

REVISTA DE LA FACULTAD DE MEDICINA

VOL. X

Bogotá, febrero de 1942

N.º 8

DIRECTOR

Prof. JORGE E. CAVELIER

COMITE DE REDACCION

Profesor LUIS PATIÑO CAMARGO
Prof. agregado HERNANDO ANZOLA CUBIDES
Prof. agregado FRANCISCO GNECCO MOZO

SIETE CONFERENCIAS DICTADAS PARA EL CURSO SUPERIOR DE HIGIENE POR EL PROFESOR ALFRED H. BRUHN. GRADO M. S. DE HARVARD UNIVERSITY

Planta de Vitelma. — Bogotá, Colombia.

I—Los problemas de salubridad pública en conexión con los abastecimientos de agua están creciendo en cantidad e importancia actualmente en Colombia. Hay urgente necesidad de ayuda de todas las Entidades que puedan cooperar. La Profesión Médica, con sus numerosos miembros, conocimientos e influencias, puede prestar inteligente ayuda con un pequeño esfuerzo.

El objeto de las siguientes conferencias es dar a ustedes señores médicos una íntima y clara idea de los problemas de abastecimiento de aguas que estamos presenciando en este país. Se ha pensado poner en sus manos ciertas herramientas, si pudiera decirse, y los conocimientos necesarios para usarlas efectivamente, de manera que sus esfuerzos sean de valor general en toda la República.

Para conseguir este fin, es necesario ante todo que tengan ustedes un conocimiento íntimo de los diferentes procedimientos empleados en la purificación del agua, la efectividad de cada uno de estos procedimientos y cómo controlarlos para que sean verdaderamente efectivos.

II—Las aguas crudas pueden variar enormemente en sus características físicas, químicas y biológicas. Estas características pueden cambiar no sólo en diferentes localidades, sino también en las mismas localidades durante las diferentes estaciones.

No importa la apariencia de un agua natural, se le considera como agua cruda siempre que no haya sido tratada para hacerla salubre para el consumo público. Se sabe muy bien que un agua turbia y de mala apariencia puede ser absolutamente inofensiva para la salud mientras que otra, clara y cristalina, puede contener

una cantidad mortal de basifos tíficos. Por la apariencia no puede juzgarse la salubridad.

El agua cruda puede provenir de:

- | | | |
|---------------------|---|-----------------|
| a) Agua superficial | } | Agua de río |
| | | " almacenada |
| b) Agua de pozo | } | Pozos profundos |
| | | " superficiales |

En la Tabla I se dan las características de algunas aguas crudas de diferentes sitios del país; también se muestran las variaciones de los ríos San Cristóbal y Tunjuelo durante las estaciones. Se notará que entre este grupo de muestras existen grandes variaciones en sus características químicas y físicas. Muy pocos datos sobre el contenido bacteriano y biológico de estas aguas se han obtenido. Los problemas de alta contaminación de abastecimientos de agua pública con aguas negras son relativamente pocos en Colombia actualmente; sin embargo, la contaminación del río Bogotá causada por los desagües del alcantarillado de la capital presenta ciertamente un grave problema para los pequeños pueblos localizados inmediatamente abajo de la ciudad.

Además de las bacterias, el agua cruda contiene frecuentemente cantidades de otros microorganismos. Daremos algunos ejemplos en la Figura I.

Cuando se presentan algunos de estos organismos en el agua, aun en pequeñas cantidades, pueden producir olores y sabores desagradables en ella. Para remover los sabores y olores desagradables causados por microorganismos, muchas veces se presenta un problema difícil en la purificación del agua.

III—Tratamientos para el proceso de la purificación de las aguas crudas.

Se ha mostrado cómo varían las características de las aguas crudas en diferentes localidades y estaciones; se deduce pues, que los tratamientos para el proceso de purificación no pueden ser los mismos en todos los casos.

El proceso de purificación del agua de una planta puede comprender todos los siguientes tratamientos, o solamente ciertas combinaciones de éstos, lo que depende de las necesidades y especialmente, aquí en Colombia, de los recursos disponibles:

- 1—Clorización del agua cruda.
- 2—Aereación del agua cruda.
- 3—Clarificación por coagulación y sedimentación.

4—Tratamiento con carbón activado para remover sabor y olor.

5—Filtración.

6—Esterilización final.

7—Aereación después de la filtración.

8—Ajuste del pH para reducir la corrosión en el sistema de distribución.

En la Figura II se ve un esquema de algunos procesos de tratamiento.

IV—Explicación y demostración detalladas de los diferentes procesos del tratamiento.

a) Aereación:

En este proceso, el agua es dividida en gotas o láminas delgadas, expuestas a la atmósfera. El efecto es reducir las cantidades de sabor y olor y saturarla con oxígeno.

b) Coagulación:

Un coagulante químico como el Alumbre ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), o el Cloruro Férrico (FeCl_3) o el Sulfato Férrico $\text{Fe}_2(\text{SO})_3$ se agrega al agua y se mezcla rápidamente para dispersarlo pronto en ella.

Se efectúa entonces una reacción química entre la alcalinidad natural que contiene el agua cruda y el coagulante químico aplicado. Se forma un precipitado insoluble. Este precipitado es muy fino cuando se principia a formar pero si el agua se sigue mezclando despacio por algún tiempo las partículas del precipitado se unen y forman otras partículas más grandes que se llaman Floc. Con una mezcla continua las partículas suspendidas de turbidez también se unen con el Floc. Después de que la mezcla se ha completado, se deja que se aquiete el agua y las partículas del floc se sedimentan dejando clarificada el agua.

En la práctica después de que se ha mezclado el coagulante químico al agua en un tanque de mezcla rápida, ésta pasa a un tanque más grande donde se le mezcla más despacio por medio paletas giratorias (este mecanismo de mezcla se llama Floculador), por un período de 30 a 60 minutos.

El agua con el floc en suspensión entra luego al tanque de sedimentación; en éste, el agua circula muy despacio dejando que se sedimenten en el fondo el floc y los sólidos suspendidos. Este proceso puede remover más del 95% tanto de la turbidez suspendida, como de las bacterias y otros microorganismos si el proceso es debidamente controlado en una planta bien diseñada. Por medio de la coagulación también se quita del agua cruda considerable canti-

ISLA DE LA MARGARITA	Golfo de Urabá	BOJACA, Cundinamarca	MARIQUITA, Tolima	RIO NEUSA	Cundinamarca	RIO BOGOTA	Cerca de Zipaquira	QUEBRADA POPAL	Yarumal, Antioquia	RIO SERREZUELA	Cerca de Madrid	QUEBRADA OLIVARES	Manizales	POZO ARTESIANO	Calle 5ª, carrera 10ª Bogota	POZO DEL CUARTEL	Corozal, Bolívar	POZO DEL MERCADO	Corozal, Bolívar	ARROYO COROZAL	Corozal, Bolívar	ESTEROS	Tumaco, Nariño
----------------------	----------------	----------------------	-------------------	-----------	--------------	------------	--------------------	----------------	--------------------	----------------	-----------------	-------------------	-----------	----------------	------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	----------------	------------------	---------	----------------

CARACTERISTICAS FISICAS

35	6	25	25	35	13	23	9	2	10	6	40	120
8	15	5	45	45	1.5	33	6	0.4	0.7	0.7	28	5
0	0	0	0	0	—	0	0	0.0	—	—	—	—

