

## TEMAS DE INGENIERIA SANITARIA

### Desinfección y desinfectantes en el tratamiento de aguas

501

(Colaboración para "DYNA")

Por el Ingo. Civil *Rodrigo RESTREPO LONDOÑO*

**Generalidades.** En nuestro medio, el campo de los desinfectantes es uno de los que permanecen sin estudiarse: el ingeniero, quien proyecta los sistemas de abastecimiento y tratamiento de aguas, no tiene interés en adentrarse en campos que para él son desconocidos y para lo cual necesita estudio de una ciencia ajena y el médico, está casi por completo despreocupado de investigar este campo, y sólo lo hace cuando resulta una epidemia de características serias. Las profesiones intermedias, cuales son las de Ingeniero Sanitario, de Médico Higienista y de Bacteriólogo y que podrían dedicarse con más propiedad al asunto, apenas están empezando entre nosotros.

Para determinar los desinfectantes y sus dosis necesarias en la producción de un agua bacteriológicamente pura, se necesita el concurso y acercamiento de Médicos e Ingenieros. Son éstos dos elementos sociales, quienes tienen a su cargo el fijar normas respecto a la protección de la comunidad, y evitar la propagación de enfermedades transmitidas por el agua.

Uno de los puntos más importantes para determinar en este campo, es el de la relación entre el organismo usado como índice de contaminación, (generalmente el **Escherichia Coli**) y el organismo patógeno que se quiere controlar (Tifoide, Antrax, Disentería, Cólera, etc...). Porque es menester saber que el **Escherichia Coli** en sí no es patógeno (producto de enfermedades), pero como se encuentra en el organismo animal en cantidades apreciables y se expelle con las heces y orina, su número da idea de la contaminación a que está sometida la fuente que se analiza. Así por ejemplo, (sea éste un caso ficticio), si se determina que existe un organismo **Tifoide** por cada un millón de **Coliformes** en 1000 cc. de agua, toda agua que contenga 1 millón de **Coliformes** por 1000 cc., debe rechazarse.

La cuestión no es tan simple como se acaba de expresar, pues salta a la vista que el hecho de ingerir un organismo **Tifoide**, no significa que el individuo contraerá tifoidea indefectiblemente.

Existe por ejemplo el factor **probabilidad**; hay que determinar qué probabilidad de contraer la enfermedad tiene el individuo que ingiera un organismo **Tifoide**. Sin embargo, el ejemplo aclara lo que se quiere expresar: se usa el grupo **Coliforme**, (compuesto por los géneros **Escherichia** y **Aerobacteria**) para determinar la contaminación de una fuente de agua, porque su existencia y número guardan una **relación** más o menos definida con los organismos patógenos que pueda haber en ella, y no porque los **Coliformes** sean patógenos en sí.

Esta relación es la que debe determinarse para cada medio. Actualmente usamos las normas norteamericanas al respecto, las cuales establecen para agua potable, no más de 1 **Coliforme** por 100 cc.; sin embargo, entre nosotros podría no necesitarse una norma tan estrecha, o quizá una más estrecha aún. La causa, por ejemplo, puede ser la existencia de fuentes más impropias para el desarrollo del **Tifoide**, la mayor resistencia de nuestros organismos a esta bacteria, o la mayor proporción de **Tifoide** por cada **Coliforme** en nuestro medio.

La efectividad de todo desinfectante se expresa en función del organismo índice, generalmente como el porcentaje de exterminación, o bien como el porcentaje de organismos sobrevivientes, en un tiempo y con una concentración determinados. Para una concentración constante del desinfectante y un tiempo variable, se

obtiene una curva logarítmica de la forma  $\frac{N}{N_0} = e^{-Kt}$ , conocida

como la Ley de Chick, la cual dibujada en papel semi-logarítmico, con los cuadrados de los tiempos en la escala aritmética, dá una línea recta. (Ver Fig. N° 1). En esta fórmula:

N = número de organismos sobreviviente después de un tiempo t.

N<sub>0</sub> = número de organismos inicial.

