desprevenidos. Es muy interesante conocer los métodos que siguieron para los reconocimientos toxicológicos de las aguas que se presumían envenenadas, y esto nos hará escribir otro artículo, en el que tendrán cabida los medios químicos utilizados para corregir la dureza tanto de las destinadas al lavado de ropa en los parques de Intendencia, como de las que se emplean para alimentar las calderas de las máquinas de vapor.

# Tratamiento de las aguas envenenadas en campaña

(Enero 1927)

Quizá, teniendo por base el egoísmo y no, como suele creerse, los miramientos humanitarios, lleguen a un acuerdo tácito los beligerantes de las guerras venideras y, como sucedió en la última, no se encuentren casos de envenenamiento intencionado de las aguas. No obstante, la desconfianza, que tan importante papel desempeña en las luchas de todas clases, adelantándose a los posibles quebrantamientos de la costumbre, tiene previstos y experimentados métodos neutralizantes.

Lo mejor en presencia de un manantial envenenado, es desecharlo como impropio y peligroso para la bebida; pero podrá suceder que, por necesidad, haya que utilizarlo y entonces tendrán aplicación los citados procedimientos.

Tratándose de venenos comunes, la experiencia confirma la exactitud de los análisis y correcciones que vamos a exponer, con la única excepción de un caso difícil, cual es la neutralización de los compuestos orgánicos del arsénico, de estructura compleja, que integran las cargas de algunas granadas rompedoras.

*Análisis.*—El laboratorio portátil de pruebas estará constituido por los siguientes reactivos y medios auxiliares:

Acido clorhídrico.

Sosa cáustica al 0,5 por 100.

Sulfato ferroso al 25 por 100.

Sulfuro de sodio al 20 por 100.

Granalla de cinc (libre de arsénico).

Tubos de ensayo, cápsulas, lámparas de alcohol, corchos, etc.

Toda investigación química debe ser precedida, cuando sea posible, de un ensayo biológico que consiste en notar los efectos del agua en algunos pececillos que al objeto se echan en ella. El análisis se hace en el orden que vamos a exponer:

Con el agua sospechosa se llena, hasta la mitad, un tubo de ensayo y se le añade sulfuro de sodio en cantidad tal que aumente el nivel en un centímetro de altura. Si el líquido toma un color achocolatado, es que el agua contiene alguno de los metales: plomo, cobre o mercurio; para que no quepa duda se echa en el tubo ácido clorhídrico (un dedo aproximadamente) y el color subsistirá o se tornará en negro.

Si al verter el sulfuro el tubo se colora de amarillo canario, de aspecto lechoso, nos hallamos en presencia de arsénico. A fin de hacer una comprobación, se pone granalla de cinc en otro tubo, echándole (hasta una altura de 3 centímetros del fondo) ácido clorhídrico y una cantidad igual del agua en análisis; se tapa dejando que se desprenda gas por un tubito que atraviesa el tapón; con la lámpara se prende el gas, aproximando a la llama de éste una cápsula de porcelana blanca. Si en la cápsula queda una mancha negra insoluble en HCl, hay seguramente arsénico.

Para que esta prueba no conduzca a resultados erróneos es necesario que la granalla no contenga arsénico, lo que puede verse procediendo del modo dicho; pero antes de añadir agua al ácido y al cinc.

Los cianuros se ponen de manifiesto muy sencillamente también. Lleno hasta su mitad un tubo de ensayo con el agua, se le incorpora un poco de la disolución de sosa cáustica y se hierve la mezcla; añadiendo cinco gotas de sulfato ferroso se pondrá de un color azul si existen cianuros. El color aumenta de intensidad a medida que el líquido va enfriándose.

Todos los análisis deben repetirse una vez cuando menos, para declarar un agua exenta de los venenos considerados.

No merece la pena, ni es nuestro objeto, entrar en la justificación de las reacciones explicadas, que pueden encontrarse en cualquier manual de química; lo que pretendemos es hacer resaltar la facilidad con que se ejecutan estas experiencias.

*Correcciones.*—Caso de cobre, plomo, mercurio o cinc.

Se hacen desaparecer los metales empleando el alumbre como coagulante y tratando el agua así clarificada con el sulfuro de sodio; éste precipita aquéllos como sulfuros, y su eliminación se efectúa, mecánicamente, mediante un filtro de virutas de madera comprimidas.

Las cantidades precisas de reactivos para 1.000 litros de

agua son: 25 gramos de alumbre y los indicados en la tabla siguiente de sulfuro (disolución al 7 por 100), en el supuesto de que el agua contenga *un gramo por litro* de las sales cuyas fórmulas encabezan cada columna.