CARACTERISTICAS QUIMICAS

28.0	15.5	35.0	12.0	4.0	17.0	14.0	50.5	3.0	190.5	121.5	156.0	33.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.75	6.5	7.15	6.75	6.1	6.9	6.8	7.4	4.5	7.4	7.6	7.4	6.65
12	13.9	2.5	4.2	6.3	1.2	2.2	3.5	40.8	14.5	9.4	8.2	11.1
92	31	39	16	—	24	17	60	100	213	2,451	122	215
2.5	0.15	0.55	0.65	—	0.05	1.2	0.10	—	0.07	0.18	0.12	0.75
1.021	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	—	0.0	58	71	1,378	21	468
10	—	5.0	5.0	11.2	—	—	2.0	0.8	1.2	2.8	9.6	13.6
0.000	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	—	0.015	0.005	0.004	0.065	0.002	0.000
0.007	0.250	0.010	0.015	0.050	0.070	—	0.000	0.100	40	120.	0.040	0.045

CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	2,500	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	—	—	—	—

Color P.P.M. Standard Cobalto-Platino

Turbidez P.P.M. SiO₂

Olor

Alcalinidad total en P.P.M. CaCO₃

Alcalinidad como carbonatos o fenol en P.P.M. CaCO₃

PH

Bióxido de carbono en P.P.M. CO₂

Dureza en P.P.M. CaCO₃

Hierro como P.P.M. Fe

Cloruros como P.P.M. Cl⁻

Oxígeno consumido en P.P.M. O=

Nitrógeno como nitratos en P.P.M. NO₃⁻

Nitrógeno como nitratos en P.P.M. NO₃⁻

Colonias por c.c. en agar a 37° C.

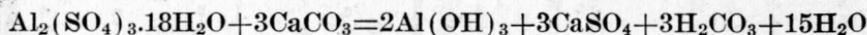
Bacterias del grupo coli aerógenas en lactosa a 37° C.

dad de color orgánico. Con frecuencia la remoción del color es difícil y requiere un control muy cuidadoso de la floculación. La cantidad de alumbre u otro coagulante que se debe aplicar al agua cruda, depende de la cantidad de turbidez y color que contenga ella. La mínima cantidad de alumbre requerida para la coagulación es casi nunca menor de 14 P. P. M. aproximadamente, no importa lo clara y exenta de color que se halle el agua cruda. En la Tabla II se dan las cantidades aproximadas de alumbre requeridas para varias turbideces que se han presentado en la planta de Vitelma. Este dato se da únicamente para mostrar unas relaciones aproximadas, porque en otras localidades y en plantas más pequeñas las cantidades necesarias de coagulantes pueden ser algo diferentes.

TABLA II

TURBIDEZ en P.P.M.	ALUMBRE REQUERIDO (aproximadamente) en P.P.M.
0 — 10	10 — 12
10 — 20	12 — 14
20 — 30	14 — 16
30 — 40	16 — 18
40 — 60	18 — 22
60 — 100	22 — 30
100 — 150	30 — 36
150 — 200	36 — 42
200 — 300	42 — 50
300 — 500	50 — 60

En referencia a las reacciones que ocurren en la coagulación, la ecuación para el tratamiento con sulfato de aluminio o alumbre puede escribirse como sigue:



Peso molecular del alumbre, 666.	CaCO ₃ reaccio- Peso mo- lecular del nante, 300.
--	---

Las reacciones con Cloruro Férrico y Sulfato Férrico son similares.

Se notará que en la reacción anterior se requirieron aproximadamente 1 parte de alcalinidad como carbonato de calcio para reaccionar con 2.2 partes de alumbre. Es decir: si se aplicaron 20 P. P. M. de alumbre al agua, se requerirán unas 10 P.P.M. de alcalinidad como CaCO_3 para reaccionar con él.

En la Tabla I se nota que algunas aguas crudas no contienen más de 6 P.P.M. de alcalinidad natural. Si se aplicaran 20 P.P.M. de alumbre a esta agua, solamente habría alcalinidad para reaccionar con unas 12 P.P.M. del alumbre aplicado y el resto, o sean unas 8 P.P.M. se quedarían en el agua como sulfato de aluminio en solución. El efecto fisiológico de tomar agua que contenga grandes cantidades de alumbre en solución debe ser bien conocido por los miembros de la profesión médica, y la necesidad de no permitir que ésto suceda en los abastecimientos de agua es extremadamente importante.

Siempre que un agua natural no contenga suficiente alcalinidad natural para reaccionar con el coagulante que se requiere para su tratamiento, es necesario añadir suficiente alcalinidad para llenar la deficiencia y además para permitir que el agua coagulada tenga un pequeño residuo de alcalinidad después de que se ha efectuado la reacción con el alumbre. En otras palabras no se debe tratar el agua en tal forma que se reduzca a cero su alcalinidad.

La alcalinidad que se agrega al agua en el proceso del tratamiento es en forma de cal viva: CaO , o de carbonato de sodio (soda ash) Na_2CO_3 . La cal es más barata aquí que el carbonato de sodio y por ésto es más usada.

La concentración de iones de hidrógeno o sea el pH, es un factor importante en la reacción anterior. Para obtener la coagulación debida, en muchas aguas crudas es necesario controlar el pH a un valor determinado. En realidad en varios casos la coagulación no se efectuará si no se mantiene el pH bajo límites muy estrechos. En la planta de Vitelma hemos hallado que los mejores resultados se obtienen cuando controlamos la reacción a un pH 5.6. El pH se controla con la cantidad de cal que se le agrega al agua después de habersele aplicado el coagulante químico.

Un agua cruda que no tenga suficiente alcalinidad para reaccionar con todo el alumbre aplicado, quedará por lo general con un pH inferior a 5.2 — El sulfato de Aluminio disuelto es de reacción ácida. Un agua tratada a un pH 5.6 siempre contiene alguna alcalinidad; no hay razón para tratar un agua con Sulfato de Aluminio a un pH inferior de 5.6.

En casi todos los casos a excepción de algunos muy especiales, al pH se le puede fijar un límite mínimo de 5.6.

Un método fácil y eficaz para saber si un operador está tratan-

do el agua debidamente, de manera que no quede alumbre en solución, es determinar el pH. Si el pH es 5.6 o mayor se puede estar seguro de que el agua no contiene sulfato de aluminio en solución en cantidades peligrosas.

En el siguiente experimento se muestra claramente el control debido o indebido del tratamiento de coagulación:

Se trataron cinco muestras de agua del Río Tunjuelo en el el floculador del laboratorio de la planta de Vitelma.

El agua cruda tenía las siguientes características:

pH	6.4
Alcalinidad	6.0 P.P.M.
Turbidez	33. "
Color	30. "
CO ₂	1.9 "

La muestra N^o 1 se trató con 20 P.P.M. de alumbre, más suficiente cal para ajustar el pH a 5.6.

La muestra N^o 2 se trató con 20 P.P.M. de alumbre sin agregarle cal para arreglar el pH.

La muestra N^o 3 se trató con 16 P.P.M. de alumbre y el pH se arregló a 5.6 agregándole cal.

La muestra N^o 4 se trató con 20 P.P.M. de alumbre y se le agregó suficiente cal para subir el pH a 8.0.

La muestra N^o 5 se trató con 30 P.P.M. de alumbre y se le agregó cal para arreglar el pH a 10.6.

Los resultados de los ensayos están en la Tabla III:

TABLA III

Experimentos para coagulación.

Número de las muestras	1	2	3	4	5
P.P.M. de alumbre aplicado	20	20	16	20	30
Cal aplicada	sí	no	sí	sí	sí
pH	5.6	4.5	5.6	8.0	10.6
Condición del floc.	bueno	bueno	ninguno	ninguno	ninguno

El análisis anterior indica lo siguiente:

Muestra N^o 1: Se trató debidamente y se formó un buen bloc, el que se sedimentó pronto dejando el agua bien clarificada; esta agua no contenía alumbre libre en cantidad apreciable.

