

La flora microscópica de las aguas de los distintos manantiales que surten á Barcelona es la misma que la del aire, es la misma que la del suelo de esta localidad ó región, pues las partículas que se levantan en la atmósfera y que se diseminan por todas partes, penetran en los receptáculos de entrada, en los tubos ó cañerías de conducción y en los estanques de reparto. Pruebas experimentales podríamos citar que muestran que el agua de alguno de dichos manantiales es completamente aséptica en el punto donde brota, y en cambio, al final de su trayecto, al distribuirse, contiene diversas bacterias. Los gérmenes patógenos de las enfermedades habituales en este país, el bacilo de Eberth, el de Koch, el *bacterium coli commun*, el coco capsulado de Fraenkel-Talamón, y la diversa variedad de estreptos y estafilococos, puede revelárnoslos un buen estudio bacterioscópico.

Si en las aguas que se beben en esta capital hay ó no sustancia orgánica, no ha de decirlo el examen químico. Basta observar el limo, ó verdadero cieno, que en los depósitos domésticos, por bien cubiertos que se tengan, van dejando continuamente. Basta fijarse en la gran cantidad de arcilla que las colora después de una lluvia regular, prueba de que desde el sitio de origen arrastran tierras del suelo y del subsuelo con cuantas impurezas las impregnan, y testimonio, además, de que en los depósitos generales no sufren filtración alguna ni tampoco el más ligero reposo para que, cuando menos, se precipite toda la inmensa cantidad de elementos dañinos que de lejanos puntos han ido conduciendo.

De ahí que la fiebre tifoidea exista siempre en nuestra ciudad, pues la transmisión hídrica es uno de los primeros factores en su etiología. Si se miran los datos del *Instituto de Higiene urbana* se verá que la mortalidad anual por esta enfermedad es de cerca de medio millar, que representa la existencia de 2 á 3.000 tifódicos, cifra que tal vez es exigua si atendemos que muchas defunciones constan como producidas por catarro intestinal ó biliar, por brouquitis, por meningitis, etc., según sea la manifestación culminante de la fiebre tifoidea, para evitar á la familia la desagradable práctica de la desinfección sanitaria.

En el año 1889 hubo 339 defunciones por fiebre tifoidea.

1890	»	479	»	»
1891	»	354	»	»
1892	»	339	»	»
1893	»	430	»	»
1894	»	323	»	»
1895	»	304	»	»
1896	»	278	»	»
1897	»	316	» y 116 de los p. agr. 2.º sem.	=432
1898	»	339	» y 197 de id. en todo el año.	=536

Existiendo en el agua que se reparte á esta capital otras y otras bacterias patógenas, puede su ingestión determinar muy distintas enfermedades: los catarros intestinales del estío, varias formas de toxi-hemia, frecuentes en los niños y no raras en los adultos, y hasta tal vez la toxi-hemia aguda que suele producir el bacilo de Koch.

(Se continuará.)

REVISTA EXTRANJERA

Depuración y filtración de las aguas potables de los alrededores de París.

(CONCLUSIÓN)

Las obras, empezadas en cuanto se firmó el contrato, han quedado terminadas en el otoño de 1895, probadas durante algunas semanas, y en servicio definitivo el 1.º de Enero de 1896.

En esta época se interrumpió toda comunicación directa entre los pozos de aspiración y las cañerías, y desde hace cuatro años,

la alimentación de los alrededores de París ha quedado asegurada, y se ha suministrado agua depurada y filtrada sin una hora de interrupción.

El volumen de agua ha aumentado considerablemente en estos cuatro años. De 70.000 metros cúbicos, considerados como un máximo para los días más calurosos de 1892, se ha elevado á 110.000 durante el verano de 1899, llegando á ser algunos días de 115.000 metros cúbicos.

Los resultados obtenidos desde el principio han sido muy satisfactorios, y son debidos á la vez al tratamiento por el hierro metálico y al particular cuidado que la Compañía ha puesto en la filtración metódica de las aguas.