SALES	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	$\text{HgCl}_2$	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Gramos de $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ por metro cúbico. . . . .	950	720	880	860

Si quedase sulfuro en exceso se eliminará por oxidación al someter el agua, luego, a la acción exterilizadora del hipoclorito cálcico como se hace sistemáticamente (1).

*Caso de arsénico.*—El arsénico se convierte primero en arseniato de sosa por medio del cloruro de cal en exceso, precipitándolo después como arseniato básico de hierro con el alumbre de este último metal. Si el agua contuviese más de 0,1 gramo, por litro, de arsénico (expresado en  $\text{As}_2\text{O}_3$ ), habrá que añadirle sosa cáustica.

Las cantidades de reactivos para 1.000 litros de agua se consignan en las tablas siguientes, para diversos grados de envenenamiento, calculados en gramos de  $\text{As}_2\text{O}_3$  por litro.

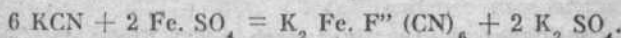
$\text{As}_2\text{O}_3$ en gramos por litro	Cloruro de cal Gs. $\times m^3$	NaOH — Gs. $\times m^3$	Alumbre de hierro Gs. $\times m^3$	OBSERVACIONES
0,02	70	Ninguna	320	El cloruro de cal se supone que contiene 25 por 100 de Cl útil
0,05	160	"	700	
0,10	310	"	900	
0,15	480	375	1.400	
0,20	620	500	1.800	
0,3	920	750	2.700	
0,4	1.230	1.000	3.500	
0,5	1.540	1.250	4.300	

(1) Véase nuestro anterior artículo

Si el arsénico está oxidado por algún tratamiento anterior del agua, los reactivos serán:

As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> en gramos por litro	Alambre de Fe Gs. X m. <sup>3</sup>	Na OH. Gs. X m. <sup>3</sup>
0.02 a 0,1	1.175	125
0,15	1.750	190
0,2	2.350	250
0,3	3.500	375
0,4	4.675	500
0,5	5.850	625

*Cianuros.*—Se precipitan en forma de ferrocianuros potásicos ferrosos en disolución alcalina de Na OH. La reacción es



El sulfato ferroso se añade en exceso, para reaccionar con el álcali, mientras el precipitado contenga hidrato férrico. Si el Na OH es excesivo, el precipitado es de color amarillo, por contener ferrocianuro potásico.

Los gramos de Fe. SO<sub>4</sub>. 7 H<sub>2</sub>O que han de usarse para tratar 1.000 litros de agua en varios grados de envenenamiento, figuran en la tabla que sigue:

KCN en grs. por litro	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Fe SO <sub>4</sub> . 7 H <sub>2</sub> O en gramos por m. cúbico.	580	600	670	800	1.050	1.300	1.250	1.740

*Observación:* A cada metro cúbico de agua se le añaden 225 gramos de Na OH antes de emplear el Fe SO<sub>4</sub>.

*Hierro y manganeso.*—En el agua, el hierro se presenta comúnmente en forma de compuestos ferrosos. Para eliminarlos



se siguen tratamientos oxidantes, siendo los más sencillos el empleo de hipoclorito cálcico o el del cloro gas. Se logra así formar un precipitado de hidrato férrico que actúa como coagulante. El manganeso se hace desaparecer de igual manera.

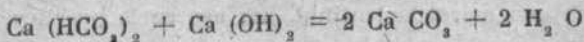
Entre los análisis rápidos analíticos explicados al principio y las correcciones que acabamos de exponer, están los ensayos cuantitativos, que se ejecutan por los métodos ordinarios en los laboratorios de campaña, y son imprescindibles para la debida aplicación de las tablas consignadas.

### CORRECCION DEL GRADO DE DUREZA

Es raro el caso de tener que corregir el grado hidrotrímétrico de las aguas destinadas a la bebida. Las sales de calcio y de magnesio, que las hacen duras, no son en general perjudiciales para el organismo, a menos que la proporción en que entren sea exagerada; en cuanto a las de sodio pueden hallarse en proporciones mucho mayores, sin afectar por eso a la salud de las tropas; los carbonatos, sulfatos, y cloruros de este metal, que dan sabor salado al agua convirtiéndola en purgante en frecuentes ocasiones, no se eliminan más que por destilación. En cambio, el grado de dureza debido a las de calcio y magnesio, es posible disminuirlo por tratamientos químicos y convendrá aplicárselos a las que se destinan al lavado de ropa, por economía en el consumo de jabón, y a las usadas en las calderas de vapor, para evitar incrustaciones peligrosas.