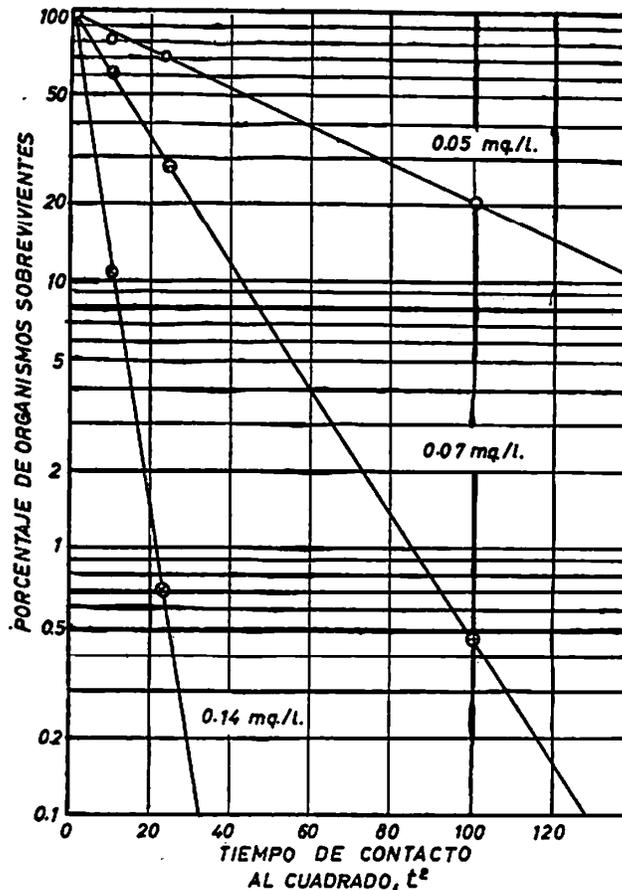
e = base de los logaritmos neperianos = 2.718.

K = constante que depende del tipo de organismo, medio en que se actúa y otros factores.

t = tiempo de contacto, entre el desinfectante y el organismo que se quiere destruir.

**Desinfección y otros conceptos relacionados.** Desinfección, como la palabra lo indica, significa la remoción de los organismos capaces de causar infección (1); su significado no envuelve el que todos los organismos presentes sean muertos.

**Esterilización.** Ocurre cuando son muertos todos los organismos vivientes en un medio.



(Fig. 1), RATA DE EXTERMINACION DE ORGANISMOS PATOGENOS—LEY DE CHICK

**Bactericida.** Es toda sustancia que mata las bacterias presentes en un medio.

**Antiséptico.** Es toda sustancia que inhibe o mata los organismos presentes en un medio, especialmente en contacto con el cuerpo.

**Agente Bacteriostático.** Es aquél compuesto o elemento que impide el desarrollo o reproducción de las bacterias.

Entre estos diversos conceptos, es interesante hacer la distinción entre un agente bactericida y un agente bacteriostático; el primero mata el organismo de la bacteria sin que sea posible la reversión del proceso; el segundo, o agente bacteriostático, inhibe el organismo bacterial, bien en su desarrollo o bien en su reproducción, pero éste siempre puede volver a su estado primitivo, una vez eliminado el agente. Muchas veces los efectos son semejantes y en algunos casos pueden usarse indistintamente, sin embargo hay casos en los que el uso del uno por el otro puede ser fatal. Ejemplo de esto lo tenemos cuando el organismo patógeno, permanece en el cuerpo humano (o animal) tiempo suficiente para que el efecto

bacteriostático se pase; entonces al recobrar su poder de desarrollo y multiplicación puede dar origen a la enfermedad.

La distinción entre estos dos conceptos es a veces difícil, pues un mismo compuesto puede ser bactericida o bacteriostático, según su concentración. Y aún más, puede un compuesto bactericida llegar a ser benéfico para un organismo patógeno en concentraciones reducidas.

Los conceptos de antiséptico y bactericida son a veces tomados como sinónimos, y en realidad su diferencia no está muy bien marcada. Un antiséptico puede ser un bactericida o un agente bacteriostático, siempre que su acción se refiera a la eliminación de organismos en contacto con el cuerpo.