Muestra N° 2: También dió buenos resultados de floc, pero como no se le agregó cal, debe haber tenido alumbre en solución porque el agua cruda solamente contenía 6. P.P.M. de alcalinidad. En realidad quedó en el agua una solución de alumbre de más o menos 8 P.P.M. El agua no parecía diferente a la de la muestra N° 1; sin embargo, el pH indicó claramente que esta agua no fué tratada en debida forma. El pH fué mucho más bajo que 5.6, por el efecto del alumbre que quedó en solución.

Muestra N° 3: Esta no formó floc porque la cantidad de alumbre que se le aplicó no fué suficiente para la cantidad de turbidez que la muestra tenía, sin embargo, el pH estaba bien arreglado.

Muestra N° 4: Esta contenía suficiente alumbre pero la demasiada cantidad de cal que se le agregó, dió por resultado un pH excesivamente alto. No se consiguió floc.

Muestra N° 5: Esta contenía un exceso de alumbre, pero el pH tampoco fué correcto. No se formó floc.

Nota: A esta muestra se le agregó suficiente cal para que tuviera alguna alcalinidad cáustica, es decir, que contuviera iones de OH^- . La alcalinidad cáustica no es deseable en el agua potable; casi nunca hay razón para tener un pH mayor de 9.6 en un agua tratada.

Este es pues otro criterio, para descubrir rápidamente por medio del ensayo del pH, si un agua ha sido o no adecuadamente tratada.

Los experimentos anteriores indican claramente que los procesos de purificación deben ser debidamente controlados, pues de otra manera el mismo proceso del tratamiento presenta peligros para la salud pública. Esto demuestra claramente que la operación debe ser efectuada por operadores inteligentes, bien preparados, de conciencia y con sentido de responsabilidad.

c) *Filtración.*

Después de que un agua ha sido clarificada por medio de la coagulación y sedimentación debidas, casi todo el resto de la materia suspendida y de las bacterias aún presentes son removidas por medio de la filtración a través de un lecho de arena.

En la figura II se ve el corte de un filtro rápido de arena: Un lecho de arena de aproximadamente 70 cms. de espesor es sostenido por unos 50 cms. de gravilla debidamente graduada en varios tamaños.

Durante el proceso de la filtración, el agua entra al filtro por encima y sale por el fondo. La mayor parte de la materia suspendida se queda en los primeros 15 cms. de la parte superior de la capa

de arena. La rata normal de filtración no es mayor de 120 M³/día por cada metro cuadrado de área de arena.

Como la materia suspendida se acumula en el filtro, los espacios entre los granos de arena se tapan, de manera que cuando el filtro está muy sucio, no puede continuar filtrando la cantidad normal de agua. El filtro debe entonces ser limpiado mediante el lavado. Un filtro puede trabajar de 24 a 100 horas aproximadamente, de un lavado a otro; este período depende del carácter del agua clarificada que se filtre.

El procedimiento de lavado de los filtros es a la inversa del de filtración; el agua pura ya filtrada atraviesa el filtro de abajo para arriba a una rata suficiente que expanda el lecho de arena en un 30% más o menos; de esta manera el mugre acumulado es quitado de la arena y expulsado al desagüe. Para lavar los filtros se usa aproximadamente del 2% al 4% del agua total que se filtra en la Planta.

Es absolutamente esencial que los filtros sean lavados cuidadosamente, pues un descuido en el filtro puede dar por resultado la pérdida del 50% de su eficiencia.

Una agua bien filtrada puede contener tan poca materia suspendida como 0.1 P.P.M. La filtración puede remover mucho del color residual que pueda quedar en el agua después de la coagulación y sedimentación, y muchas bacterias.

d) *Esterilización.*

El agua se puede esterilizar por medio de varios tratamientos: entre ellos existen los de rayos ultravioleta, ozono y cloro. Dice un proverbio muy conocido en los Estados Unidos, "La única agua sana es la esterilizada". En las actuales condiciones de tratamientos de aguas en este país, sería conveniente tener un proverbio más rígido, como el siguiente: "La única agua segura para tomar, es la que contiene un residuo del agente esterilizador en el lugar de consumo".

Como el cloro es casi universalmente usado como agente esterilizador en el tratamiento de aguas, no consideraremos otro proceso.

Cuando se aplica alguna cantidad de cloro a una agua, una parte de éste es consumida muy rápidamente por la materia orgánica que incluye las bacterias contenidas en el agua. Un agua bien filtrada puede contener considerable cantidad de materia orgánica pero es claro que el agua no filtrada contendrá muchísima más. Esa cantidad de cloro que se aplica al agua y que es consumida rápidamente por la materia orgánica y las bacterias se llama "la demanda

dé cloro" de dicha agua. La cantidad restante de cloro que no fué usada, se llama el "cloro residual".

La demanda de cloro de una agua puede determinarse aplicándole alguna cantidad de cloro y después de dejarla reaccionar por unos 15 ó 20 minutos, hacer el ensayo para averiguar la cantidad de cloro que quedó en el agua sin usarse. La diferencia entre la dosis original y la cantidad residual es la "demanda de cloro".

Como se indicó previamente, es esencial que se halle cierta cantidad de cloro residual en el agua cuando ésta llegue a la residencia del consumidor. Una agua filtrada que contenga suficiente cloro residual, puede considerarse como una agua sana; ésto no puede decirse de una agua cruda, porque muchas de las bacterias presentes en ella están envueltas en pequeñas partículas de la materia suspendida. Esta materia actúa como coraza protectora de la bacteria y no deja que el cloro reaccione con ella. Luego una agua cruda que contenga cloro residual, en buena cantidad, puede al mismo tiempo llevar concentraciones peligrosas de bacterias vivientes.

En un agua filtrada, cuando llega al lugar de su consumo, el cloro residual, no debe ser menor de 0.10 P.P.M. ni necesita ser mayor de 0.35 P.P.M.; para aguas crudas es mejor mantener un poco más alto el cloro residual de 0.25 P.P.M. a 0.45 P.P.M. que son cantidades razonables para esta clase de aguas. Un residuo de 0.5 P.P.M. nunca ha causado malos efectos fisiológicos; sin embargo, el olor y sabor del cloro pueden ser objetables cuando el agua lleva demasiado cloro residual.

Las cloraminas, formadas por la adición de amoníaco con el cloro tienen ciertas ventajas; mantienen un residuo en el agua por más largo tiempo y disminuyen el sabor y el olor del cloro que se percibe cuando éste se usa sólo como esterilizador. La reacción de las cloraminas con las bacterias no es tan rápida como con el cloro solamente, pero lo mismo de efectiva con un poco más de tiempo.

Naturalmente que por el bien de la salud pública; es necesario siempre considerar la salubridad del agua cuando ésta llega al consumidor; por ésto, el control de la aplicación del cloro al agua, dependerá del cloro residual presente en el sitio de consumo y no en el punto de su aplicación.

e) *Arreglo del pH del agua filtrada para reducir la corrosividad del agua en el sistema de distribución.*

Siempre que el pH de una agua filtrada sea menor de 7.0 el agua puede causar considerable corrosión en las tuberías del sistema de distribución y en los calentadores de agua de las casas. Con frecuencia la cantidad de hierro disuelto por la corrosión produce un

color rojizo en el agua cuando ésta llega al consumidor. Un exceso de hierro en el agua causará manchas en la ropa que se lave con ella. Los daños causados en la red de distribución por la corrosión pueden producir grandes pérdidas económicas.

Por todas estas razones, se debe agregar cal a toda agua filtrada que tenga menos de 7.0 de pH para subirlo aproximadamente a 8.0 ó a 9.0 cosa que depende del carácter del agua. Es muy necesario que también este tratamiento sea controlado cuidadosamente para obtener buenos resultados. Un operador que no tenga el entrenamiento debido puede aplicar demasiada cal al agua y en esta forma poner alcalinidad cáustica en ella, lo que ocasionaría gruesos depósitos de cal en el sistema de distribución y en los tanques de agua caliente de las residencias.

