

Memoria sobre la conveniencia de cubrir los filtros lentos en nuestro país

I. *Antecedentes.*—Al estudiar los filtros lentos de Riecillos, he debido considerar la conveniencia de cubrirlos, y como el tema me ha parecido de actualidad, he creído interesante reunir los antecedentes que me han servido para resolver la cuestión en la presente Memoria.

Me han servido para ello, principalmente, los interesantes trabajos de Allen Hazen y George C. Whipple, las autoridades más competentes en la materia. La escasa experiencia que se desprende de la explotación de las plantas de filtros lentos que existen en nuestro país, no permite llegar a una conclusión sobre la materia. Las dificultades observadas en Peñuelas no corresponden sino que a un caso aislado, que no se puede generalizar.

II. *Factores que se relacionan con la cubierta.*—Los que tienen mayor importancia son los que cito a continuación y que trato en detalles más adelante:

- 1.º Inviernos crudos;
- 2.º Excesivo desarrollo de algas;
- 3.º Factores de menor importancia.

1.º—*Inviernos crudos.*—Los grandes fríos invernales tienen sobre los filtros descubiertos dos efectos perjudiciales, aumentan el costo de explotación y dis-

minuyen la eficiencia bacteriológica. La formación de una espesa capa de hielo sobre la superficie del agua, obliga a efectuar un trabajo difícil, como es su extracción, cada vez que hay necesidad de lavar el filtro. El efecto sobre la eficiencia bacteriológica, no está bien explicado, pero es universalmente admitido: parece provenir de la disminución del área filtrante provocada por la dificultad en las limpiezas, lo que obliga a mantener más unidades fuera de servicio; de perturbaciones y roturas de la capa filtrante ocasionadas por los trozos de hielo, que a veces adquieren tal espesor que llegan cerca de la arena; de congelaciones de la arena durante las limpiezas, la que se mantiene un tiempo después que en el filtro se ha vuelto a poner en servicio, con perturbación de la filtración.

Allen Hazen, en su obra «The Filtration of Public Water Supplies», después de estudiar las dificultades observadas en las plantas de filtros lentos en explotación tanto en Europa como en los Estados Unidos, llega a la conclusión que los filtros lentos deben cubrirse cada vez que la temperatura media del mes más frío del invierno, sea inferior a 0° C., es decir inferior a la de con-

gelación del agua. Esta norma ha sido generalmente aceptada, la que se puede comprobar leyendo las citas que se acompañan más adelante.

La cubierta más conveniente para defender el filtro contra el frío, es la de bóvedas de concreto armado, recubiertas con una espesa capa de tierra, que sirve de aislador.

2.º—*Excesivo desarrollo de algas.*—Las algas que se encuentran en el agua potable, y que tienen relación con la filtración, son en gran mayoría micro-organismo unicelulares, que tienen clorofila u otra materia similar. Generalmente se propagan por división celular.

La perturbación que ellas producen, está relacionada con la abundancia con que se encuentra en el agua. Wipple propuso, que como medio de contarlas se adoptara una unidad, llamada unidad standard, que determina la proporción en volumen en relación a un c. c. de agua. La cuenta de las algas se hace por intermedio del microscopio, el campo de este se hace abarcar 1 milímetro cuadrado, de una placa que contiene el agua por examinar, en 1 milímetro de espesor, es decir se observa 1 mm³ de agua. El campo del microscopio está dividido en 100 cuadrados y uno de ellos en 25 cuadrillos. La superficie de uno de estos cuadrillos es una unidad standard; ellas se expresan por centímetro cúbico; al decir que una muestra tiene 200 unidades, se indica que ella tiene tal número por cada centímetro cúbico del agua examinada.

Las algas son estructuras finísimas, sumamente delicadas, bastando cualquier golpe para destruirlas. Encuentran su alimento en las substancia que contiene el agua, las que asimilan mediante la clorifila, o la substancia similar, que contienen, substancia que obra bajo la influencia de la luz solar.

Al clasificar las aguas en relación a la mayor o menor facilidad que encuentran las algas para su vida y desarrollo, Wipple hace la siguiente división; aguas de vertientes, subterráneas, de ríos, de lagos naturales y embalses.

Las dos primeras clases de aguas, no tienen importancia en nuestro estudio, por tratarse de aguas desprovistas de materias de suspensión que no necesitan filtración. No nos ocuparemos de ellas.