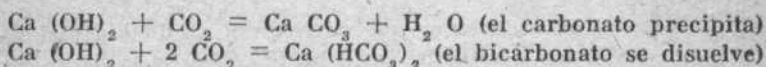
*Corrección por el exceso de cal.*—Este método es al mismo tiempo esterilizador con tal que el exceso de Ca O sea, cuando menos, de 0,007 por 100 y se deje el agua en contacto con el reactivo de 5 a 20 horas. (0,007 por 100 de Ca O equivalen en la escala hidrotrímica a 12,5 partes de Ca CO<sub>3</sub> en 100.000).

Lo que se hace desaparecer con la cal son los bicarbonatos de calcio y de magnesio que se convierten en carbonatos insolubles, los cuales serán fácilmente separados por sedimentación y filtrado. En una palabra, lo que se corrige es la dureza *temporal*, es decir, la que también se anula por la ebullición. La reacción será:



Si se pretende utilizar el agua para la bebida no debe dejarse cal viva libre después del periodo de contacto. La eliminación se hace aireándola, para que en presencia del  $\text{CO}_2$  se formen bicarbonatos solubles, o sometiéndola directamente a la acción de este gas, procedente, por ejemplo, de hornos de cok, lavándolo antes.

También podrá conseguirse el fin propuesto mezclando con el agua tratada otra agua natural de dureza apropiada: el exceso de cal reacciona entonces con los bicarbonatos de la última, según la ecuación anterior. Los efectos del  $\text{CO}_2$  pueden expresarse por las que siguen:



Es evidente que mientras mayor sea el grado de dureza temporal del agua añadida, menos cantidad de ella entrará en la mezcla para conseguir una dureza determinada.

Si además se pretende esterilizar el agua corregida, es recomendable el modo de operar que sigue, debido a Houston:

1.º Se añade Ca O en cantidad suficiente para que, después de las reacciones, quede un exceso de 0,007 por 100.

2.º El agua que se va a mezclar con la anterior se esteriliza por el cloro o el ozono.

3.º Se mezclan en seguida, eliminando el carbonato inerte por filtración rápida.

En general, las dosis bactericidas de Ca O varían de 1 por 5.000 en aguas muy duras a 1 por 50.000

El método expuesto, no sólo es económico, sino que, no introduciendo substancias ajenas a la composición natural del agua, es inofensivo.

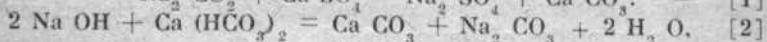
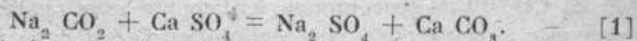
De los elementos integrantes de la dureza temporal, acabamos de ver que el carbonato cálcico precipita casi totalmente; pero no sucede lo mismo con el de magnesio, a menos de que, empleándose un exceso de cal, se forme el hidróxido correspondiente; ello, exigiría un tratamiento ulterior enérgico por el  $\text{CO}_2$ .

Los precipitados a que dan lugar los sistemas expuestos se depositan con marcada lentitud, por eso en la práctica, en vez

de esperar la sedimentación natural, se hace pasar el agua por filtros de lienzos.

La cal que se use debe ser de buena calidad y se combina con el agua preparando con anticipación la lechada, la que conviene guardar, en lo posible, al abrigo del aire.

*Dureza permanente.*—Se corrige con el hidróxido de sodio (sosa cáustica) o por medio del carbonato sódico, según las reacciones:



De la ecuación [2] se deduce que si la sosa cáustica se añade en cantidad que equivalga a la dureza permanente, el carbonato sódico formado eliminará (ecuación [1]) un tanto de dureza temporal equivalente a la permanente, luego para llevar más adelante la corrección habrá que emplear la cal precisa para anular los grados de diferencia entre las durezas temporal y permanente. En el caso en que la temporal es menor que la permanente, se corrige ésta con el carbonato y aquella con la cal.

La eliminación de las sales de magnesio se dificulta por su solubilidad extremada (1 en 2.500), a menos de que se precipiten, como dijimos antes, en forma de hidratos por el exceso de cal; pero tal artificio aumenta la proporción de cloruros y sulfato de cal, ambos muy perjudiciales en las calderas. Usando el fosfato sódico  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (Tripsa) y un fluoruro doble de composición  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{F} \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  se precipitan casi totalmente las sales magnésicas como fosfatos y fluoruros.