La aplicación correcta de cal a una agua filtrada no produce efectos malsanos, y en muchos casos cuando la alcalinidad natural del agua es baja puede, por el contrario, producir beneficios.

Efecto de los procesos de la purificación del agua.

Ninguno de los procesos mencionados, tomado aisladamente, puede considerarse suficientemente efectivo para producir un agua sana en todos los casos; de la misma manera la combinación de algunos de éstos tampoco puede considerarse infalible en todos los casos. En gran parte su efectividad depende de la manera correcta como sean controlados por el personal.

Cada proceso en la purificación debe ser considerado únicamente como una línea de defensa, y no pueden ellos tratarse como procesos de manufactura que fabrican productos uniformes. Repito que la combinación de algunos de estos procesos de purificación debe considerarse como la colocación de varias líneas de defensa cuya eficiencia depende grandemente de la manera como se ejecuten y mantengan. Aún bajo el control más cuidadoso pueden no ser suficientes varios de los procesos de purificación, para producir una agua sana, porque se puede encontrar una agua tan altamente contaminada con aguas negras y en esta forma contener tal cantidad de bacterias, que los procesos ordinarios de purificación no sean suficientes para hacer de ella una agua sana.

En ese caso, se deben agregar líneas de defensa auxiliares en la forma de procesos adicionales de purificación.

El personal de una planta de purificación puede hacer inefectivos uno o más procesos de la purificación por no controlarlos correctamente. Un operador de plantas de purificación debe ser debidamente entrenado y tener suficientemente capacidad para entender lo requerido.

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

$$E = CR^n$$

En la cual:

E = Número de bacilos que queda en el agua después del tratamiento.

C = Constante de la eficiencia del tratamiento de purificación.

R = Número de bacilos coli en el agua cruda.

n = Una constante de resistencia de las bacterias.

Los valores de C y de n, pueden ser calculados 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 0.2 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 bacterias coli 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, sino que cada paso tiene un valor limitado 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 el cloro al agua que contiene bacterias, éstas no mueren todas instantáneamente; algunas sobreviven por más tiempo que otras; de suerte que 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 = número de bacterias al principio.

N_t = número de bacterias después de un tiempo t.

t = Tiempo.

K = constante del agente esterilizador.

Como algunas bacterias pueden sobrevivir más tiempo que otras, ustedes apreciarán la importancia de conservar cierta cantidad de residuo del agente esterilizador en el agua hasta el punto de su consumo. También pueden ustedes deducir ahora sus propias conclusiones sobre la eficiencia y seguridad de un proceso de purificación. Por ejemplo, si fueran a tratar un agua cruda tal como la del río Bogotá en algún punto abajo de la capital, seguramente no pensarían en tratar esta agua tan altamente contaminada, con cloro solamente y esperar hacerla segura para el uso público. Para esta agua podrían preguntarse si la coagulación, filtración y esterilización, pueden ser suficientes sin tener un operador muy 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.

Con el objeto de demostrar claramente los límites y la eficiencia de varios procesos de purificación se describirán y discutirán los siguientes experimentos, que fueron hechos por los estudiantes del Curso de Higiene en el laboratorio de la Planta de Vitelma.

Para estos experimentos se usó agua cruda sacada del Río Bogotá, en la bocatoma de la planta de purificación de Fontibón. El agua tenía las siguientes características:

pH	6.7	
Turbidez	38	P.P.M.
Color	30	"
Alcalinidad	10.5	"
CO ₂	2.1	"
Bacterias por c. c. en agar a 37° C.	4,800	

Experimento a). El objeto era determinar la eficiencia de la clorización de esta agua cruda sin hacerle ningún otro tratamiento, y su demanda de cloro.

Siete vasos, con un litro de agua cruda cada uno, se trataron con diferentes cantidades conocidas de cloro. La solución de cloro usada para el tratamiento se estandarizó cuidadosamente de manera que 1 c. c. de ella contenía 1 mg. de Cl₂.

Después de que se mezcló el cloro perfectamente con el agua cruda, se dejaron quietas las muestras por un período de 15 minutos, después de lo cual se les determinó el cloro residual usando el método de la Ortotolidina.

Las muestras fueron llevadas entonces al laboratorio bacteriológico y se sembró una porción de cada una de ellas en agar nutritivo para determinar su contenido bacterial. También se sembra-

ron 10 c. c. de cada muestra en caldo lactosado para determinar la presencia del grupo de bacterias coli-aerógenas. Los resultados de estos experimentos se ven en la tabla IV.

TABLA IV
EXPERIMENTO DE CLORIZACION DE AGUAS CRUDAS

Agua cruda del río Bogotá, en Fontibón.

Número de muestras	1	2	3	4	5	6	7
P.P.M. de cloro aplicadas	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Residuo de cloro después de quince min. de contacto, en P.P.M.	0	0	0	1.0	0.5	1.0	1.5
Demanda de cloro en P.P.M.				1.9	2.0	2.0	2.0
Ensayo para determinar la presencia del grupo coli-aerógenas en caldo lactosado a 37° C.	+	+	-	-	-	-	-
Número de bacterias por c.c. que quedaron después de 30 minutos de contacto	1,800	180	65	18	11	6	6
El agua cruda contenía 4.800 bacterias por c.c. a 37° C.							
% de bacterias remanentes	37.5	3.7	1.3	0.4	0.23	0.12	0.12

Los resultados de los ensayos anteriores demuestran claramente que aún con un cloro residual de 1.5 P.P.M., no se pueden quitar todas las bacterias de un agua cruda que contenga materia orgánica en suspensión; las razones fueron expuestas previamente.

También se ve la importancia del control correcto en la clorización del agua cruda, pues como las características cambian casi diariamente, se deduce que la demanda de cloro también cambiará en gran escala; por consiguiente la aplicación del cloro debe ser controlada por ensayos diarios de cloro residual en los sitios de consumo de la Red de Distribución.

Notarán ustedes que la demanda de cloro del agua del experimento era aproximadamente 2.0 P.P.M.

Se deben efectuar frecuentes ensayos bacteriológicos para verificar la eficiencia del tratamiento. Estos ensayos deben hacerse por lo menos una vez a la semana.

Experimento b). El objeto de este análisis fué el de hacer notar la eficiencia de la coagulación y sedimentación como proceso aislado para la purificación y también en combinación con la clorización.

Tres muestras de agua cruda se coagularon con la cantidad co-

recta de alumbre y cal y luego se dejaron sedimentar para quitar la materia suspendida; después se trataron con varias cantidades de cloro en la misma forma como en el experimento anterior. También se hicieron ensayos bacteriológicos.

Los resultados de estos experimentos se dan en la Tabla V.

TABLA V
ENSAYOS DE COAGULACION Y CLORIZACION

Número de las muestras	1	2	3
P.P.M. de alumbre aplicado	20	20	20
pH (se arregló agregando cal)	5.5	5.6	5.6
Turbidez del agua clarificada después de 10 minutos de sedimentación, en P.P.M.	5	5	5
Color residual del agua clarificada en P.P.M.	6	6	6
P.P.M. de cloro aplicado al agua decantada	6	0.5	1.0
P.P.M. de cloro residual después de 15 minutos de contacto.	0	0.04	0.50
Demanda de cloro en P.P.M.		0.46	0.5
Número de bacterias por c.c. a 37° C. en agar, después de 30 minutos de contacto con el cloro	240	1	1
% de remoción bacterial	95%	100%	100%
Ensayo para la presencia del grupo bacterial coliaerógenos en caldo lactosado a 37° C.	+	-	-

Nota: el agua cruda tenía 4,800 bacterias por c.c.

