

EL DEBER DE LA PROFESION MEDICA EN EL DESARROLLO Y CONSERVACION DEL ABASTECIMIENTO DE AGUAS POTABLES

Profesor, A. H. Bruhn. Bogotá.

1. El propósito de esta conferencia es ganar el apoyo médico en forma sincera y activa para el desarrollo inteligente y la conservación de los abastecimientos de agua potable para todas las comunidades en este país.

También es mi propósito dar a los médicos en líneas generales, los conocimientos de la ciencia de purificación de aguas, lo que hará que su ayuda sea más efectiva.

Esto parece una tarea difícil de llevar a cabo durante una sola conferencia, porque la efectividad de los esfuerzos quedará en proporción directa con el grado de los conocimientos sobre esta materia. Esto es particularmente cierto en pueblos y ciudades pequeñas donde la influencia del médico es mayor y donde los problemas son más difíciles de resolver por falta de fondos y organización adecuados.

El estudio de proyectos sobre abastecimiento de aguas potables es una ciencia que tiene relación directa con la ingeniería, incluyendo hasta cierto punto, conocimientos de química, biología y bacteriología. Por esto no es tarea ni tampoco deber del médico, hacer un estudio detallado sobre abastecimiento de aguas para una comunidad.

Sin embargo, el médico es el primero en imponer la necesidad del abastecimiento de agua potable en cantidad suficiente y permanente no sólo para la salud pública, sino también por consideraciones económicas, por necesitar la mayoría de las industrias una cantidad bastante elevada de buenas aguas.

Es por esto un deber de los médicos, poner todas sus influencias para proveer de agua potable a todas las poblaciones.

Esto no quiere decir que sus obligaciones han terminado con haber conseguido obtener una planta de purificación y una red adecuada de distribución para sus respectivas poblaciones. Estos equipos, como voy a explicar más adelante, no se pueden considerar infaliblemente seguros; hay que considerarlos solamente como un cierto número de líneas de defensa que han sido establecidas, pero las cuales necesitan vigilancia constante e inteligente para su

buen funcionamiento. Algunos de los grandes desastres en la sanidad pública han ocurrido por falta de control adecuado en estas líneas de defensa. Puede considerarse esto como un crimen contra el público cuya confianza en las medidas de protección ha sido traicionada. Es, pues, un deber para el médico ver que el sistema de purificación esté manejado por personas bien entrenadas, con sentido de responsabilidad no menor que el del médico y no permitir que la política acabe con esta misión como ha sucedido tan a menudo en otros países inclusive en el mío.

2. El agua cruda puede ser:

- | | |
|----------------------|------------------|
| a) Agua superficial. | Agua de río |
| | “ almacenada. |
| b) Agua de pozo. | Pozos profundos. |
| | “ superficiales. |

Cualquier agua que no ha sido tratada para hacerla potable puede ser considerada como agua cruda, sin tener en cuenta su apariencia, composición química o contenido bacterial. La composición de un agua cruda puede variar entre límites muy amplios en lugares distintos o en el mismo lugar en las diferentes estaciones del año.

A continuación doy algunos límites para aguas crudas que no han sido tratadas ni hecho potables ni sanas para el uso público.

CARACTERISTICAS FISICAS

	De P. P. M. hasta o mayor que P. P. M.			
Turbidez	0	“	5.000	“
Color	0	“	100	“
Olor	0	“	muy repugnante	
Sabor	0	“	“	“

CARACTERISTICAS BIOLOGICAS

Un agua cruda puede estar libre de organismos microscópicos o puede contener más de 2,000 unidades cúbicas standard por c.c. de organismos, incluyendo:

Ejemplo.

- 1) Diatomácea. (Melosira).
- 2) Clorophyceae. (Spirogyra).
- 3) Cyanophyceae. (Anabaena).
- 4) Crysophyceae. (Synura).
- 5) Protozoa. (Amiba).

6) Rotífera. (Anurarea).

7) Crustácea. (Cyclops).

Algunas de las características químicas de un agua cruda son las siguientes:

	De	Hasta o mayor que
Alcalinidad	0 P.P.M.	150
Dureza	0 “	300
PH.	5 “	8
Hierro	0 “	3
Cloruros	0 “	500
Anhídrico carbónico	0 “	20
Oxígeno disuelto	0 “	saturado

CONTENIDO BACTERIANO

El contenido bacteriano puede variar desde cero bacterias en un pozo de agua pura hasta más de 5,000 B-coli por c.c. en un agua contaminada. Hay que notar que un agua superficial puede estar libre de turbidez y color y sin embargo poseer un contenido mortal de bacilos tíficos.