En 1895 pensaba M. Humblot, director entonces del Servicio de Aguas de París, que los procedimientos de decantación y de filtración eran bastante eficaces para poder ser aplicados, aun sin el empleo del hierro, al servicio intermitente que funciona en verano como socorro. Los filtros de Saint-Maur se han establecido con arreglo á los planos de los depósitos de Choisy-le-Roi, entregados por la Compañía al servicio municipal, y han funcionado desde entonces en todas las épocas en que la alimentación de la gran ciudad con agua de manantial era insuficiente.

Descripción del sistema.—El contrato hecho con la Prefectura había sido precedido por numerosos experimentos hechos por la Compañía en su fábrica de Boulogne-sur-Seine. El Ingeniero Jefe Hétier, que los seguía con interés, pensó que allí había una solución práctica que podía aplicarse inmediatamente.

Los Ingenieros de la Compañía habían llegado á convencerse de que la simple filtración por arena, como se hace en Alemania ó Inglaterra, no bastaría para dar, de un modo permanente, á las aguas del Sena y del Marne, las cualidades de una buena agua potable, ni aun filtrándola con la lentitud acostumbrada en los países citados, es decir, empleando superficies muy considerables. Preocupados, por otra parte, con la idea de eliminar del procedimiento toda sustancia que pudiera ofrecer la apariencia de reactivo químico, pensaron que convenía recurrir al hierro en estado metálico, cuya conocida acción purificadora es bastante activa.

El principio del sistema, conocido con el nombre de procedimiento Anderson, consiste en poner el agua en contacto con el hierro en un aparato rotatorio llamado *revólver*, en decantar el agua que contiene cierta proporción de sales de hierro, y, finalmente, en filtrarla en filtros de arena. El revólver es un cilindro que gira alrededor de su eje y que va provisto interiormente de paletas que recogen el metal, que ordinariamente se emplea en pequeños pedazos rotos de fundición, lo levantan hasta la parte superior y lo dejan caer á través del agua. Se arreglan las llaves de manera que el agua permanezca en el aparato de tres á cuatro minutos, lo cual basta para disolver 2,50 gramos de hierro por metro cúbico. El agua pasa después, por cascadas donde se airea, á los depósitos de sedimentación.

Estos depósitos de 2 m de profundidad, como los filtros, están divididos en tres categorías:

Los primeros, de pequeña capacidad, donde se depositan las materias más gruesas, y que deben limpiarse con mucha frecuencia; los depósitos de precipitación divididos por tabiques de hierro y cemento de manera que impriman al agua cambios de dirección y velocidades variables; y los depósitos de decantación propiamente dichos, en los cuales los tabiques transversales son dobles, de modo que el agua no pasa de un tramo al otro sino elevándose á la superficie. El volumen total de los depósitos de decantación varía de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{4}$, del volumen depurado diariamente.

A la decantación sigue la filtración. Los filtros están constituidos, á partir del zapeado, por capas sucesivas de ladrillos formando drenes, de guijarros de cuarzo, de grava, de gravilla y de arena del Loira. El espesor total es de un metro. La profundidad de los filtros es de 2 m, y la carga de agua encima del filtro es de 0,90 m. Un colector semicilíndrico de hierro y cemento recoge el agua de los drenes y los lleva á las cámaras de manio-

bra, donde se regula la salida por medio de compuertas; de aquí se conduce el agua á las alcachofas de las máquinas elevadoras.

Organización general.—Estas operaciones de decantación y de filtración por arena, no son nuevas ciertamente, aunque interviene un elemento nuevo, el hierro (en estado de óxido más ó menos combinado), que modifica profundamente el mecanismo de la filtración. Pero lo que da á las instalaciones de la Compañía un carácter verdaderamente especial, son las disposiciones prácticas de las obras y los métodos de explotación. El conjunto es, desde luego, muy sencillo; los filtros son de igual superficie, siempre que es posible, de 600 á 700 metros próximamente. Están asociados, según la forma del terreno, tres á tres, ó cuatro á cuatro, y les preceden depósitos de decantación de capacidad adecuada; el conjunto forma una serie.