Este experimento demuestra claramente la alta eficiencia de la coagulación y sedimentación debidamente efectuadas, como también la de la clorización después de la clarificación. Nótese cómo se redujo la demanda de cloro de 2.0 P.P.M. con el agua cruda, a 0.5 P.P.M. en el agua clarificada. Casi todo el color y la turbidez, y cerca de un 95% del contenido bacterial se eliminaron por medio de la coagulación y sedimentación.

Los tanques de sedimentación casi siempre se usan para 3 horas o más de retención, mientras que nosotros sólo permitimos en este experimento 10 minutos de sedimentación.

El tratamiento de coagulación, sedimentación y clorización con frecuencia es suficiente para un abastecimiento de agua potable para el uso público. Esto sirve especialmente en pueblos pequeños, donde no existen fondos suficientes para instalar filtros y donde el agua cruda nunca tiene turbideces altas ni tampoco está en condiciones de recibir contaminación excesiva. Cuando se omiten

los filtros, el costo de una planta de purificación se reduce enormemente. Sin embargo se debe entender que es necesaria una operación inteligente para la efectividad del tratamiento.

Experimento c). El objeto de este experimento fué hacer notar el efecto de la filtración del agua coagulada en el experimento b). Se hizo un filtro en un tubo de vidrio de 5 cm. de diámetro, donde se puso una capa de arena de 30 cm. de espesor. El agua clarificada se filtró a través de la arena a una rata normal de filtración. ($120 \text{ M}^3/\text{M}^2$ de área de arena/24 horas). El agua así filtrada se trató con cloro y se hicieron los ensayos bacteriológicos lo mismo que en el experimento b). Los resultados de estos ensayos se ven en la Tabla VI.

TABLA VI

ENSAYOS DE COAGULACION. FILTRACION. CLORIZACION

Número de las muestras	1	2	3
Turbidez después de la filtración P.P.M.	0.3	0.3	0.3
Color después de la filtración P.P.M.	4	4	4
P.P.M. de cloro aplicado	0	0.5	1.0
Cloro residual después de 15 minutos de contacto, en P.P.M.	0	0.25	0.75
Demanda de cloro P.P.M.		0.25	0.25
Bacterias remanentes por c.c. después de 15 minutos de contacto con el cloro	600	0	0
% removido de bacterias	*	100	100

*) En este experimento hubo un aumento de bacterias causado por la arena del filtro, la cual no fué debidamente lavada antes de usarla.

El efecto de la filtración fué quitar prácticamente toda la turbidez y además reducir el color. La demanda de cloro se bajó a la mitad de la presentada por el agua coagulada y clarificada. Fué fácil eliminar todo el contenido bacterial con la esterilización, debido a la baja demanda de cloro del agua filtrada.

El trabajo del filtro es muy eficiente, pero hace solamente un 5% del trabajo que efectúa el proceso de coagulación y sedimentación. El costo de construcción de los filtros es muy alto. Cuando un pueblo pequeño no tiene los medios para construir una planta completa se puede idear la instalación de los filtros más tarde y mientras tanto, la clarificación y clorización son mucho más efectivas que la clorización del agua cruda solamente.

Los experimentos anteriores muestran claramente lo necesario

que es tener control y supervisión cuidadosos en los procesos de purificación, para que sean efectivos en la protección de la salud pública. También muestran que cada proceso de purificación tiene sus límites de eficiencia en el trabajo que efectúan.

VI—Normas de pureza para el agua potable e interpretación de los análisis sanitarios.

Se podría formular fácilmente una norma para la pureza del agua de un abastecimiento público, pero sería difícil y poco práctico ajustarse estrictamente a él en todos los casos.

Una norma de pureza para el agua se compone de muchos objetivos, de los cuales cada uno tiene diferente grado de importancia. Estos objetivos se pueden expresar en la siguiente forma:

a) El agua debe estar libre de peligros para la salud del público. No puede tener minerales tóxicos u otros elementos en cantidades dañosas, ni tampoco bacterias que causen enfermedades.

b) El agua debe ser de buen sabor al paladar. No debe tener sustancias que le causen mala apariencia, mal sabor o mal olor. Debe ser agradable para tomar.

c) El agua no debe contener cantidades objetables de minerales que la hagan indeseable para lavar ropa, o para otros usos domésticos.

d) El agua debe servir para usos industriales.

e) El abastecimiento de agua debe ser adecuado para dar un continuo suministro a todos los usos domésticos e industriales.

Naturalmente, nuestro principal deber es el de proteger la salud pública; en muchos casos las circunstancias no permiten llenar todas las características de las normas. En los Estados Unidos las normas del "U. S. Treasury Standard" para aguas potables, son aceptadas generalmente como guía para juzgar la calidad de un abastecimiento público.

Los límites permitidos bajo las normas del "U.S. Treasury Standard" y algunos otros límites aceptados de otras autoridades, se dan en la siguiente lista:

Límites prescritos por el "U. S. Treasury Department" para agua potable.

1. La turbidez debe ser menor de 5 P.P.M. $S iO_2$
2. El color debe ser menor de 10 P.P.M. de standard Platino Colbato.
3. Plomo, no debe haber más de 0.1 P.P.M.
4. Cobre, no debe haber más de 0.2 "

5. Zinc, no debe haber más de 5.0 “
6. Sulfatos como SO_4 no más de 250 “
7. Magnesio, no más de 100 P.P.M.
8. Sólidos, no más de 1000 P.P.M.
9. Cloruros con Cl^- no más de 250 P.P.M.
10. Hierro, no más de 0.3 P.P.M.
11. El agua no debe contener alcalinidad cáustica.
12. Carbonatos de sodio y de potasio no más de 50 P.P.M.
13. a) Un agua que contenga menos de 50. P.P.M. de dureza como CaCO_3 , se clasifica como una agua blanda
- b) Un agua que contenga de 50 a 100 P.P.M. de dureza como CaCO_3 , se clasifica como semidura.
- c) 100 a 200 P.P.M. de dureza se clasifica como agua dura.
- d) 200 a 300 P.P.M. de dureza es clasificada como agua muy dura.

Los siguientes límites también son generalmente aceptados:

1. El servicio de salubridad pública de los Estados Unidos (U. S. Public Health Service), declara que un agua potable no debe contener más de 1 P.P.M. de Fluor.
2. El profesor Sidney S. Negus, de la Escuela de Medicina del Estado de Virginia, declara que 1 P.P.M. de cloro residual no tiene efectos fisiológicos dañinos. También dice que 0.2 P.P.M. de Arsénico en el agua potable no es dañoso.

Aunque los límites anteriores no sean perfectos, ofrecen un criterio definido con el cual juzgar por los análisis de un agua si es sana y apropiada para el uso público.

Normas bacteriológicas:

Como casi en ningún pueblo pequeño hay facilidades para efectuar análisis bacteriológicos del agua potable, no es muy práctico pensar en emplear las normas bacteriológicas, en las presentes condiciones. Los límites del contenido bacterial pueden escribirse fácilmente pero serán de muy poco valor cuando no hay manera de controlarlos estrictamente.

Parece mucho más práctico controlar la cantidad de cloro residual de un abastecimiento de agua en el punto de su consumo. Los operadores dotados de inteligencia y capacidad comunes, pueden enseñarse a hacer estos ensayos de cloro residual eficientemente y con un equipo poco costoso.

Para estar seguros de que el cloro residual de una agua ha sido bien controlado, se pueden efectuar ocasionalmente, análisis bac-

teriológicos en un buen laboratorio, que esté equipado para estos análisis y el cual cuente con personal técnicamente entrenado para efectuar dichos trabajos.

Los análisis bacteriológicos practicados por individuos que no han sido técnicamente preparados, son de muy poco valor porque para interpretarlos se requieren conocimientos especiales.