3. PURIFICACION O TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS

Debido a la gran variedad de características entre las aguas crudas, el tratamiento que estas requieren es diferente para cada una de ellas. Sin embargo, en general las aguas superficiales que son las que tienen tantas variaciones en sus características físicas, de acuerdo con la estación en que se traten, se pueden considerar que todas ellas deberán tratarse con el mismo procedimiento, variando solamente el grado de tratamiento de acuerdo con las necesidades.

Este tratamiento puede ser el siguiente:

a) **AEREACION:** Es necesario cuando hay que quitar gases disueltos, reducir los olores y sabores, para saturación con oxígeno y para quitar el hierro en algunos casos. La aereación no debe practicarse cuando el agua cruda es bombeada, sino solamente cuando los beneficios lo justifiquen.

b) **COAGULACION Y SEDIMENTACION:** Sirven para quitar la mayor parte de la turbidez, color, microorganismos y algas de las bacterias.

c) **FILTRACION:** Esta sirve para eliminar o reducir la tur-

bidez, color, microorganismos, el resto de la materia floculada y para disminuir la cantidad de bacterias peligrosas.

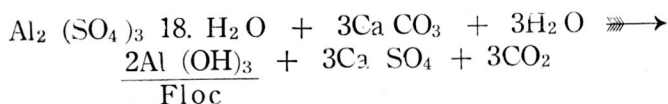
ESTERILIZACION: Esta sirve para matar todas las bacterias que todavía queden en el agua después de la filtración y para suministrar cierta cantidad de agente esterilizador al agua, para efecto de seguridad contra contaminaciones futuras.

4. REACCIONES QUE SUCEDEN EN EL PROCEDIMIENTO Y CONTROL DE LA PURIFICACION DE AGUAS

a) **LA AEREAACION** es más o menos un proceso físico o mecánico que elimina los gases disueltos, reduciendo considerablemente aquellos olores y sabores que se presentan en forma de gases. La saturación con oxígeno puede en ciertos casos, oxidar la materia orgánica.

b) **COAGULACION Y SEDIMENTACION:** Un coagulante tal como sulfato de aluminio o las sales férricas reacciona con la alcalinidad natural del agua o con una alcalinidad aplicada artificialmente, tal como cal o carbonato de sodio, para formar una sustancia floculante.

Las reacciones de la alcalinidad natural son las siguientes:



La cantidad de alumbre que es necesaria para la coagulación de un agua depende de la cantidad de turbidez y color que en ella se presente.

Algunas veces, como es el caso en la Planta de Vitelma, el agua cruda no contiene suficiente alcalinidad natural para reaccionar con la cantidad de alumbre conveniente y necesaria; por esta razón hay que aplicar cal o carbonato de sodio para compensar la deficiencia en su alcalinidad; si esto no se hiciese quedaría en el agua cierta cantidad de alumbre en solución. No es necesario explicar a ustedes señores médicos, los efectos de beber agua que contenga gran cantidad de alumbre en solución.

Con el objeto de obtener los mejores resultados, con el floculante es necesario ajustar la concentración en iones de hidrógeno que contiene el agua, lo más que se pueda, a un valor fijo para cada agua. También es necesario revolver el agua muy despacio por un período de tiempo como de media a una hora.

El tamaño de una planta no es un factor que interviene en las reacciones anteriores. En otras palabras, es tan importante para

un pequeño abastecimiento de agua, como para una gran planta, que ésta no contenga alumbre en solución. Me permito mencionar a ustedes lo importante que es bajo el aspecto de salubridad pública, el poder contar con hombres inteligentes y aptos para controlar y efectuar el anterior tratamiento.

El "Floc" que se forma en el agua se combina químicamente con el color del agua cruda, y más o menos mecánicamente con la turbidez de la misma. Después del período de mezcla, el agua pasa muy despacio por un tanque donde las sustancias floculadas se depositan en el fondo de éste, acarreando consigo la turbidez, el color, etc.