Dos series están colocadas simétricamente con relación á un terraplén bastante ancho para contener las canalizaciones comunes de agua filtrada, de evacuación y de intercomunicación. Todas las llaves y compuertas son idénticas. Las cañerías de agua decantada y sin decantar, generalmente de hierro y cemento, están dispuestas de modo que se pueda aislar cualquier depósito ó filtro para limpiarlo sin interrumpir el funcionamiento de los demás. Finalmente, todas las dimensiones son las mayores posibles para reducir al mínimo las pérdidas de carga debidas al movimiento del agua, con excepción de la única que es útil, es decir, la pérdida de carga debida al paso del agua por la capa superficial de los filtros.

Funcionamiento de los filtros.—La influencia de las sales de hierro se hace sentir desde el revólver, donde se produce, á consecuencia de las reacciones químicas, una disminución sensible de la cantidad de materias orgánicas en disolución; prosigue en la decantación, donde estas sales intervienen por su naturaleza coloidal (conforme á las especialísimas leyes de la coagulación); pero sobre todo, en los filtros es donde alcanza el máximo. Permite aquí, en efecto, la formación rápida de la capa superficial, que es la única verdaderamente activa; la hace menos frágil á consecuencia del mullido de 5 á 6 centímetros que las sales de hierro forman en la capa subyacente; reduce la pérdida de carga al mínimo á causa del débil espesor y de la naturaleza esponjosa de esta capa; y constituye, sin embargo, en la superficie una barrera infranqueable para las partículas sólidas, que sin esto penetrarían en la masa del filtro y lo colmarían rápidamente, como sucede en los filtros ordinarios de arena.

Se puede deducir de esto, que las probabilidades de contaminación accidental por degradación ó por grietas, quedan eliminadas prácticamente, que el tiempo muerto del filtro es muy pequeño y la filtración intensiva.

Este filtro aparece también como un filtro de arena perfeccionado, á la vez más activo y más robusto; sin embargo, su manejo resulta muy delicado desde el momento que se trata de reducir el número de microbios del agua á la pequeña cantidad impuesta por el contrato. Para este objeto el vigilante dispone: 1.º, de los aparatos que le indican en cualquier instante la pérdida de carga debida á la filtración, y, por consiguiente, el estado de la capa filtrante; 2.º, de los aparatos de medida del gasto, que varían según la disposición de las cámaras de maniobra, pero que indican todos, de un modo aparente, el gasto de cada filtro por metro cuadrado y por veinticuatro horas, y por consecuencia, la velocidad del agua al atravesar la capa filtrante. Recibe, además, órdenes ó consignas precisas, como son: rellenar un filtro nuevo con agua sin decantar; moderar el gasto durante las primeras veinticuatro horas; abrir progresivamente las llaves; mantener durante la marcha un gasto lo más regular posible. Al vigilante corresponde, pues, deducir del volumen de agua que se le pide y de la edad y del estado de cada filtro, las aperturas de llaves que hay que efectuar, y por esto su influencia sobre los resultados de la depuración puede ser muy grande. El vigilante de una instalación de filtros, debe ser, pues, un

hombre serio y seguro, que suministre datos y noticias exactas á sus jefes, y que cumpla escrupulosamente las consignas.

El gasto normal de los filtros es de 4 á 5 metros cúbicos por metro cuadrado y veinticuatro horas; puede llegar á ser de 6 ó de 7 metros cúbicos, y alcanzar de este modo el doble y el triplo de la velocidad clásica de 10 centímetros por hora.

Limpieza.—A medida que el filtro envejece, la pérdida de carga aumenta; cuando llega á ser de 1,20 m se limpia.

Esta operación consiste en hacer descender el agua hasta 0,10 m debajo de la arena, en rascar la capa superficial de 5 á 10 mm de espesor, llevarla en carretillas á las vagonetas que circulan por el terraplén, y que la llevan al taller mecánico para lavar la arena. El espesor de la capa que hay que quitar aumenta algo en las crecidas del río.