Las aguas de ríos no constituyen un medio muy favorable para la vida de las algas y generalmente el número que se encuentra en ellas es reducido, salvo en el caso que tengan su origen en algún lago, del cual adquieran sus características. Los organismos que más se encuentran en estas aguas son sedentarios, los que son arrastrados en épocas de grandes creces. Cuando las aguas de ríos se conducen por canales, es probable que las algas sean más abundantes en las aguas del canal que en las del río, pero en muy contados casos producen dificultades cuando ellas se captan en agua potable. En observaciones hechas en 10 ríos de los Estados Unidos, Wipple encontró, que en períodos que abarcaban más de un año, los términos medios de unidades standard fluctúan entre 27 y 199, predominando las Diatomáceas.

Toda superficie de agua tranquila, que es el caso de los lagos y de los embalses, está expuesta a contener organismos microscópicos en cantidades considerables. Lo anterior se hace más notable cuando el lago es poco profundo, cuando está cargado de substancias nitrogenadas y cuando recibe aguas lluvias que se colectan en hoyas fértiles. En 10 lagos naturales, Wipple observó que los términos medios de unidades de algas fluctuaban entre 242 y 2306. La es-

pecie predominante era la Diatomacea. Las unidades observadas en 10 embalses fluctuaron entre 95 y 3214, con predominancia de las Diatomaceas.

Los elementos y condiciones esenciales de un agua, para el crecimiento, vida y multiplicación de estos microorganismos, son múltiples, siendo los de mayor importancia: la luz, la temperatura, el reposo y la mayor o menor cantidad de materias en disolución en el agua que constituyen el alimento de estos seres. Cuando todos estos factores se reúnen en forma favorable, la abundancia con que se encuentran alcanza a su máximo. Estas condiciones de vida no son constantes en una misma agua, lo que da origen a variaciones más o menos periódicas que afectan la cantidad y las especies de algas encontradas.

La luz tiene una importancia predominante en todos los organismos que contienen clorofila, o una substancia similar, que es el caso de la mayoría de los encontrados en el agua potable. Sólo bajo la influencia de la luz, obra esta materia, transformando las materias disueltas en el agua y el anhídrido carbónico, en almidones y otros hidrocarburos. Este proceso se llama la «fotosíntesis», y es esencial en su vida. Las diatomáceas, que es la especie que se encuentra con mayor abundancia, es muy sensible a la luz, siendo su desarrollo proporcional a su intensidad. En razón de lo anterior, las turbideces y el color que disminuyen las transparencias del agua, disminuyen el crecimiento de las algas, en aguas claras éstas crecerían hasta profundidades de 15 mts., en cambio, en aguas turbias este crecimiento se puede ver limitado a en unos pocos centímetros.

La temperatura no tiene un influencia bien definida sobre estos organismos, mientras unos prefieren las temperatu-

ras altas para su desarrollo, otros lo hacen de preferencia con temperaturas moderadas. En la India, donde las temperaturas de verano son tan elevadas, se observa un enorme desarrollo de ellos, durante el verano. La influencia de la temperatura se puede observar más bien estudiando las variaciones periódicas durante el año, variaciones que se han observado tanto en Europa como en los Estados Unidos. Durante el invierno las diatomáceas solas están representadas, algunas especies se desarrollan en gran abundancia. En la primavera y hacia el final de ella, las diatomáceas alcanzan su mayor desarrollo. El alga verde aparece en primavera y se desarrolla en verano; las formas comunes crecen abundantemente en aguas con temperaturas entre 15° y 27° C., cuando encuentran bastante alimento y luz. El alga azul verdosa se encuentra abundantemente al final del verano, continuando su crecimiento hasta el tiempo frío; las temperaturas favorables para ello son las inferiores a 21° C. Lo mismo sucede con la Anabaena, Clathrocystis y la Coelosphaerium.

El reposo del agua es favorable al desarrollo de las algas, lo que se explica recordando la extrema delicadeza y fragilidad de estos organismos que se destruyen con el menor choque.