c) *Filtración*: Durante la filtración el agua se desliza de arriba hacia abajo por una capa de arena convenientemente graduada, a una rata menor de cierto máximo especificado. La turbidez, residuos de floc, microorganismos y bacterias que todavía permanezcan en el agua, son quitados principalmente al pasar por las primeras seis pulgadas de la capa. Como la arena se va recargando lentamente de lodo obstruyendo así el paso del agua, por lo tanto se requiere más presión que al principio para que continúe pasando el agua. Finalmente, después de un período de tiempo que oscila de 10 a 100 horas, el filtro se ensucia tanto que es necesario lavarlo. El lavado se efectúa haciendo pasar el agua por la arena en sentido inverso, o sea de abajo para arriba; de esta manera la arena se expande y abandona todas las impurezas. Es necesario que el lavado de los filtros se haga con esmero para que siempre trabajen con eficiencia. Si un filtro es tratado con negligencia puede destruirse en poco tiempo su valor eficaz en el proceso de la purificación. De nuevo vuelvo a recordar la necesidad de que los filtros sean manejados solamente por personal bien entrenado en dicha operación. No importa que el tamaño de la planta sea grande o pequeño, siempre el cuidado debe ser igual.

d) *Esterilización*: El proceso de esterilización consiste en exterminar todas las bacterias existentes en el agua, aplicándole a ésta algunas sustancias que les son tóxicas o también por medio de un tratamiento de rayos ultravioleta.

Las sustancias tóxicas que han sido usadas hasta hoy son: Ozono, Cloro, Cloramina, Yodo y Plata Catadyne.

Con el objeto de obtener un factor de seguridad en el agua, es necesario aplicarle suficiente agente esterilizador para matar las bacterias y para que se combine con la pequeña cantidad de materia orgánica que siempre existe en ésta aún después de filtrada, y además que lleve el agua una cantidad de dicho agente en exceso. La cantidad de agente esterilizador requerido para exterminar las bacterias y la materia orgánica, se denomina "La demanda de cloro en el agua". El resto del cloro después de que "La demanda de

cloro" ha sido satisfecha, se conoce con el nombre de "Cloro residual". Este "Cloro Residual" debe permanecer presente en el agua hasta que ésta sea consumida por el público. Este "Cloro Residual" protege al agua esterilizada, durante el período de tiempo que recorre desde su esterilización hasta el consumo. Como el "Cloro Residual", desaparece del agua con el tiempo, hay que agregarle suficiente cantidad de éste para que alcance a durar hasta que sea usada. Generalmente en un agua filtrada un residuo de 0.10 P.P.M. de cloro es suficiente en el lugar de consumo.

Esta pequeña cantidad de cloro residual no produce efecto alguno conocido sobre la salud. Aún cantidades regulares de 0.40 P. P.M. son inofensivas.

Como es preferible dejar un residuo del agente esterilizador, esto elimina aquellos métodos de esterilización que no dejan dicho residuo. Por consiguiente los tratamientos de rayos ultravioleta y de Ozono no son deseables. El yodo no es usado cuando se trata de considerables cantidades de agua, como en plantas de purificación; y el proceso de la "Planta catadyne" puede ser peligroso por falta de experiencia hasta el presente.

La Cloramina es una combinación de cloro y amoníaco, en una relación de tres a ocho partes de amoníaco a una parte de cloro.

El efecto final de la Cloramina es el mismo que el del cloro solo, pero la Cloramina tiene la propiedad de durar más en el agua y además produce mucho menos olor y sabor en comparación con el cloro solo. En resumen, éste es un agente esterilizador muy deseable.

5. EFECTOS DEL PROCESO DE LA PURIFICACION DE AGUA

Ninguno de los tratamientos para purificar el agua es suficientemente efectivo para la sanidad del agua superficial ni tampoco la combinación de tratamientos es infalible contra todas las condiciones. Cada paso en el proceso de purificación debe considerarse como una línea de defensa. La combinación de procesos puede ser considerada como un número de líneas de defensa cuya eficiencia dependerá de la clase de agua que se trate y de la manera cuidadosa como cada caso sea controlado. Es decir: un agua puede estar tan contaminada por aguas negras que puede que ni aún la combinación de los tratamientos anteriormente mencionados sean suficientes para volverla sana para el consumo.

Líneas de defensa adicionales deben ser agregadas, tales como por ejemplo: la clorización tanto antes de filtrar el agua, como después. Por otra parte un operador sin preparación adecuada o incapaz de operar una planta de purificación, puede hacer inefectivo uno o más de los pasos dados en el tratamiento del agua.

El señor Streeter del "Public Health Service" de los Estados Unidos, encontró que la cantidad permisible de bacilo coli que se puede tratar con seguridad en una planta de purificación, puede ser expresada por la fórmula:

FORMULA

$$E = CR^n$$

En la cual:

E = Bacilo Coli que queda en el agua.

C = Constante de la eficiencia de la purificación.

R = Número de bacilos Coli en el agua cruda.

n = Una constante de resistencia de las bacterias.

El valor de C y de n, puede ser calculado solamente por la experiencia ganada en la operación de una planta. El señor Streeter encontró también que un valor para C igual a 0.15 y para n igual a 0.22 es el promedio de 10 plantas de purificación a lo largo del río Ohio.