*La permutita de sodio.*—Se le da este nombre a un silicato doble de sodio y aluminio  $[\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}]$  formado por fusión de feldespato, kaolín y carbonato sódico hidratado; y este compuesto, en el que el sodio puede ser fácilmente reemplazado por la cal, el magnesio y otras bases, constituye un reactivo precioso para corregir la dureza de las aguas.

El reactivo se regenera de un modo sencillo y económico, y a esta propiedad debe su nombre de "permutita".

Para tratar el agua se la obliga a pasar por un cilindro agudereado, donde se coloca la permutita de sodio granulada. Las

sales de cal y de magnesio convierten al reactivo en permutita de estas bases y en el agua quedan sales de sodio.

La permutita se regenera dejándola durante la noche en contacto con una disolución de sal común al 10 por 100, con lo que, a la mañana siguiente, la cal y el magnesio se encuentran en el líquido en forma de cloruros, y la permutita es, otra vez, permutita de sodio, que sirve para trabajar de nuevo en la corrección de dureza del agua, la cual se hace pasar a través de ella a razón de 3 ó 4 metros cúbicos por hora.

El  $\text{CO}_2$  libre descompone lentamente este reactivo y suele, por esto, protegersele cubriéndolo con una capa de mármol molido o de piedra caliza machacada.

## Resumen de Instrucciones operatorias de carácter práctico para Esterilización de aguas en campaña, por el Hipoclorito cálcico. (Nombre comercial: Cloruro de cal)

### SINTESIS DEL PROCESO

La depuración del agua que haya de servir para bebida de la tropa exige generalmente tres operaciones. Son éstas:

#### SEDIMENTACIÓN, FILTRADO Y ESTERILIZACIÓN

*Sedimentación.*—La sedimentación mejora siempre las condiciones de potabilidad del agua; pero en la guerra no se dispone, muchas veces, de tiempo ni elementos para hacer una decantación natural, que en aguas enturbiadas por arcilla muy dividida, o coloidad, tarda semanas y aún meses en verificarse. Por eso es forzoso recurrir a procedimientos químicos que activen la clarificación. Como medios más elementales, económicos y sencillos, se emplean los alumbres de potasio y otros comerciales, que son sulfatos impuros de aluminio y hierro. Estos aluminatos producen al diluirse en el agua (en proporción variable, según el grado de enturbiamiento) un precipitado coloidal de hidrato de aluminio más denso que el agua, el cual efectúa un arrastre mecánico de las impurezas en suspensión hacia el fondo del depósito y, que absorbiendo parte de la materia orgánica, hace desaparecer el olor, color y sabor que suelen dar al agua algunos elementos extraños.

La dosificación de alumbre varía de 30 a 300 miligramos por litro del agua a tratar. Se tantea partiendo de 100 miligramos por litro. El alumbre pulverizado en un mortero, se diluye previamente en un recipiente auxiliar, cubo, bidón, etc., y este líquido se echa en el depósito de decantación, removiendo entre tanto el agua, para activar la mezcla, con agitadores o palas de madera.



La clarificación debe verificarse dejando la masa de agua en reposo de 12 a 20 horas. Esta duración da una norma para ver si conviene modificar las dosis de alumbre en más o menos.

La reacción precedente exige, para que se produzca el precipitado, que el agua tenga un grado mínimo de alcalinidad. La mayoría de las aguas lo tienen y si no se hace una corrección previa con lechada de cal. Lo mismo esta operación que la de determinar el grado de alcalinidad, son sumamente elementales y se detallan en los artículos precedentes.

*Filtración.*—El depósito o recipiente en que se haga la sedimentación conviene situarlo, con respecto al que se destina al agua filtrada, de modo que el fondo del primero quede a un nivel ligeramente superior al máximo que haya de alcanzar el agua en el segundo.

El trasvase de uno al otro se hace por sifón o por bomba, pasando el agua por un filtro, bien de los llamados americanos, de tipo rápido, por medio de bomba; bien por gravedad improvisándolos con grava, arena, carbón y hasta con lienzos hervidos, de modo que no lleguen al depósito de esterilización los ligeros grumos de hidrato de aluminio que suelen quedar en flotación. En cuanto a los sedimentos del fondo se evacuan, por un orificio bajo, a la *canalización de aguas sobrantes que debe siempre estabecerse, para evitar encharcamientos alrededor de los puntos de abasto.*

*Esterilización.*—El método preconizado en estos apuntes para el tratamiento en campaña es el de oxidación indirecta de las bacterias por medio del cloro contenido en el cloruro de cal. La gran afinidad del cloro con el hidrógeno hace que en la masa de agua quede oxígeno en libertad y se produzca la esterilización. Se conoce que la reacción se ha verificado totalmente, es decir, que el agua es en absoluto inocua cuando queda cloro libre en proporción de 1 a 1.000.000, proporción esta inapreciable al paladar, inofensiva para el consumidor y comprobable por un fácil medio químico.