La composición química o sea las materias en disolución en el agua, tiene gran importancia ya que proporciona el alimento de estos organismos. No está bien determinado cuáles son los elementos que favorecen su desarrollo, pareciendo tener la mayor importancia los nitrogenados y las que forman la dureza del agua. Wipple ha analizado la cuestión estudiando estadísticamente la cantidad de algas en relación al análisis químico, en 57 lagos y embalses del Estado de Massachusetts. El cloro tiene

poca importancia, se observa mayor crecimiento de algas cuando la proporción de cloro indica una contaminación del agua, es decir, es una indicación indirecta. La dureza del agua, es decir, la abundancia de carbonatos y sulfatos de calcio y de magnesio, cuando sobrepasa de 20 partes por millón favorece el desarrollo de las *diatomáceas*; parece probable que ello se debe a la mayor cantidad de anhídrido carbónico libre que acompaña a las aguas muy duras, lo que estimula su desarrollo. Las *materias nitrogenadas* son esenciales para todo ser viviente, lo que se ve demostrado por la estadística en este caso; de los cuatro estados de esta materia, es decir: amoníaco albuminoide, amoníaco libre, nitritos y nitratos, este último y el amoníaco libre, demuestran tener una influencia preponderante. Cuando el amoníaco libre sobrepasa de 0,100 partes por millón se observan aguas cargadas con algas. La influencia de los nitratos no es tan clara, parece presentarse cuando están en mas proporción de 0,200 partes por millón. Es conveniente recordar que las cifras anteriores se refieren a casos de lagos y embalses que no se pueden generalizar.

Pasaremos a ocuparnos ahora de los inconvenientes que presenta en el agua potable el desarrollo excesivo de algas, ellos son: olores y sabores desagradables, aspecto desagradable e inconvenientes en la filtración. Según datos del Manual de Flinn, Weston and Bogert, los siguientes son los números de organismos que producen olores y sabores perceptibles:

Organismos	N.º de org. por cada c. c.	Unidades estandardec/u de los org.
Cyclotella	5,000.—	0.1
Melosira	3,000.—	0.5
Anabaena	17.—	1.-
Scenedesmus	25,000.—	0.2
Synedra	5,000.—	1.-

La presencia de estos microorganismos en gran abundancia comunica al agua un aspecto desagradable debido principalmente a la turbidez, lo que se elimina con la filtración.

El punto más interesante para nosotros es lo que se refiere a la filtración y que trataremos a continuación. Los inconvenientes observados son de dos órdenes, el primero y más importante tiene relación con la explotación del filtro y el segundo con la calidad del agua obtenida. Estos inconvenientes sólo se observan cuando la cantidad de algas que contiene el agua alcanza un cierto valor. Según Wipple, la presencia de algas en una proporción menor de 500 unidades estandar por c.c., no causa ningún inconveniente; entre 500 y 1,000 unidades producen pequeños inconvenientes; entre 1000 y 2000 estos inconvenientes se hacen apreciables; entre 2000 y 3000 ellos son importantes, y sobre 3000 ocasionan serios inconvenientes en la filtración tanto lenta como rápida. Cuando la proporción de algas es pequeña la elección da alguno de estos métodos de purificación, queda determinada por razones de orden, siendo ella independiente de la presencia de estos microorganismos.

En la filtración lenta en filtros descubiertos, en los cuales la superficie de la arena está siempre cubierta con agua, las algas se desarrollan sobre la arena, este desarrollo no es una mera acumulación, sino que una multiplicación de estos microorganismos, como quedó demostrado en la experiencia de Wipple. Se distinguen tres formas de crecimiento, los que crecen formando una película sobre la arena, los que está sujetos a la arena pero que se extienden hacia arriba en filamentos u hojas y los que flotan libremente en el agua. El efecto más importante sobre la filtración es el

dé los organismos que forman una película sobre la arena, gran parte de ellos están rodeados de una substancia gelatinosa, la que hace más densa esta película; el rendimiento del filtro disminuye hasta que se hace necesario un raspaje. Los que crecen hacia arriba, sujetos a la arena, no contribuyen a colmatar el filtro, por el contrario su efecto es beneficioso, sus hojas ondulantes actúan como una especie de tamiz preliminar que elimina del agua parte de las materias en suspensión; esta acción continúa mientras las plantas están vivas, pero cuando ellas comienzan a decaer o cuando están muy cargadas con materias extrañas se depositan en el fondo y ayudan a colmatar el filtro. Las formas que flotan libremente tienen poca influencia mientras ellas se mantienen en suspensión, sin embargo también tienen su parte en el proceso de clarificación; pero finalmente, en la época de decadencia, llegan a la superficie del filtro, contribuyendo a su colmatación. La aceleración de la colmatación puede alcanzar valores considerables en épocas apropiadas para los desarrollos de algas, y así mientras en épocas normales los raspajes deben hacerse cada dos meses, cuando el agua es rica en algas el filtro puede llegar a colmatarse en menos de una semana.