**Mecanismo de la desinfección.** Las células de los organismos patógenos, como todas las células de organismos vivientes, constan de membrana, protoplasma y núcleo. Cuando el agente desinfectante entra en contacto con la membrana, trata de penetrarla, pues ésta es semipermeable, y una vez en contacto con el protoplasma puede actuar de dos maneras: primero, produciendo un cambio físico-químico sobre el protoplasma mismo, por ejemplo cambiando su estado coloidal por coagulación de él, y segundo, produciendo un cambio de las enzimas necesarias a la vida, y reproducción de la célula.

Pero este modo de acción no es general para todos los desinfectantes; hay algunos como los rayos X y el fenol diluido, cuya mecánica desinfectante se conoce con certeza.

Hay otros desinfectantes que obran por disolución o descomposición de la célula destruyéndola por completo, ejemplo de éstos son los ácidos y bases concentrados.

Existen medios de desinfección, tales como la filtración, la sedimentación simple, la floculación y otros, los cuales no actúan directamente sobre las células de los organismos patógenos, sino que por medio de un simple fenómeno físico, la gravedad u otros, eliminan del agua gran cantidad de organismos dañinos. En realidad, estos medios de desinfección puramente mecánicos, efectúan el mayor trabajo en la purificación bacteriológica de las aguas potables, su eficiencia está cercana al 90% y aún más. Sin embargo, en esta etapa de la purificación de aguas no se puede aceptar una eficiencia como factor único para la escogencia de un tratamiento. Porque se corre el riesgo de que el pequeño porcentaje de bacterias que no se elimina, sea un alto contenido bacteriológico por unidad de volumen.

Con un ejemplo aclararemos el concepto anterior. Se tiene una agua sin tratar, la cual contiene 10.000 **Coliformes** por 100 cc.;

supongamos que se tiene un tratamiento cuya eficiencia es del 95 %, aplicarlo a la determinada agua, quedará un remanente de 5 % de **Coliformes** o sea 500 **Coliformes** por 100 cc., lo cual es un contenido bastante alto y haría inaceptable el agua tratada por este único proceso. En cambio si el agua sin tratamiento contiene sólo 20 **Coliformes** por 100 cc., al aplicar el mismo proceso, saldrá un agua con 1 **Coliforme** por 100 cc., la cual ya es aceptable. Interesa, pues, en este punto, la **concentración** de organismos más que la alta eficiencia del tratamiento; sin olvidar por esto, que los tratamientos más eficientes acortan el trabajo y deben preferirse dentro de lo económico, pero no son aceptables sin cumplir otros requisitos.

Estos medios de purificación a que hacemos referencia en el párrafo anterior, reciben el nombre de **tratamientos primarios** en un proceso completo de tratamiento. Y los agentes propiamente llamados desinfectantes, son los que completan el tratamiento con el fin de obtener un agua bacteriológicamente potable.

**Medios de Desinfección.** Según se desprende de su modo de actuar, pueden dividirse los desinfectantes en dos grandes grupos: 1 - Desinfectantes que actúan por fenómenos físicos, y 2 - Desinfectantes químicos. Entre estos dos tipos puede haber combinaciones, como ocurre en la floculación, donde, por el fenómeno físico-químico de la coagulación, los organismos patógenos y demás cuerpos en suspensión son englobados en coágulos o grumos y luego por medio de la gravedad, dichos grumos se eliminan por sedimentación. Pero ocurren también casos como el de los rayos X ya citado, los cuales no podrían clasificarse definitivamente en ninguno de estos dos grupos.

Hay ciertos medios de desinfección que actúan por sus efectos secundarios y no porque sean introducidos como tales; así por ejemplo, la alcalinidad introducida con fines de ablandar un agua en el proceso de la cal-soda, causa la destrucción de los patógenos en buena proporción.

Durante el almacenamiento del agua en tanques y lagos, ocurre la eliminación de bacterias, no sólo por la simple gravedad, sino también por la rata de mortalidad de dichos organismos. Bien sea por falta de medios nutritivos, o por condiciones de vida anormales, se presenta una disminución bacterial ocasionada por una rata de mortalidad mayor que la de crecimiento y reproducción.