De esta manera se puede especificar el límite más bajo del cloro residual para un abastecimiento de agua, de manera que el margen de seguridad sea muy amplio, cuando se controle debidamente.

Si los resultados de los análisis sanitarios de un agua, no son interpretados inteligentemente, tienen poco valor. El interpretar correctamente un análisis no es siempre cosa fácil, pues si no se consideran debidamente todos los factores y condiciones particulares, muy a menudo se llega a conclusiones erróneas.

El significado de la presencia de ciertos elementos hallados en cantidades poco usuales puede depender de cómo se originaron éstos en el agua; por ésto, es esencial que toda agua que va a ser analizada, lleve adjunta muy completa la siguiente información:

- a) Una descripción muy completa de la procedencia de la muestra, en que se mencionen todas las condiciones que puedan explicar cualquier extraña característica que pueda resultar en el análisis.
- b) Información completa acerca de la toma de la muestra, inclusive todos los pequeños detalles.
- c) Información completa sobre el objeto del análisis. Es decir: debe estipularse claramente cuál es la información que se desea obtener.

Si se usan los límites de pureza dados por las normas mencionadas anteriormente como una guía, no será difícil llegar a algunas conclusiones definidas acerca de la calidad de las diferentes aguas cuyos análisis se dan en la Tabla I.

VII—Descripción de los problemas que en relación con la salud pública se están presentando actualmente en los abastecimientos de agua en Colombia.

- a) Abastecimientos con aguas superficiales no purificadas o no esterilizadas que incluyen fuentes y lagos pequeños o estanques.

No será necesario discutir más los peligros que existen en conexión con un abastecimiento de agua, como el río Bogotá, un poco abajo de la capital. Esta agua definitivamente está contaminada con las aguas negras de la ciudad.

Existen casos de peligro por aguas superficiales contaminadas,

las cuales no son tan claramente reconocibles, pero que también pueden ser desastrosas en algunas ocasiones. Con el objeto de describir estos casos citaremos un ejemplo muy común.

Un pequeño pueblo trae su abastecimiento de agua de un arroyo que nace en una montaña. La pendiente de los cerros, a cada lado del valle, es bastante fuerte. Hay caminos que pasan paralelamente al arroyo bordeando los cerros. Estos caminos son frecuentados diariamente por gente y por animales, los que depositan libremente materias fecales por todas partes cerca del camino. Durante el verano se van acumulando estas materias fecales hasta que inesperadamente cae una fuerte lluvia y arrastra todos esos depósitos de impurezas hasta el arroyo; las fuertes pendientes de los cerros ayudan a efectuar ésto muy rápidamente. Por consiguiente de un momento a otro el arroyo o fuente recibe una gran concentración de bacterias, incluyendo muy posiblemente concentraciones peligrosas de bacterias que causan enfermedades intestinales.

Se sabe que la vida activa del bacilo tífico en el agua es comparativamente corta pero que estos bacilos pueden vivir por meses en excrementos, aún cuando estén congelados.

En este caso de fuentes que bajan rápidamente de las montañas, la contaminación puede existir sólo por unos pocos días, en los que mucha gente puede resultar infectada. Durante el período de incubación de la enfermedad, la contaminación de la fuente desaparece y se hace difícil encontrar las causas de las enfermedades.

Los lagos pequeños o estanques que se contaminan de la misma manera pueden volverse peligrosos durante un tiempo más largo por razones obvias.

Si se efectúa ocasionalmente un examen bacteriológico de una de esas fuentes de abastecimientos de aguas superficiales, este análisis puede no tener mucho valor porque las circunstancias pueden cambiar rápidamente.

b) *Aguas de pozo no tratadas o sin esterilización.*

Los aljibes pandos pueden contaminarse muy fácilmente de la misma manera que las aguas de fuentes superficiales. Las tapas de los aljibes por lo general mal hechas, permiten que las aguas superficiales entren al aljibe durante las lluvias fuertes.

Tanto los aljibes hondos como los pandos, pueden contaminarse por los tanques sépticos o por las alcantarillas mal construídas. Las aguas negras de los tanques sépticos o de los alcantarillados, pueden infiltrarse a través de los estratos inferiores, a cualquier aljibe o pozo que se halle en un nivel más bajo o aún al mismo ni-

vel. Estas contaminaciones ocurren por lo general en ciertas estaciones del año.

Los aljibes contaminados han causado epidemias muy serias. En muchos pueblos pequeños de Colombia que no tienen sistema de alcantarillado, las aguas negras van a los tanques scépticos. El peligro de contaminación de los aljibes en estos pueblos pequeños es muy grande.

En la Fig. III, se muestra cómo se pueden contaminar los pozos y aljibes por medio de los tanques scépticos.

Los análisis bacteriológicos tomados ocasionalmente de las aguas de pozos o aljibes no ofrecen seguridad continua de salubridad, si no se está absolutamente seguro de que por los alrededores y vecindades no puede existir contaminación de ésta índole. En la ciudad de Bogotá, se ha probado que ha habido algunos aljibes contaminados con aguas negras. Sería completamente erróneo pensar que los aljibes localizados en el centro de esta ciudad están exentos del peligro de contaminación. Las condiciones actuales no permiten que se tenga esa seguridad.

c) *Problemas en conexión con el tratamiento de aguas.*

Estos problemas los discutiremos bajo varios aspectos a saber:

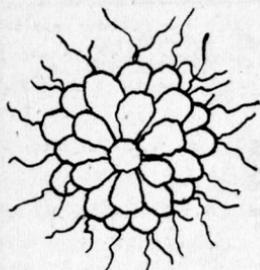
1. *Plantas para tratamientos.*

Es casi innecesario decir que los estudios para el diseño de plantas completas de filtración deben ser hechos únicamente por ingenieros especializados y que tengan experiencia en el ramo de purificación de las aguas. Estos son problemas de ingeniería y no de salud. Sin embargo, se debe recordar que es necesario suministrar un equipo adecuado tanto para la clorización de un agua cruda, como para cualquier otro proceso de purificación. Ya hemos visto qué tan difícil es sanear un agua cruda solamente por medio del proceso de clorización y es obvio que se requiere también su operación correcta e inteligente.

Para clorizar correctamente un agua cruda se necesita tener un medidor para conocer la rata de flujo, puesto que no se podría aplicar la cantidad correcta de materias químicas sin saber cuánta agua se está tratando. La capacidad del clorizador debe ser tal, que se pueda regular debidamente para la cantidad de agua que hay que tratar y para su demanda de cloro. Muy a menudo se cloriza un agua cruda en la forma más imprecisa e inefectiva.

2. *Personal.*

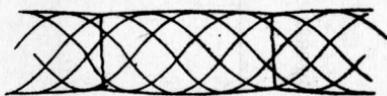
En todas estas conferencias, repetidas veces se ha venido demostrando y recalcando, que solamente se debe permitir a operado-