Cuando el desarrollo de estos organismos es muy vigoroso sobre la arena, la evolución gaseosa adquiere tal importancia, que los gases arrastran consigo pedazos de la película filtrante, dejando trozos de la superficie de la arena descubiertos, que permiten el abundante paso del agua, con desmejoramiento de la eficiencia del filtro.

Estudios llevados a cabo en los filtros de Hamburgo y de Amberes, demuestran que cuando la vegetación que crece sobre la arena está viva, es una ayu-

da positiva para la eficiencia de la filtración, aunque por otro lado aumenta el costo de explotación, por cuanto con su película gelatinosa ayudan a la formación de la película superficial sobre la cual descansa la eficiencia de la filtración. Esta película se forma en los filtros cubiertos únicamente por agentes bacteriológicos.

Las experiencias de Strohmeys han demostrado que algunas algas ejercen una influencia esterilizadora en el agua en que se desarrollan. Así observó, que cuando el agua cruda de los filtros de Hamburgo tenía 0 unidades de *Clathrocystis*, el número de bacterias era de 1500 por c.c., el que bajó a 60 cuando las unidades subieron a 17200.

Los inconvenientes que presentan las algas y que afectan la calidad del agua son: los olores y sabores que ya hemos tratado y el aumento de la cantidad de anhídrido carbónico libre durante los períodos de decadencia de estos organismos. Este aumento puede llegar a ser de tal importancia que el anhídrido carbónico ataque a las cañerías de fundición produciendo el «red water». La eliminación de estos males no es algo muy difícil, los olores y sabores se eliminan por medio de una aereación del agua, que permite la eliminación del hidrógeno sulfurado y de los aceites aromáticos que contienen las algas y que son las que producen el olor. La aereación elimina gran parte del anhídrido carbónico, defecto que también se puede corregir, agregando una pequeña proporción de cal, que lo neutraliza.

Cuando el crecimiento de algas es excesivo, es imposible eliminarlas por los métodos ordinarios de filtración, (lenta o rápida), siendo necesario someterla a una aereación, pasarla por un prefiltro o someterla a una filtración intermitente (purificación de servaje). La elección de

algunos de estos sistemas depende de las circunstancias, y no nos ocuparemos de ellos por no constituir el fin de nuestro estudio.

3. *Factores de menor importancia.*—Fuller, en la discusión de los filtros de Albany, indica como ventajas de los filtros cubiertos las siguientes:

La temperatura del agua se mantiene uniforme, lo que produce una fricción constante en la arena, con mejoramiento de la eficacia de la filtración.

Se evita la acción de los rayos del sol y del calor sobre la arena, en las limpias, evitando el resecamiento de la arena que se presenta en los filtros descubiertos, y que obliga a hacer raspajes más profundos.

Evita la acción del viento sobre la superficie del agua, lo que permite una mejor decantación dentro del filtro. Impide la caída de nieve y de lluvias sobre la arena, durante las limpias, evitando raspajes profundos que son necesarios, en estos casos, en los filtros descubiertos. Independiza las limpias del filtro del estado del tiempo.

Refiriéndose a esta opinión de Fuller, Allen Hazen dice lo siguiente: «W. Fuller y Fowler, han sugerido que los filtros cubiertos tienen otras ventajas fuera de la protección contra las heladas que los hacen deseables, aún en climas donde la cubierta no es impuesta por el hielo. A veces este puede ser el caso pero debe entenderse, que dejando a un lado las heladas, la cubierta presenta ventajas y desventajas». Observa que el Dr. Strohmeyer después de hacer extensas investigaciones, ha llegado a la conclusión que los filtros descubiertos tienen decidida ventaja sobre los cubiertos.