Entre los desinfectantes más usados están los que se enumeran a continuación:

**Calor.** El calor es uno de los medios de desinfección más usados en sus dos aplicaciones principales: la pasteurización y la es-

terilización. La pasteurización se usa especialmente para la leche y consiste en elevar la temperatura del líquido a 62°C y sostenerla a esta temperatura durante 30 minutos. La esterilización o extinción de todo organismo viviente, se usa para cualquier objeto: agua estéril, instrumentos quirúrgicos esterilizados, etc. Ella puede efectuarse hirviendo el agua con el objeto que se quiere esterilizar o sola, si es el agua misma la que se quiere volver estéril; también se esteriliza por medio de la autoclave: vapor sobrecalentado sin presión, o vapor a presión. Se usa más el vapor a presión, a unas 10 o 15 atmósferas, de 116 a 122°C, por un período de 15 a 20 minutos; generalmente no se usa más de 12 atmósferas porque presiones superiores causan desintegración de cuerpos y objetos no muy resistentes.

El calor no es un medio usado para la desinfección de fuentes de abastecimiento públicas, debido a su alto costo; sólo se aprovecha para desinfectar o esterilizar pequeñas cantidades de agua, y en casos especiales, como epidemias, etc., se acostumbra hacer hervir el agua para tomar o para lavar los alimentos. Esta desinfección se efectúa haciendo hervir el agua, y manteniéndola en ese estado por 15 o 20 minutos; se ha comprobado que algunos organismos que forman esporas (\*) pueden resistir el hervor, sin embargo, los organismos que tienen esta facultad no producen enfermedades graves entre las transmitidas por el agua.

**Luz.** La luz en sus distintas longitudes de onda tiene poderes desinfectantes más o menos activos. Los rayos X y los rayos ultravioleta son los más usados en procesos de purificación de aguas.

Los rayos X en sus distintas variedades, especialmente los Rayos Gamma, son usados en procesos industriales y clínicos, para purificar aguas; éstas deben estar exentas de materias en suspensión, pues ello hace perder la efectividad de las radiaciones, ya que las bacterias pueden quedar bajo dichas materias, sin recibir los rayos letales.

Los Rayos Ultravioleta son los más usados en tratamiento de aguas, primero por su capacidad de penetración mayor, y segundo porque son menos afectados por el medio y los cuerpos en suspensión. Entre la gama de rayos ultravioleta, los más efectivos son los de longitud de onda entre 2800 y 2200 Angstrom (\*\*). Su acción se facilita si se pasa el agua en capas delgadas, permitiendo un tiempo de acción suficiente, el cual se determina experimentalmente para cada organismo; este proceso ha sido apli-

(\*) **Esporas.** - Estado latente y muy resistente que toman ciertos organismos y el cual les permite sobrevivir períodos desfavorables. (1)

(\*\*) 1 Angstrom =  $10^{-8}$  cm.

cado con buen éxito en el tratamiento de aguas para tomar y para piscinas.

Es interesante notar que los rayos solares contienen una buena proporción de rayos ultravioleta; por lo tanto, ellos tienen acción desinfectante sobre las aguas que los reciben, por ejemplo en lagos y tanques abiertos. Esta puede ser una de las causas por las cuales el agua se purifica, en buena proporción, al estar almacenada en depósitos abiertos. Respecto a la luz solar, hay la teoría de que también los rayos caloríficos (infrarrojos) contribuyen en forma apreciable a la desinfección.

La ventaja de los rayos ultravioleta sobre el calor, es que muchas esporas que son resistentes a éste, son fácilmente atacadas por los rayos mencionados.

**Desinfectantes Químicos.** Los compuestos químicos son los llamados propiamente desinfectantes, probablemente por ser los más usados, tanto en las prácticas de la Medicina, como en las de la Ingeniería. Entre ellos se cuentan diversas categorías, distinguidas entre sí por su composición o por su modo de acción.