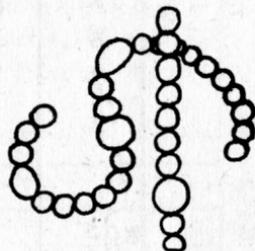
Synura
CRISOFICEA



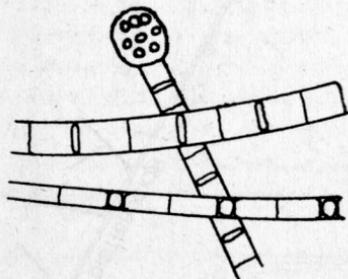
Cyclops
CRUSTACEA



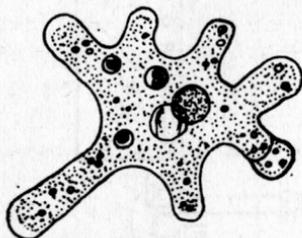
Spirogyra
CLOROFICEA



Anabaena
CYANOFICEA



Melosira
DIATOMACEA



AMIBA
PROTOZOA

FIG. I

ALGUNOS ORGANISMOS MICROSCÓPICOS QUE SE ENCUENTRAN EN EL AGUA CRUDA

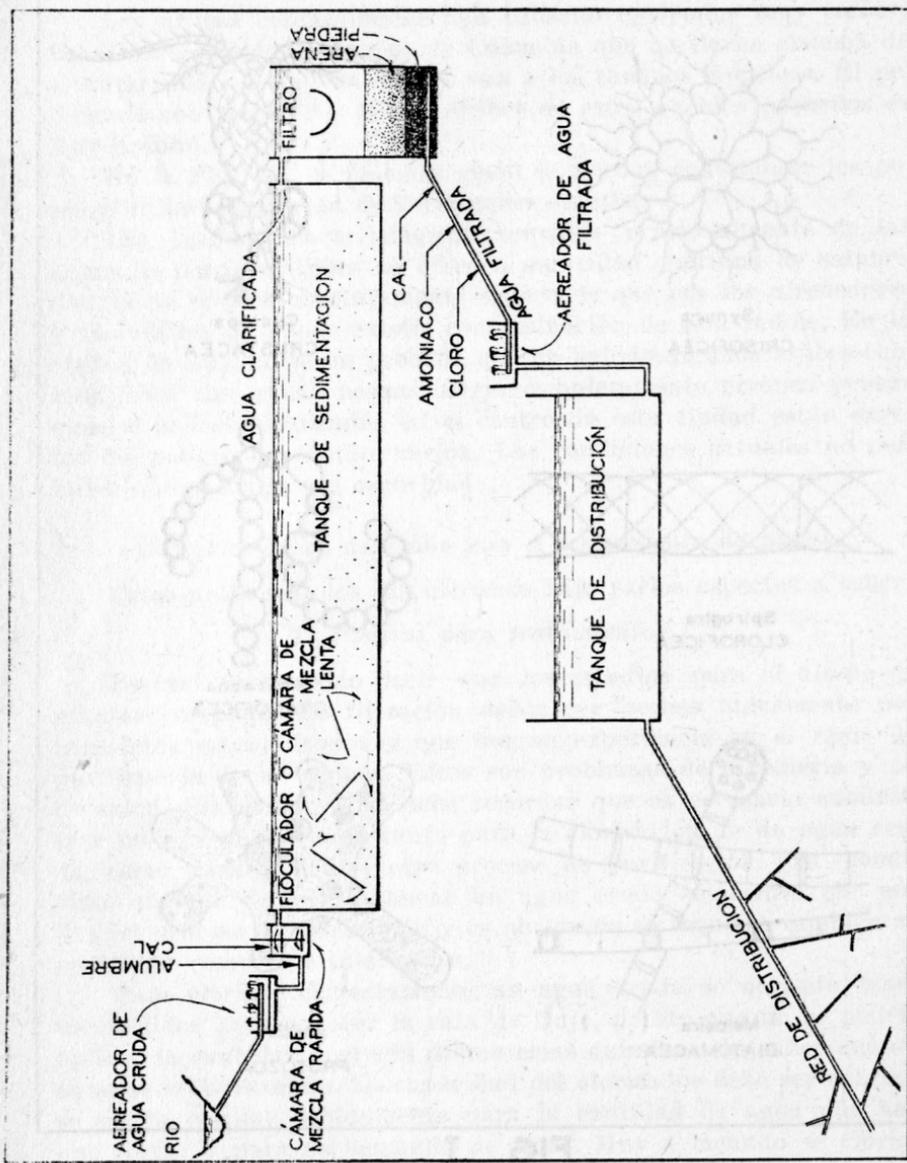
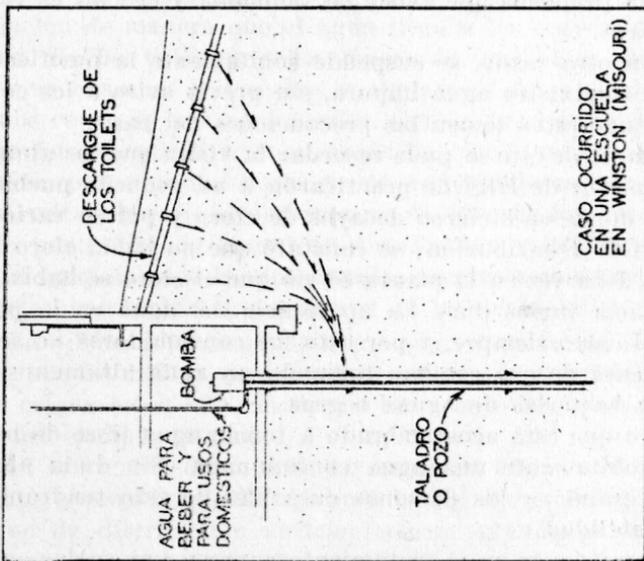


FIG. II

ESQUEMA DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS



CASO OCURRIDO EN UNA ESCUELA EN WINSTON (MISSOURI)

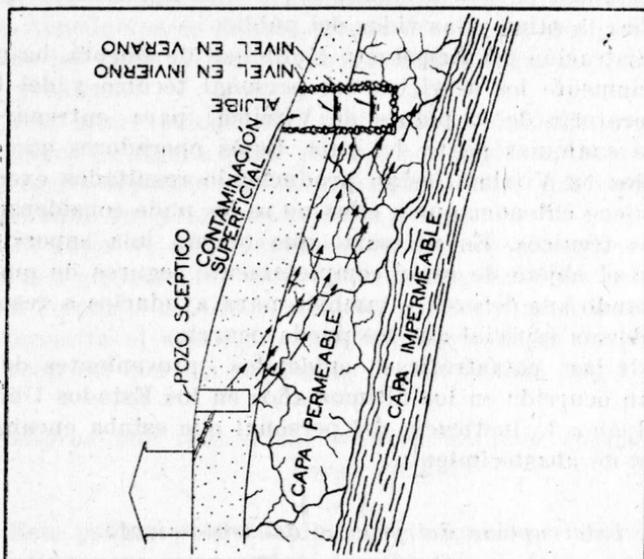


FIG. III

CONTAMINACION POR UNA ALCANTARILLA.

CONTAMINACION DE UN ALJIBE POR UN POZO SCEPTICO EN PERIODO SECO, Y POR AGUAS SUPERFICIALES EN PERIODO LLUVIOSO.

res debidamente entrenados e inteligentes, el control de los procesos de purificación del agua. La influencia política debería ayudar en lugar de obstaculizar para seleccionar el personal adecuado, a quien se pueda confiar la salud y las vidas del público.

La administración del Acueducto Municipal de Bogotá, ha ofrecido voluntariamente los servicios del personal técnico y del bien equipado laboratorio de la planta de Vitelma, para entrenar los operadores de cualquier parte del país. Estos operadores que han sido preparados en Vitelma, están produciendo resultados excelentes. Pero conviene entender que a ellos no se les puede considerar como individuos técnicos. Es necesario que tengan una supervisión ocasional, con el objeto de estar completamente seguros de que no están descuidando sus deberes y también para ayudarlos a resolver cualquier problema especial que les pueda ocurrir.

Muchas de las catastróficas epidemias provenientes de las aguas, que han ocurrido en los últimos años en los Estados Unidos, se pueden culpar a la ineficacia del personal que estaba encargado de las fuentes de abastecimiento.

3. *Interrupción del proceso del tratamiento.*

Este es un problema que existe en Colombia y el cual es verdaderamente grave.

Por una u otra razón, se suspende súbitamente la purificación del agua y se suministra agua impura, sin previo aviso a los consumidores para que éstos tomen las precauciones del caso.