Substituyendo estos valores en la fórmula anterior se encontró que la cantidad de B-Coli en el agua cruda que se puede tratar con seguridad en estas plantas era de 50 por c.c. Agregando un proceso adicional de purificación tal como la preclorinación, este valor podía ser elevado a 500 bacilos coli por c.c. Aunque una fórmula, como la anterior no tiene valor práctico, sirve para indicar que el tratamiento no es un proceso con el 100% de eficiencia; por lo contrario es un proceso, del cual cada paso tiene un valor limitado y que depende en parte del operador.

La razón por la cual cada uno de los procesos de purificación tiene un valor limitado, puede ser explicada en parte, por la manera como una cantidad de bacterias sucumbe al tratamiento o muere por causas naturales. Cuando se agrega un agente esterilizador, como cloro al agua que contiene bacterias, estas no mueren todas instantáneamente; algunas de estas sobreviven por más tiempo que las otras. En otras palabras, el tiempo es un factor importante en el proceso de esterilización.

Esto puede ser expresado por la fórmula siguiente:

$$\text{Log } \frac{N}{N_t} = KT$$

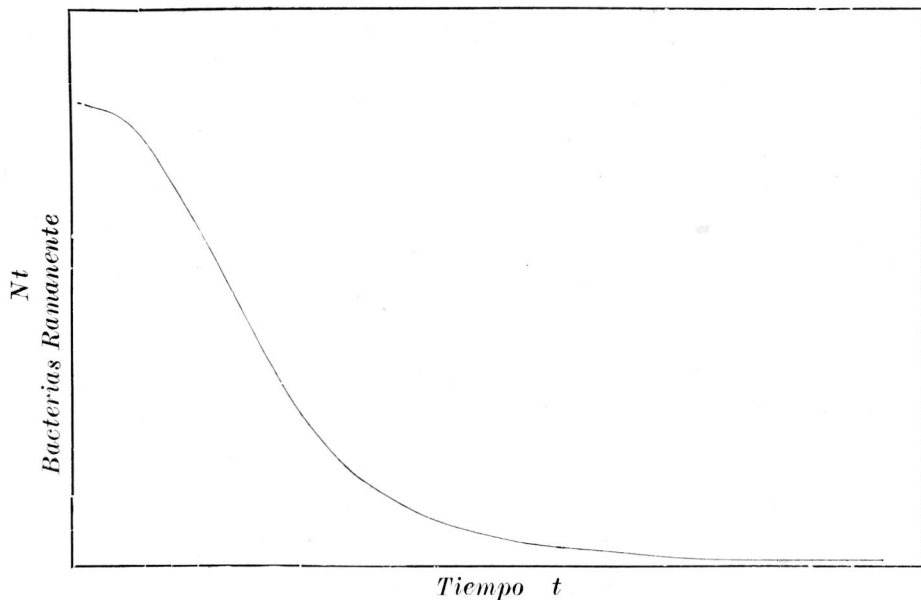
Donde:

N = el número de bacterias al principio.

N_t = el número de bacterias después del tiempo t.

t = tiempo.

K = constante del agente esterilizante.

Curva de la mortalidad de las bacterias

Como algunas bacterias pueden sobrevivir más tiempo que otras, pueden ustedes apreciar la importancia de conservar cierta cantidad de residuo de agente esterilizador en el agua hasta el punto de su consumo. También pueden ustedes ahora deducir sus propias conclusiones sobre la eficiencia y seguridad de un proceso de purificación. Por ejemplo, si ustedes fueran a tratar un agua cruda tal como es la del río Bogotá en algún punto abajo de la ciudad, ustedes seguramente no pensarían en tratar esta agua tan altamente contaminada, con cloro solo y esperar hacerla segura para el uso público. Para esta agua ustedes podrían preguntarse si la coagulación, filtración sedimentación y esterilización, pueden ser suficientes sin tener un operador bien entrenado. Es necesario recordar que la eficiencia de un proceso de purificación no depende solamente de que la planta sea bien diseñada sino también del manejo correcto de ella.

6. UN AGUA POTABLE Y SEGURA PUEDE TENER LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS

a) FÍSICAS:

Turbidez..	Menor de 1 P.P.M.
Color..	" " 5 P.P.M.

Olor...	Ninguno
Sabor...	"

b) *Químicas*: Límites entre 5.6 y 9.0 deseables.

Ph. Es necesario más de 8.0 para evitar la corrosión de las tuberías.