Para estos desinfectantes químicos se han creado definiciones y reglamentos, los cuales no son generales debido a la omisión de ciertos efectos, sin embargo conviene apuntarlos aquí a manera de información. La U. S. Food and Drug Administration (F. D. A.) define un **desinfectante** como: "un compuesto, 5 cc. del cual cuando se agregan a 0.5 cc. de un cultivo tipo de bacterias, produce la muerte de éstas, de tal manera que una espira (\*) de la mezcla no produce crecimiento en un caldo tipo".

Como se puede apreciar, no se regula el cultivo tipo ni el caldo tipo mencionado en la definición; así mismo falta regular las condiciones del experimento y no se tiene en cuenta el efecto bacteriostático que se pueda producir.

Para medir la toxicidad de los desinfectantes, se ha establecido el llamado **Coefficiente de Fenol**; éste consiste en la relación de la dilución del desinfectante analizado, a la de una solución de fenol, las cuales matan todos los organismos en 10 minutos, pero no lo efectúan en 5 minutos. Deben hacerse experimentos cuidadosos y establecer las condiciones de ellos, pues de éstos depende la efectividad y aplicabilidad del coeficiente encontrado.

A continuación se enumeran algunos de los desinfectantes químicos más usados en el tratamiento de aguas.

**1 - Ácidos y bases.** Aunque no se usan directamente como desinfectante, al estar presentes bien por causa del tratamiento o bien

(\*) La cantidad de líquido que se adhiera a una espira de alambre calibre 23 B. S., de 4 mm. de diámetro.

por ocurrencia natural, ellos causan buen porcentaje de desinfección. Su acción ocurre por variación del p.H. causado, puesto que la mayoría de los patógenos tienen un campo de variación estrecho, respecto a la acidez o alcalinidad del medio.

Se ha comprobado (4) que a un p.H. entre 5 y 10 el **Escherichia Coli** y la **S. Typhosa** no sufre efecto alguno, pero al subir o bajar estos límites se consiguen efectos desinfectantes más o menos efectivos, según sea más extremo el cambio de p.H. Así por ejemplo, a un p.H. 12, al cual se llega fácilmente en el proceso de ablandamiento con cal, se elimina casi el 100% de **S. Typhosa** en 30 minutos y el 85% en 5 minutos de contacto.

Pero hay otros organismos patógenos y virus que ni siquiera resisten variaciones de 2 unidades en el p.H., con respecto a p.H. óptimo, lo cual los hace fácilmente eliminables al variar éste.

**2 - Sales de Metales Pesados.** Entre estos metales se encuentran especialmente el mercurio (Hg) y la plata (Ag), en sus formas de  $\text{Hg Cl}_2$  y  $\text{Ag NO}_3$ . Estos compuestos poseen la llamada **acción oligodinámica**, o sea que actúan en muy pequeñas concentraciones.

Sin embargo presentan ciertos inconvenientes: alto costo, largos períodos de contacto, e irritaciones en la piel y mucosas. Además debe tenerse en cuenta que las sales de mercurio y plata son venenosas por vía oral y tienen muy poco efecto sobre los virus.

Es conveniente saber que las sales de plata han sido usadas con algún resultado en el tratamiento de aguas, pero su defecto consiste en que poseen una fuerte acción bacteriostática, la cual actúa antes que la bactericida. Y generalmente los tiempos de contacto son cortos, permitiendo únicamente la bacteriostasis; no es que este fenómeno sea contraproducente para la desinfección, pero debe tenerse en cuenta que si el patógeno en estado latente cae en un medio propicio, puede seguir vegetando y reproduciéndose como antes del tratamiento. Es pues un tratamiento con limitaciones, ya que el organismo patógeno no muere si el tiempo de contacto no es suficientemente largo.

Las dosis usadas con las sales de metales pesados varían de 0.05 a 1.0 ppm (\*) para una acción bactericida completa.

Debe mencionarse también el sulfato de cobre, muy usado para el exterminio de algas, productoras de olores y sabores, en lagos y tanques de almacenamiento. Sus dosis varían entre 0.1 y 2.0 ppm. Su poder bactericida es reducido.