Recargo.—Cuando á consecuencia de las limpias sucesivas se han quitado 25 cm de arena, se restablece el nivel primitivo recargando con arena lavada. El precio de limpia por metro cuadrado es de 0,03 fr, y el del recargo es de 0,17 fr á 0,20 fr (sin incluir los suministros).

Lavado de la arena.—El lavado se hacia primitivamente á mano, en cubas de madera, en las cuales se removía la arena con rastras bajo chorros de agua filtrada; este sistema tenía los inconvenientes de costar de 2 á 4 fr de mano de obra y de consumir mucha agua filtrada. Recientemente se ha instalado en Choisy-le-Roi un aparato especial compuesto de: 1.º, una tolva exterior al taller, en la que se echa la arena sucia; 2.º, un agitador con cuatro compartimientos, en los cuales la arena sufre una fricción y un lavado con agua cada vez más limpia; el movimiento del agua se hace en sentido inverso al de la arena; 3.º, una correa de caucho que cleva la arena lavada á las vagonetas que la vierten en los depósitos. Con un aparato de este género, movido por la electricidad, se producen 6 metros cúbicos de arena lavada por día, á 50 céntimos por metro cúbico, sin incluir la fuerza motriz suministrada por las máquinas elevatorias.

Personal.—El personal de los filtros es muy reducido; comprende para una instalación de 50.000 metros cúbicos diarios, seis hombres para limpieza y recargo de los filtros, un guarda de día y otro nocturno para la maniobra de las llaves, y un hombre para los reparos menudos y la conservación de caminos, etc. Es de notar que para instalaciones de menos de 4.000 metros cuadrados de superficie filtrante, es más económico hacer la conservación de los filtros á destajo; el personal permanente se reduce entonces al guarda de día y al de noche, que puede ser al mismo tiempo el vigilante de las máquinas.

Costo de instalación.—Generalmente el costo de instalación se refiere al volumen diario de agua depurada; varía, pues, según que la instalación sea más ó menos grande, según que existan ó no bombas especiales que puedan servir para alimentar los filtros, según que los motores existan ya y sean de vapor ó hidráulicos. Así, en Choisy-le-Roi, instalación importante de las más completas, el costo ha sido de 27,50 fr por metro cúbico de agua diario. En Nogent-sur-Marne, en donde el volumen de agua es mucho menor, resulta á más de 40 fr. En Neuilly-sur-Marne, donde las bombas y las calderas existían ya, y donde el volumen de agua es tan importante como en Choisy, se reduce á 18 fr; finalmente, en Niza, donde el volumen depurado no es más que de 10.000 metros cúbicos, como en Nogent, pero en donde los motores son hidráulicos, es de 22 fr.

Costo general.—Comprende el interés y amortización del capital de instalación, los gastos de explotación de los filtros y de las máquinas, y en general todos los gastos, con excepción del interés y amortización del capital empleado en la adquisición de terrenos; sufre variaciones análogas al precedente y alcanza próximamente á 0,011 fr en Choisy, 0,008 fr en Neuilly y 0,006 fr en Niza. Se descompone de este modo:

AÑO 1897	Choisy.	Neuilly.	Niza.
Explotación de los filtros.....	39 por 100.	31,4 por 100.	25 por 100.
Servicio de las máquinas.....	18 idem.	19 idem.	3 idem.
Interés y amortización.	43 idem.	49,6 idem.	72 idem.

Los gastos generales de administración central deben contarse aparte.

Resultados técnicos.—De las anteriores consideraciones creemos que se puede deducir que el procedimiento de tratar el agua por el hierro metálico es industrial y económico. ¿Pero es verdaderamente eficaz? Es decir, ¿transforma con toda seguridad las aguas naturales del río en aguas potables y sanas?