Dureza.—Menos de 50 P.P.M. para mantener el consumo de jabón razonablemente bajo. Una dureza mayor de 250 P.P.M. no es dañosa para la salud.

Hierro.—Menos de 0.30 P. P. M. para evitar el manchado de la ropa y de artículos de porcelana de los baños, pero respecto a la salud no es de importancia limitar la cantidad.

Alcalinidad cáustica.—Ninguna.

Cloruros.—Menos de 30 P.P.M. para la industria, pero 250 P.P.M.

Cloro residual.—De 0.10 a 0.35 P.P.M. dan buenos resultados. son permitidos respecto a la salud.

c) *Bacteriología*.—El Treasury Std. de los E.E. U.U., permite cierta cantidad de bacterias en el agua potable. Es generalmente entendido que un agua adecuadamente tratada debe contener cero bacterias.

7. ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL

No importa el tamaño de la planta de purificación, ésta debe ser operada solamente por hombres que hayan recibido entrenamiento práctico en operación y en análisis químico y bacteriológico de aguas.

En las plantas muy pequeñas donde no es práctico tener un laboratorio costoso, suele hacerse un arreglo con el químico de alguna planta grande vecina, para que se practiquen los análisis sanitarios del agua periódicamente.

Actualmente estamos entrenando personal en Vitelma para plantas en otros lugares del país. Ellos están aprendiendo la técnica del laboratorio lo mismo que la operación y serán perfectamente capaces de controlar el proceso de purificación.

Creo que cada uno de ustedes, señores médicos, debe tener alguna experiencia práctica en el análisis sanitario de la calidad de un agua y debe estar familiarizado con las siguientes pruebas:

(a) Cloro residual.

(b) pH.

(c) Turbidez.

(d) Color.

(e) Análisis bacteriológico presuntivo y número de bacterias contadas en agar.

Con esta información pueden ustedes mismos "chequear" un abastecimiento de agua suficientemente bien, con fines prácticos e insistir en la operación cuidadosa de las plantas.

Si consideran ustedes la construcción de un sistema de purificación deben insistir en que su estudio sea hecho por técnicos con experiencia. Un estudio efectuado por personas inexpertas puede resultar en una falla, o económicamente en una pérdida. Como profesionales que son ustedes apreciarán el valor de los conocimientos técnicos y de la experiencia.

8. EPIDEMIAS DE ENFERMEDADES PROVENIENTES DEL AGUA

A pesar de los cuidadosos y modernos procedimientos que para la purificación del agua, se han venido desarrollando y practicando en general, todavía aparecen con frecuencia epidemias de enfermedades provenientes del agua, tales como la fiebre tifoidea, gastro-enteritis y amibiasis. En los Estados Unidos y el Canadá se registraron en un lapso de 17 años, o sea desde 1920 a 1936, 470 epidemias causadas por el agua.

Se pudo probar que muchas de esas epidemias fueron originadas directamente por la negligencia en el control de los métodos y por inadecuada operación de las plantas de purificación o por el abandono en la vigilancia constante.

Estas epidemias causaron 125.000 casos y cerca de 1200 muertes, durante este período.

Deben ustedes investigar en cada epidemia si ésta procede del agua contaminada o no. Es natural que la mayor parte de la gente culpe al agua en prácticamente todas las epidemias que se presentan. Como profesionales, el juicio de ustedes debe estar basado en hechos y su opinión reservada hasta obtenerlos. Tampoco deberán ustedes ser indiferentes en cuanto a la procedencia de la epidemia para evitar posibles repeticiones.

En muchos casos de infección proveniente del agua, ha sido posible obtener confirmación directa mediante alguna investigación. De análoga manera muchos casos de epidemias que se creyeron provenientes del agua, después de ser analizados por los mismos métodos, se probó que no tenían tal procedencia. Muchas veces, las epidemias han provenido de cruces entre tuberías de abastecimientos público y privado.

Un pozo de propiedad privada debe ser siempre considerado como sospechoso; por consiguiente se le debe analizar periódicamente. El agua transportada en garrafones puede ser infectada fácilmente, mediante el contacto humano, de la misma manera como se contaminan los alimentos.

Hablando en general, el hombre más influyente en una comunidad, en cualquier parte del mundo, es "El Médico". Analizando un grupo de gente, la persona que tiene el mejor conocimiento de la ciencia sanitaria es aquella que tiene instrucción médica; por eso dicha profesión tomada en grupo o individualmente puede ejercer una influencia valiosa e inteligente para la causa de la sanidad, o también puede ocasionar el daño más grande a esta causa, si su actitud es indiferente o de poca ayuda.