(\*) ppm = partes por millón, 1 ppm = 1 miligramo/litro.

**3 - Permanganato de Potasio.** Su acción es fuertemente controlada por el p.H., y la presencia de materia orgánica en el agua, y se basa en su alto poder oxidante: quema u oxida la materia orgánica (y por consiguiente organismos bacteriales) con la cual entra en contacto. El p.H. ideal para su acción desinfectante es de 7.0 o menos.

El permanganato ha sido usado algunas veces para desinfectar abastecimientos públicos de aguas en épocas de emergencia, especialmente para luchar contra epidemias de cólera. Su defecto es que imparte coloración violeta o roja al agua, dándole un poco de sabor, pero en casos de emergencia es conveniente sustituto de cualquier otro desinfectante.

**4 - Ozono.** El ozono ( $O_3$ ) fue usado por primera vez en Francia para desinfección de aguas de abastecimiento público, sin embargo, no ha tenido una aceptación muy universal, especialmente por la dificultad para producirlo y lo difícil para disolver y mezclar uniformemente con el agua. Debe ser producido en el sitio, haciendo pasar una corriente de aire seco por entre dos placas de aluminio recubiertas con vidrio, entre las cuales existe una diferencia de potencial; un 25 % del oxígeno que pasa se convierte en ozono.

Tiene marcadas ventajas como son la destrucción de olores y sabores y la destrucción del color en el agua. Es afectado por el p.H., disminuyendo su efectividad a altos valores de este índice. Las dosis promedias son alrededor de 1.5 o 2 ppm.

**5 - Yodo.** El yodo ha sido usado con muy buen éxito en la desinfección de pequeñas cantidades de agua. Su acción es típicamente oxidante y cuenta con las ventajas siguientes: puede ser manejado en forma de tabletas, es menos afectado que otros agentes oxidantes por el cambio de temperatura y por la presencia de materia orgánica, no es afectado por la presencia de amoníaco y no crea problemas de malos olores.

Tiene como desventajas, el que presenta cierta toxicidad para algunas personas y el que resulta más caro que compuestos similares.

Sus dosis deben ser entre 8 y 9 ppm., lo cual da una **concentración residual** (es decir, después de actuar como bactericida de los organismos presentes) de 4 a 5 ppm. La concentración residual es importante en los desinfectantes, para asegurar una desinfección completa y prevenir futuras contaminaciones en los conductos, ello da un período de contacto mayor asegurando así la eficiencia del compuesto.

**6 - Bromo.** El bromo, como el yodo y el cloro, forma parte del grupo químico de los halógenos, cuyas propiedades desinfectantes están basadas en el poder oxidante y son las más reconocidas en el tratamiento de aguas.

El bromo ha sido usado con resultados satisfactorios en el tratamiento de agua para piscinas. Tiene las ventajas de que es poco irritante a los ojos de los bañistas, crea menos problemas de olores y sabores que el cloro y es menos afectado por el pH.

Su concentración residual es difícil de mantener y es más caro que el cloro, el cual es el desinfectante más usado en instalaciones para piscinas. No obstante esto, algunos sostienen que su uso en piscinas es más barato y más efectivo que el cloro, pero su uso no está muy extendido.

**7 - Cloro.** Hasta la fecha, este es el desinfectante más usado en el tratamiento de aguas potables. Aunque su forma de aplicación más común es la gaseosa (o líquida), existen compuestos de cloro que tienen ventajas sobre la clorinación simple.

Las principales características del cloro como desinfectante, son las siguientes: alto poder bactericida (por oxidación), fácilmente soluble en el agua, fácil de mantener su concentración residual, relativamente barato, producido en cantidades industriales, fácilmente transportable, etc... Como desventajas pueden apuntarse: necesidad de manejo cuidadoso, afectado por la presencia de materia orgánica, puede dar origen a muchos olores y sabores (en presencia de fenol especialmente), y otros menos importantes.