Todo queda reducido, pues, a echar el cloruro ya diluido, o sea el hipoclorito en cantidad suficiente hasta que exista una parte de cloro libre por millón. Para conocer cuánto hipoclorito debe echarse, se procede del modo que sigue, que para mayor claridad aplicaremos a un caso concreto:

*Ejemplo:* Supongamos que se quieren esterilizar después de filtrados 500 litros de agua contenidos en un depósito.

En un cubo o barreño esmaltado se hace una disolución arbitraria de hipoclorito; no importa la concentración. (La práctica indicará, en varias manipulaciones, cuál será más conveniente.) Se deja sentar y no se remueve entre tanto se procede a las operaciones que luego se detallan.

El laboratorio rudimentario para las pruebas que siguen, lo constituyen:

6 vasos de hierro esmaltado en blanco.

1 jarrillo de hierro esmaltado en otro color.

10 varillas de oristal, que se usarán como agitadores.

1 Bureta de 5 ó 10 centímetros cúbicos, graduada en décimas de centímetro.

1 frasco con disolución ioduro de cinc y almidón, que se usa como indicador de la presencia de cloro.

1 cuenta gotas.

Mas los elementos auxiliares que la manipulación aconseje.

A los 6 vasos blancos se les pone interiormente una señal para la cábida de 200 centímetros cúbicos.

Al jarro de color otra indicación para 250 centímetros cúbicos (un cuarto de litro).

#### MODO DE OPERAR

a) Se enjuagan los vasos y varillas.

b) Se llenan los 6 vasos blancos con el agua que se quiere esterilizar hasta envasar con la señal de los 200 centímetros cúbicos.

c) Se llena el jarro de color con la disolución de hipoclorito, preparada en el barreño.

d) Se llena la bureta con hipoclorito del contenido en el jarro anterior.

e) Dispuestos los vasos blancos en fila se van echando con la bureta:

Una décima de  $\text{cm}^3$  en el primer vaso.

Dos décimas de idem en el segundo.

Tres décimas de idem en el tercero y así sucesivamente, hasta el sexto. Se remueve cada uno con su varilla.

Se llena el cuenta gotas con indicador de ioduro de almidón, se echan tres gotas en cada vaso blanco y se agitan nuevamente.

Si alguno de los intermedios se colorea de azul se da por terminada esta operación; si no es así, es que el hipoclorito del jarro de color está poco concentrado; *pero no se modifica* y se sigue operando, llenando de nuevo la bureta y repitiendo en los vasos blancos, *tal y como están*, la operación del apartado e), si bien poniendo en todos seis décimas de centímetro cúbico; con lo que en el primero se habrán puesto, en total, 7 décimas, en el segundo 8 décimas y en el tercero 9, etc.

Y sin añadir más indicador.

Si al efectuar la operación de poner el almidón iodado se colorea de azul el vaso primero en el primer ensayo, esto indicaría que la concentración del hipoclorito preparado en el barreño es excesiva y entonces hay que diluirlo previamente, dejándolo decantar y repitiendo por entero el proceso indicado.

En todo caso, el ensayo termina en cuanto en uno o varios vasos blancos queda el agua coloreada de azul y el color persiste durante media hora. El primer vaso que se tiñe tenuemente, indica que existe en él una parte libre de cloro por millón de partes de agua. Condición exigida para la total esterilización.

f) Si el primer vaso coloreado es uno en que, por ejemplo, se echaron 4 décimas de  $\text{cm.}^3$  de hipoclorito, quiere esto decir que en el depósito de los 500 litros hay que echar cuatro medidas de hipoclorito de cuarto litro. Operación que se hace con el jarro de color, que lleva la indicación correspondiente.

En una palabra. En cada caso se echarán en el Depósito de 500 litros tantos jarrillos de hipoclorito preparado, como décimas de centímetros cúbicos se hayan puesto en el primer vaso que persiste con agua ligeramente azulada.

*Observación.*—Tomando como término de comparación el depósito de 500 litros del ejemplo precedente, cuando la capacidad fuese otra no hay más que modificar, proporcionalmente, la dosis de hipoclorito, que debe echarse así:

Para 1.000 litros, doble número de jarros que para 500.

Para 100 litros, la quinta parte del contenido del número de jarros que correspondan a los 500 litros, etc.

Después de echar el hipoclorito se removerá la masa de agua con paletas de madera, perfectamente lavadas.