Como ejemplo de ésto se puede recordar la visita que los alumnos del Curso Superior de Higiene practicaron a un pequeño pueblo de la Sabana en donde se hicieron ensayos de cloro y pH en varios sitios de la Red de Distribución; se constató que no había cloro residual ninguno. Una vez en la planta, se vió que el cloro se había acabado desde hacía varios días. La apariencia del agua en la población era igual como siempre, y por esto los consumidores no se habían dado cuenta de que estaban tomando un agua altamente contaminada con bacterias de aguas negras.

El público que está acostumbrado a tomar agua libre de bacterias, recibe súbitamente una agua contaminada. Sin duda alguna el peligro es grande, y las personas culpables de ésto tendrán una gran responsabilidad.

Las interrupciones en el tratamiento ocurren por varias causas de las cuales la más irrazonable es la de que las Administraciones de los acueductos de los pueblos pequeños no se proveen de las materias químicas requeridas para el tratamiento, y el operador de la planta se ve forzado a mandar agua no tratada, al público. Tam-

bién en muchos casos la Administración no coopera con los operadores para proveerlos del equipo de laboratorio necesario para controlar los procesos del tratamiento. Si las administraciones de dichos Acueductos se dieran cuenta de que su negligencia está exponiendo las vidas de sus propias familias, seguramente se eliminaría este problema.

Las interrupciones del tratamiento también ocurren a veces por daños en alguna parte del equipo. Se deben tener a la mano los principales repuestos de la maquinaria cuyo funcionamiento es indispensable en la operación de la planta.

El valor de estos repuestos no es muy alto y en caso de daño se tienen que comprar de todas maneras. En estos casos también se puede culpar a la Administración por no suministrar los repuestos que necesita el operador. Los Administradores de Acueductos deben cooperar con sus empleados de las plantas de purificación.

4. Peligros que trae el dar servicio de agua solamente a ciertas horas del día.

Este peligro puede explicarse claramente mediante un caso común: Supongamos un pueblo localizado en la falda de un cerro, cuyo tanque de distribución se halle a una elevación superior a la de la población de manera que el agua llega a los consumidores por gravedad. En las tuberías subterráneas de un sistema de distribución son muy comunes los escapes y algunos de éstos pueden estar localizados cerca de una alcantarilla. Con la presión del agua estos escapes buscan salida a la alcantarilla, pero cuando se suspende el servicio por algunas horas y los consumidores siguen usando el agua, naturalmente al desocuparse la tubería se presenta un vacío en la parte alta de la red de distribución y entonces en lugar de que el agua salga a la alcantarilla, ocurre lo contrario, es decir, la tubería absorbe las aguas negras de la alcantarilla.

La epidemia de amibiasis que ocurrió en la ciudad de Chicago en el año de 1933 y que causó la muerte de multitud de personas, tuvo origen en el edificio de un hotel bajo las mismas circunstancias del ejemplo citado.

El servicio de agua debe ser continuo día y noche, para lo cual se debe operar la planta durante las 24 horas del día, o tener un tanque de distribución suficientemente grande para que durante las horas en que no esté trabajando la planta no se suspenda el servicio. Es obvio que una planta que no trabaja sino 12 horas durante el día, deberá tener aproximadamente el doble de la capacidad si se operara las 24; naturalmente para esto último se requiere más de un operador y el costo del personal aumenta. Sin embargo se de-

be considerar también el mayor costo que implica la construcción de una planta más grande. A los nuevos acueductos que se están diseñando se les podría estudiar la manera de dar servicio durante las 24 horas del día.

A pesar de que actualmente en Colombia existen algunos otros problemas relacionados con los abastecimientos de agua, tales como trabajos deficientes de plomería etc., el suscrito cree que los problemas mencionados son los más importantes a los cuales pueden ustedes ayudar con facilidad.

VIII.—Resumen de los problemas a los cuales pueden ustedes prestar eficiente ayuda.

a) Usen su influencia para obtener agua sana potable y adecuada en todas las ciudades y pueblos.

Indudablemente una de las mayores dificultades está en conseguir los fondos para desarrollar esos proyectos, por lo cual no será posible proveer de Plantas completas de purificación de aguas a todas las poblaciones de la República, en corto tiempo; sin embargo, cierta protección a la salud pública puede y debe conseguirse.

Si no hay fondos suficientes para una completa Planta de purificación de agua, en muchos casos sí hay dinero con qué poder clarificarla y esterilizarla, dando así un agua más sana y más potable. Para ésto se construirían los tanques de coagulación y sedimentación y se omitirían los filtros, que podrían instalarse cuando las posibilidades económicas lo permitieran.

Si no hay dinero para proceder a la clarificación del agua, debe de todos modos conseguirse la esterilización. Debido a las dificultades para clorizar un agua cruda para hacerla sana, se debe tener el mismo cuidado en el diseño de una planta de clorización que en una planta completa de tratamiento.

Los problemas de cada ciudad o pueblo pueden ser muy distintos y cada caso debe ser cuidadosamente estudiado para determinar las necesidades inmediatas.

El agua cruda que una población está usando, rara vez se enturbia, de suerte que la sola esterilización dará un abastecimiento sano y potable hasta conseguir los fondos para un mejor tratamiento. En otros casos, similares al de la población de Fontibón, el agua cruda está siempre turbia y altamente contaminada, y la sola clorización no es suficiente, bajo ninguna circunstancia.

A cada caso debe prestársele la atención necesaria para que se le provea de las más inmediatas necesidades. Se ve claramente que el diseño de cualquier clase de planta de tratamiento de aguas

deberá ser hecho por Ingenieros competentes, que tengan práctica en tratamiento de aguas.

Muy a menudo el costo de una planta de tratamiento es muy alto respecto a lo que debería ser, especialmente en el caso de pueblos pequeños. De la misma manera se ven instalados equipos complicados que podrían ser substituídos por otros más simples y fabricados aquí en Colombia, que dieran los mismos resultados además de facilitar la operación.

b) Usen su influencia para obtener personal adecuadamente entrenado para las Plantas de purificación.

Bastante se ha dicho ya para hacer notar la importancia de este problema.

En una pequeña planta, el "operador promedio" aunque tenga una preparación conveniente, no es persona que puede compararse con un médico o con un ingeniero. Por consiguiente necesita una supervisión ocasional que determine si la Planta está o nó operada y mantenida propiamente.

Aún el operador más consciente, después de cierto tiempo se volverá negligente en su trabajo porque olvida la importancia de la esterilización, etc., debido a que no entiende fundamentalmente los peligros que ésto encierra.

A ustedes se les enseñó en el Laboratorio cómo puede analizarse rápidamente una agua tratada por medio de los ensayos de pH y cloro residual, para ver si ha sido tratada eficazmente. Ustedes mismos hicieron estos ensayos en dos pequeños pueblos donde existen abastecimientos de agua tratada; encontraron que en uno de ellos el tratamiento era deficiente. Fácilmente puede verse el valor del trabajo que ustedes pueden efectuar en relación con el control de un abastecimiento público.

El único equipo que necesitan ustedes para ésto es un aparato portátil para determinar cloro y pH, semejante al manufacturado por la casa "Hellige Co."

c) *Epidemias de enfermedades intestinales.*

Este es un problema directamente relacionado con su profesión, y el suscrito no pretende ampliar los conocimientos de ustedes en esta materia. Sin embargo, muchas veces, cuando aparecen epidemias aún ligeras, se critica sin fundamento alguno al abastecimiento del agua, siendo así que frecuentemente no es ésta la causa. Si la epidemia proviene del agua, lo más importante está en hallar la causa y eliminarla para evitar repeticiones futuras. Este es sin duda alguna un problema en el cual todos los médicos deben cooperar.