Entre las varias técnicas de la clorinación figuran: la clorinación simple, el tratamiento con amoníaco y cloro, y la superclorinación, la cual incluye la clorinación hasta el "punto de quiebre" o "punto de cambio". Para los distintos procesos de clorinación se emplean dosis variables, generalmente de 1 a 5 ppm. a) - En la clorinación simple, el cloro se aplica al agua en forma gaseosa, produciéndose una reacción entre el agua y el cloro que da como producto final el ácido hipocloroso y los hipocloritos; el ión hipoclorito resultante es el que ejerce la acción desinfectante. Green y Stump, han demostrado que el cloro actúa inactivando ciertas enzimas necesarias a la vida de la célula.

La clorinación simple puede aplicarse como pre o post-clorinación, es decir, antes o después de los tratamientos usados para clarificar y purificar el agua. Cada una de estas aplicaciones tiene sus ventajas y desventajas, las cuales dependen de las condiciones y composición del agua que trate de purificar. Por ejemplo, la preclorinación puede ayudar en los procesos siguientes de

purificación, además como se aplica en el punto donde el pH es menor, su eficiencia es mayor. La post-clorinación en cambio, tiene la ventaja de dar concentraciones residuales más altas. Combinación de estas dos aplicaciones también pueden hacerse, pero el método más eficaz es determinar por tanteos, cuál sistema debe preferirse por lo económico y lo seguro. La clorinación simple, tiene la desventaja de que las dosis deben cambiarse cada que cambia la composición del agua en tratamiento.

b) - La clorinación con amoníaco es bastante usada, especialmente si se quiere evitar olores y sabores debidos a sustancias extrañas presentes. La adición de amoníaco se hace con el fin de formar monocloraminas, dicloraminas y tricloruro de nitrógeno, los cuales compuestos son menos oxidantes que el ión hipoclorito y por lo tanto su duración es mayor; también la concentración de cloro residual es mayor.

Este procedimiento ayuda a eliminar los olores y sabores producidos por trazas de fenol en el agua; también es más eficiente que la clorinación simple cuando hay considerable cantidad de materia orgánica presente, y en piscinas causa menos irritación que el cloro solo. Tiene la desventaja de necesitar un período de contacto más largo y de tener un menor poder desinfectante.

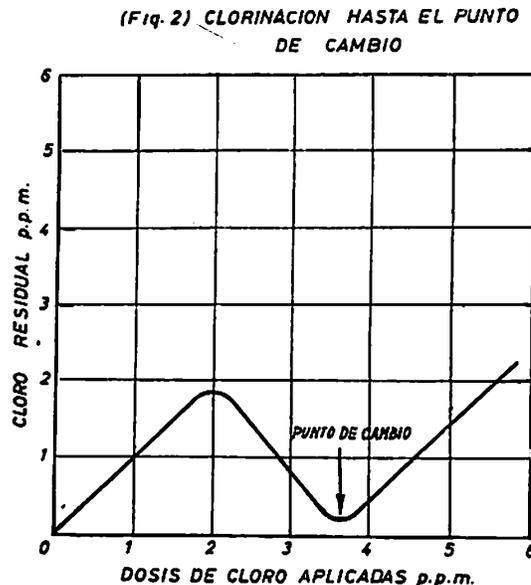
La cantidad de amoníaco que debe añadirse al agua en este tratamiento varía alrededor de 0.25 ppm. y la relación de amoníaco a cloro, debe ser de 1 : 8 aproximadamente.

c) - La superclorinación consiste en suministrar al agua en tratamiento, una cantidad de cloro mayor que la necesaria para destruir las bacterias y virus presentes. El exceso de cloro puede aplicarse en cualquier punto del tratamiento, y su objeto es destruir olores y sabores, o bien, destruir materia orgánica y organismos presentes.

Como el exceso de cloro agregado dá origen a olores y sabores objetables, es necesario proceder a la **declorinación** después de la super-clorinación; la declorinación se efectúa por medio de agentes con demanda por el cloro, como son: tiosulfato de sodio, bisulfato de sodio y anhídrido sulfuroso. La relación entre el anhídrido sulfuroso, usado como declorinador y el exceso de cloro, es de 1,12 : 1 aproximadamente.