IV. *Opiniones autorizadas.*—Antes de entrar a discutir y comparar las soluciones de filtros lentos cubiertos o descubiertos me ha parecido oportuno citar al-

gunas opiniones autorizadas al respecto que iluminan el asunto que tratamos:

Allen Hazen.—Es necesario cubrir los filtros lentos, cuando los inviernos son rigurosos, y en general para la parte de los Estados Unidos situada al Norte de Wáshington, Cincinnati, y San Luis. Los filtros descubiertos construídos al Norte de esta línea, son explotados con disminución de eficiencia y aumento de costo durante los períodos de heladas; pero para servicios especiales como la eliminación del hierro, del gusto y olores provenientes de crecimientos de algas, ellos son suficientes. (Manual Merriman)

Las ciudades que tienen temperaturas de invierno superiores a 0° (media del mes más riguroso), están en buenas condiciones para librarse del hielo que pueda formarse en los filtros descubiertos, y la construcción de cubiertas no sería prudente, excepto en los casos de condiciones locales excepcionales, como por ejemplo, al tratar un agua con especial tendencia al crecimiento de las algas. (The Filtration of Public Water Supplies).

Philip A. Morley Parcker.—Los filtros cubiertos son más costosos y tienen una eficiencia bacteriológica menor que los filtros descubiertos. Está siendo práctica corriente en climas tropicales hacer sombra a los filtros con un techo liviano de fierro galvanizado, soportado en columnas, techos que son indispensables en regiones sometidas a tormentas que arrastran polvo. No he tenido conocimiento que se haya observado alguna diferencia en la eficiencia bacteriológica, entre los filtros descubiertos y los cubiertos en esta forma (The Control of Water).

Flinn Weston and Bogert.—Los techos de albañilería con capa protectora de tierra son necesarios en todas las regiones frías, y en general en todas las ciudades situadas al Norte del Potomac y del Ohio. Al Sur de estas líneas, puede

ser necesario cubrir los filtros con techos que retengan la luz para evitar el crecimiento de algas.

El costo estimativo de filtros cubiertos es de \$ 100.000.00 y el de filtros sin cubrir de \$ 75.000.00 U. S., por acre (Manual) W. T. Burgess.

Las aguas en las cuales se desarrollan estos organismos algas son más o menos calcáreas, o provienen de áreas que están sometidas a un gran cultivo. (Water and Water Ing.)

Manual de la American W. W. Ass.—Casi la totalidad de las grandes unidades (filtros lentos en los E.E. U.U.) son cubiertas, generalmente con bóvedas. Los filtros descubiertos se usan extensamente en las partes más cálidas de Europa y en varias otras ciudades y son adecuados para aquellos climas en que los inviernos son benignos y cuando el agua por filtrar tiene una temperatura superior a 0° C.

Joseph W. Ellms.—Los filtros lentos se construyen con o sin cubierta. Los filtros descubiertos son explotados con dificultad durante los inviernos, si las temperaturas son tan bajas como para que se forme hielo en la parte superior del agua.

Alexander Cruikshank Houston.—El único argumento de importancia en contra del almacenamiento de aguas es que las algas y otros organismos se puedan desarrollar con exceso, ocasionando gusto y sabor desagradables, en algunos pocos casos y con frecuencia dificultades en la filtración.

III.—*Comparación de ambas soluciones.*—De lo anteriormente expuesto se deduce que no cabe hacer comparaciones de las disposiciones de filtros cubiertos con los descubiertos; más bien se debe fijar el campo de aplicación de cada uno de ellos.

En las localidades en que los invier-

nos son muy crudos, con temperaturas medias del mes más frío inferiores a 0° O., se impone la construcción de filtros cubiertos con bóvedas de concreto armado, protegidos con una capa de tierra que sirva de aisladora.

Donde los inviernos no son tan crudos y no se teme un desarrollo exagerado de algas (rara vez se encuentran más de 1000 unidades de algas por c. c.) es preferible bajo todo punto de vista el filtro descubierta.

Donde es de temer un desarrollo excesivo de algas (con frecuencia en cantidades superiores a 1000 unidades standard) hay conveniencia de cubrir los filtros con un techo liviano que haga sombra sobre la arena. Este caso es de temer en los embalses en tierra que almacenan aguas lluvias, provenientes de hoyas fértiles.

Entraremos ahora a hacer una comparación entre ambas soluciones: como los filtros cubiertos con bóvedas de concreto tienen su campo bien determinado, (inviernos rigurosos), al hacer las comparaciones nos referiremos principalmente al filtro cubierto con techo liviano.

Los filtros cubiertos son de un costo superior al de filtros descubiertos, mayor costo que se puede apreciar en un 30% para los con cubierta de concreto.