La clorinación hasta el punto de cambio, es un caso especial de la superclorinación. Al agregar cloro a un agua que tenga demanda por él, el cloro empieza a combinarse con el amoníaco presente formando cloraminas inestables y cloruros estables; si se sigue aumentando, la dosis de cloro se llega a un punto donde las cloraminas empiezan a descomponerse y a formar cloruros. En-

tonces el cloro presente en el agua, destinado a desinfección y el cual se llama **cloro disponible** (compuesto por cloraminas, iones, hipoclorito y cloro libre), empieza a disminuir hasta un nivel donde ya se ha satisfecho la demanda por los cloruros. Este punto bajo de la curva, es el que se llama "punto de cambio", y de ahí en adelante todo el cloro que se agregue, será cloro disponible, siendo entonces la curva cloro disponible-cloro aplicado, una recta a 45°. (Véase la Fig. N° 2).



En la clorinación hasta el punto de cambio se agrega, después de este punto, una concentración de aproximadamente 0.2 ppm. de cloro; ello se hace con el fin de garantizar una concentración residual en el agua tratada. Este proceso ha probado ser muy eficiente en la destrucción de olores y sabores, así como en su acción bactericida, dejando al mismo tiempo, una concentración residual que garantiza la eficacia del tratamiento.

Este es el método más científico para la clorinación, pero se encuentra el inconveniente de que algunas aguas no presentan este punto de cambio bien marcado y otras, cuya composición es variable, introducen cambios apreciables en el mismo punto. El proceso debe controlarse cuidadosamente, para garantizar su eficiencia.

**Resumen.** Se intenta en el presente artículo, dar una idea general del problema de los desinfectantes usados en el tratamiento de aguas. Necesidad de la colaboración profesional entre médicos e ingenieros y asistencia de químicos, bacteriólogos y laboratoristas, con el fin de fijar la relación entre el número de **Coliformes** y el de otros organismos patógenos transmitidos por el agua (Typhoide y Dysenteriae principalmente).

La exterminación de bacterias por medio de los desinfectantes, sigue la Ley de Chick. Desinfección y otros conceptos relacionados, como esterilización, agente bactericida, agente bacteriostático, etc. Relación entre los conceptos, agente bactericida y agente bacteriostático.

Mecanismo de la desinfección: puede producirse ataque al protoplasma o destrucción de enzimas necesarias a la vida celular. Eficiencia alrededor del 90% de los medios mecánicos, como filtración, floculación y sedimentación, en la remoción de patógenos.

Medios de desinfección: Efectos desinfectantes secundarios de agentes usados con otros fines. El Calor: Esterilización por hervor o por autoclave; autoclave para esterilización, a 12 atmósferas máximo y de 116 a 122°C, durante 15 a 20 minutos; el hervor usado para esterilizar pequeñas cantidades de agua. La luz: Rayos X y Rayos Ultravioleta.

Desinfectantes químicos: Ácidos y bases, sales de metales pesados, permanganato de potasio, ozono, yodo, bromo y cloro; aplicaciones y dosis más usadas. Importancia del Permanganato y el Yodo, como desinfectantes de emergencia.

*Rodrigo Restrepo L.*  
Ingo. Civil.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Fundamentals of Microbiology, Frobisher, 1953.
- 2) Water Supply and Waste Water Disposal, Fair and Geyer, 1954.
- 3) Public Water Supplies, Turneaure and Rusell, 1929.
- 4) Sanitary Bacteriology, Engineering 274a Harvard University, Profesor Chang, 1953-54.
- 5) Chemistry and Biology of Water Supply, Engineering 271 Harvard University, Profesores Moore y Morris, 1953-54.
- 6) Water Supply Engineering, Babbitt and Doland, 1949.
- 7) Elemental Iodine as a Desinfectant for Drinking Water, Chang, and Morriri, Industrial and Engineering Chemistry, 45, 1009, 1953.
- 8) Desinfection of Drinking Water under Field Conditions, Morris, Chang, Fair and Conant, Industrial and Engineering Chemistry, 45, 1013, 1953.
- 9) Evaluation of Toxicity, Ingols, Sewage and Industrial Wastes, 27, 26, 1955.