Los costos de explotación son menores en los filtros cubiertos, lo que se debe principalmente al menor número de limpiezas que hay que efectuar. En las plantas pequeñas la extracción de la arena para el lavado se hace a pala, operación que se hace muy difícil en los filtros cubiertos con bóvedas de concreto armado; en los cubiertos con techo liviano hay conveniencia de dejar un espacio libre suficiente entre el borde del filtro y el techo para no dificultar esta operación.

La eficiencia bacteriológica, fuera de toda duda, es superior en los filtros descubiertos. Esto se debe a la ayuda en la formación de la película filtrante que presta el crecimiento de algas sobre la superficie de la arena, ayuda que es de tanto mayor importancia cuanto menos contaminada sea el agua por filtrar. En los filtros cubiertos con bóvedas de concreto, esta película se forma por medios únicamente bacteriológicos y en los cubiertos con techos livianos el crecimiento de algas es casi nulo.

Los filtros cubiertos con techo liviano son antiestéticos, lo que tiene importancia en obras de esta naturaleza. En cambio los filtros descubiertos se prestan muy bien a hermosas disposiciones de conjunto.

Pasaremos a ocuparnos ahora del temor que existe de que los desarrollos de algas en un filtro descubierto sean tales que constituyan un serio inconveniente en la filtración. Desde luego se puede observar que para que suceda esto es necesario que las aguas por filtrar estén cargadas de estos elementos y que el agua contenga los medios de vida adecuados para las algas. Estas condiciones se verifican con cierta frecuencia en los siguientes casos:

Aguas que provengan de un embalse, principalmente si éste es en tierra y colecta aguas lluvias que caen en una hoya fértil, o que hayan pasado por un embalse. En países tropicales, las altas temperaturas de verano favorecen estos crecimientos. Las aguas muy cargadas de materias calcáreas y nitrogenadas, constituyen un medio adecuado de vida para estos organismos.

Las aguas de ríos rápidos que atraviesan regiones de poco cultivo, no son apropiadas para la vida de las algas.

Como medios de combatir estos microorganismos en los casos que se pre-

senten con frecuencia citaremos, la aplicación de una pequeña dosis de sulfato de cobre (0,25 partes por millón) se observa que después que con este procedimiento se ha hecho desaparecer una especie, puede aparecer otra de mayor vitalidad. La aplicación del cloro en el agua cruda elimina todo temor de estos crecimientos. El Ministro de Higiene de Inglaterra observa que si la dosificación es excesiva, se pueden destruir los microorganismos que forman la película filtrante; esta opinión emitida por una autoridad en la materia, confirma la gran importancia de esta película y la necesidad de fomentarlas por todos los medios cuando se teme que ella no sea de crecimiento abundante y espontáneo.

IV.—*Aplicación a nuestras aguas.*— La gran mayoría de los servicios de agua potable de la República captan sus aguas de ríos ya sea de la cordillera de los Andes o de la de la Costa; algunos los toman de napas subterráneas, otros de vertientes y en sólo dos casos, Valparaíso y Santiago, se captan aguas de un embalse artificial de aguas lluvias y de un lago natural.

Las aguas de los ríos se captan ya sea directamente, ya por intermedio de un canal, o por un drenaje. De todos los casos anteriores, sólo nos interesan aquellos cuyas aguas puedan ser turbias, que son: ríos captados directamente o por intermedio de un canal, aguas de lagos y aguas de embalses.

Analizando 77 servicios de agua potable, se encuentra que 26 de ellos captan sus aguas potables directamente de quebradas y de esteros provenientes de la Cordillera de la Costa o de los Andes; 5 las captan directamente de ríos de la Cordillera de los Andes y 9 lo hacen por intermedio de canales de ríos de la misma Cordillera. Santiago las capta de un lago de la Cordillera de los Andes y

Valparaíso de un embalse de aguas lluvias y de un río.

Los esteros y ríos que sirven de fuentes de agua potable, por su pequeña importancia son de pequeño recorrido, tienen fuertes pendientes y generalmente no atraviesan regiones de cultivo, lo que los hace inadecuados para tener un desarrollo abundante de algas.

Los ríos, aunque más expuestos a estos crecimientos si se les compara con los que sirven de fuentes de agua potable en los Estados Unidos, por ejemplo, tienen condiciones muy poco apropiadas

para el crecimiento de microorganismos: son rápidos, de curso corto, de hoyas poco extensas y poco cultivadas, atraviesan regiones con un cultivo relativamente poco intenso, y sus aguas están cargadas con una pequeña proporción de materias calcáreas y nitrogenadas, como se puede observar en el anexo: las proporciones máximas observadas en parte por millón son, 0,025 de amoníaco libre, 0,140 de nitratos y 16 partes de dureza permanente, que como ya hemos visto aún en lagos no tendrán influencia perjudicial.

ANÁLISIS QUÍMICOS

Captaciones de Esteros y Quebradas

Servicio	Amoníaco libre p.p. mill.	Nitratos p.p. mill.	Dureza permanente p.p. mill.
San Felipe	0,034	0,300	12
Los Andes	0,012	0,150	18
Riecillos	0,008	0,025	12
Canelo	0,016	0,100	6
Melipilla	0,012	0,090	10
Curepto	0,041	0,025	2
Constitución	0,004	0,025	4
Chanco	0,008	0,035	2
Cauquenes	0,012	0,015	4
Cobquecura	0,019	0,040	8
Quirihue	0,008	0,025	8
Ninhue	no hay	análisis	
Coelemu	0,032	0,025	4
Tomé	0,020	0,060	20
Penco	0,008	0,060	12
La Florida	0,069	0,060	4
Concepción	0,008	0,060	16
Hualqui	0,008	0,030	4
Coronel	0,012	0,060	16
Yungay	0,006	0,060	24
Nacimiento	no hay	análisis	
Lebu	0,008	0,035	12
Angol	0,006	0,025	4

Servicio	Amoníaco libre p.p. mill.	Nitratos p.p. mill.	Dureza permanente p.p. mill.
Cañete	0,012	0,060	20
Collipulli	0,016	0,015	4
Temuco	0,025	0,035	14
Valdivia	0,016	0,080	4

Captaciones directas de ríos

Concepción	no hay	análisis	
Victoria	0,012	0,035	12
Traiguén	0,008	0,120	10
Temuco	0,025	0,035	14
Osorno	0,004	0,140	2

Captaciones de ríos por intermedio de un canal

Serena	0,021	0,900	42
Coquimbo	0,010	0,800	48
Combarbalá	0,019	1,400	24
Petorca	no hay	análisis	
Putendo	0,012	0,560	14
Rancagua	0,021	0,120	64
Requinoa	0,024	0,080	36
Rengo	0,072	0,010	6
San Carlos	0,134	0,024	0
Mulchén	0,008	9,003	2

En los casos de captación por intermedio de canal, se pueden hacer las mismas consideraciones anteriores, únicamente en este caso es de temer algún desarrollo de algas en el canal mismo. Tampoco en este caso las materias en suspensión son muy exageradas, salvo en algunos servicios del Norte: el máximo de amoníaco libre se encuentra en el agua de San Carlos, con 0,134 p. p. mill., fuera de los servicios del norte donde se

encuentra hasta más de una p. p. mill. de nitratos, el máximo observado es en Rancagua, con 0,120 p. p. mill., el máximo de dureza permanente también se observa en Rancagua, 64 p. p. mill. Es interesante observar que aparentemente las aguas de Rancagua y de San Carlos están en condiciones relativamente desfavorables, por sus análisis químicos; estos dos servicios disponen actualmente de filtros lentos descubier-

tos, sin que en Rancagua se haya observado ninguna molestia proveniente de las algas en los varios años que están funcionando, y en San Carlos, aunque están desde poco tiempo en servicio, ya se puede predecir que sucederá lo mismo, pues en los meses de funcionamiento que lleva no se han observado obstrucciones prematuras, y un análisis del contenido de algas del agua cruda dió dos unidades de algas, cifra especialmente baja.

Los lagos de la Cordillera parecen estar libre del temor de las algas. Santiago posee una de las aguas mejores del país captadas de un lago, la Laguna Negra. Un análisis químico de la Laguna del Inca, posible fuente para Valparaíso, dió el siguiente resultado: amoníaco libre 0,008 partes por millón, nitratos 0,100 p. p. mill., dureza permanente 8 p. p. mill., condiciones que no son favorables para el desarrollo de algas. Las hoyas son despobladas, sin cultivos y con vegetación natural muy escasa, todas circunstancias desfavorables para el desarrollo de estos microorganismos.

En los embalses de aguas lluvias las circunstancias son muy diversas, así en Peñuelas, aunque la hoya es despoblada y sin cultivos, la vegetación natural es muy abundante, el lago se carga de materias nitrogenadas en las épocas del secamiento del pasto, observándose cifras realmente increíbles en la proporción de amoníaco libre (hasta 1 p. p. mill.), que es arrastrado hacia el lago por las aguas lluvias.

El clima benigno de nuestro país no obliga en ningún caso a cubrir los filtros lentos. En Punta Arenas la temperatura media del mes de Julio de 1924, fué 2.1° C. sobre cero, la mínima absoluta fué de 5.1° C. bajo cero, según lo que ya hemos visto, no habría peligro por las heladas.

Resumiendo lo anterior, podemos decir que en ningún caso habrá que cubrir los filtros por razón de los grandes fríos invernales, cuando las fuentes estén constituidas por ríos o esteros captados directamente o por intermedio de un canal no habrá necesidad de cubrir los filtros, por temor a desarrollo de algas. Lo mismo puede decirse en los casos de lagos de la Cordillera de Los Andes. En los casos de embalses de aguas lluvias, sobre todo cuando tienen una hoya fértil y una profundidad de las aguas pequeña, es de temer estos desarrollos y en los casos en que se teme que se presenten las algas en una gran proporción habría conveniencia de cubrir los filtros con un techo liviano que los proteja de los rayos solares.

V.—*Conclusiones.*—Los filtros lentos deben ser cubiertos cuando la temperatura media del mes más frío de invierno sea inferior a 0° C.

En cualquier otra cosa, salvo cuando se teme el desarrollo excesivo de algas, es preferible desde todo punto de vista el filtro descubierto.

Cuando se teme que las aguas por filtrar sean apropiadas para desarrollar más de 1,000 unidades por c. c. con frecuencia, hay conveniencia de cubrir los filtros con techo liviano que los proteja de los rayos solares.

En general, las aguas de ríos no son apropiadas para el desarrollo de algas. Las aguas de lagos naturales y especialmente de embalses de aguas lluvias son apropiadas para provocar estos desarrollos, cuando tienen hoyas fértiles, pobladas y cultivadas, aguas cargadas de materias calcáreas y nitrogenadas y poco profundas.

Dado nuestro clima benigno, en ningún caso habrá necesidad de construir filtros cubiertos por las heladas.

Las aguas de nuestros ríos, ya sean

TEMPERATURAS DE LAS CIUDADES CHILENAS AÑO 1924

CIUDAD	Temperaturas medias		Máximo absoluto	Mínimo absoluto
	Febrero	Julio		
Tacna	21,4	13	36	7
Iquique	21,0	14,3	27	8,7
Antofagasta	19,6	12,8	24,6	8
Taltal	21,3	13,5	31,4	6,2
Serena	20	11,4	27,7	3,2
Ovalle	19,6	9,4	32	1,8
Los Andes	22,1	8,9	35,5	3,8
Santiago	19,9	7,6	33,7	4,6
San Fernando	20,2	6,5	33,5	5,2
Talca	22,2	7,6	36,5	5,0
Traiguén	19,1	7,0	39,5	2,7
Lonquimay	16,8	2,0	34,8	— 18,0
Temuco	17,8	7,2	36,4	3,0
Valdivia		7,0		2,2
Puerto Montt	15,8	5,9	25,6	— 1,5
Punta Arenas	1,33	2,1	25	— 5,1
Cabo San Isidro	11	2,5	17,6	— 2,4

captadas directamente o por intermedio de canales, no están cargadas con una gran proporción de algas y cuando haya que filtrarlas no es necesario cubrir los filtros, lo dicho anteriormente es más evidente aún en los casos de quebradas y esteros.

Nuestros lagos de la Cordillera de Los Andes, no son apropiados para desarrollar las algas, y seguramente no necesitan filtros cubiertos.

Los embalses de aguas lluvias, como en todas partes, están expuestos a estos desarrollos, principalmente si tienen una

hoya fértil, poblada y profundidades pequeñas. En estos casos si se teme un gran desarrollo de algas, frecuentemente más de 1.000 unidades por c.c., hay conveniencia de cubrir los filtros con un techo liviano que los defienda de los rayos solares. Si los crecimientos son demasiados abundantes, no basta tratar las aguas por simple filtración, ya sea lenta o rápida, y hay que recurrir a métodos más completos como ser, aereación, prefiltros y filtros, doble filtración (rápida y lenta) etc.