Para darse cuenta de las impurezas que las aguas de río contienen, y que el procedimiento debe suprimir, basta comparar el resultado de su análisis con los límites de potabilidad admitidos por los higienistas. Aunque estos límites varían mucho según los laboratorios, se admite que las aguas de los ríos, como las del Sena y del Marne, no contienen más que tres clases de impurezas: las materias en suspensión, las materias orgánicas en disolución y los microbios. El procedimiento de depuración deberá dar al agua limpidez perfecta, deberá reducir la materia orgánica estimada en oxígeno a menos de 2 miligramos por litro, suprimir los microbios patógenos, y no dejar más que un número pequeño de microbios indiferentes. Esta última cifra se fijó en un máximo de 400 por el contrato celebrado en el departamento del Sena; pero recordaremos que el agua de Vanne, considerada como agua pura, contiene 1.200 por término medio.

El funcionamiento de las instalaciones depuradoras de los alrededores de París está sometido a la inspección departamental representada por el Servicio de Puentes y Calzadas y el Laboratorio de Montsouris. En días no señalados, una vez por semana en Choisy, una vez cada quincena en Neuilly y en Rogent, un agente de la Inspección se presenta en las instalaciones de la Compañía, toma las muestras de agua, no en los filtros, sino en la cañería general de impulsión, y las lleva al Laboratorio en donde se hacen las análisis química y bacteriológica.

Si ahora consideramos que la Compañía ha tenido que contar sólo con su propia experiencia, adiestrar su personal, rectificar frecuentemente la técnica de una explotación hasta hoy inusitada en Francia, fácil es concebir que durante los primeros años de servicio de instalaciones tan importantes y que funcionan sin interrupción, se han debido revelar bastantes imperfecciones. Hoy puede considerarse terminado el período de pruebas y tanteos, y los siguientes resultados obtenidos durante el año 1899 en la instalación de Neuilly-sur-Marne, pueden considerarse como términos medios que deben esperarse en cualquier instalación hecha con arreglo a los mismos planos, explotada con los mismos métodos y vigilada con inteligencia (1).

Los resultados de los análisis se publican en el *Bulletin municipal officiel de la ville de Paris*, y de esta publicación sacamos las siguientes cifras, que dan idea de la calidad del agua que se distribuye en la parte Oeste de los alrededores de París:

Año de 1899.	Agua del Marne, filtrada.	
	Medias.	Máximo.
Miligramos por litro.		
Grado hidrotimétrico total.....	22,31	24,1
Idem id. después de la ebullición.....	5,51	6,2
Cal	111,16	121
Idem (carbonatos alcalinos-térreos).....	114,83	123
Cloruro.....	5	»
Nitrógeno nítrico.....	0,97	1,2

(1) Esta instalación ha sido la primera que ha quedado a punto, porque estaba confiada a un vigilante inmejorable. A medida que el personal se va formando y que se van corrigiendo los defectos de detalle que revela la experiencia, los resultados obtenidos en las otras instalaciones se van aproximando a los obtenidos en Neuilly.

Año de 1899.	Agua del Marne, filtrada.	
	Medias.	Máximo.
Miligramos por litro.		
Materia orgánica en oxígeno.....	0,87	1,6
Residuo seco a 180°.....	252,42	281
Oxígeno disuelto.....	9,58	11,9
Idem id. a las cuarenta y ocho horas.....	7,41	8,6

Respecto a microbios, la análisis no revela, en el origen de la impulsión, la presencia de microbios patógenos; además, mientras que la medida de microbios indiferentes en todo el año era de 24.312 por centímetro cúbico en el agua natural, no pasaba de 214 en el agua filtrada, con un máximo de 475 el 24 de Febrero. Durante las crecidas fangosas del mes de Enero las dos análisis del mes dieron 212 y 162 microbios, de donde se deduce que el procedimiento conserva al agua filtrada su limpidez aun en tiempo de avenidas, puesto que a la menor opalescencia del agua corresponde un aumento notable del número de microbios. En Choisy-le-Roi se han obtenido resultados menos perfectos durante la primera mitad del año por defectos en la vigilancia; desde que ésta se ha modificado, ó sea desde el mes de Julio, los resultados son ya comparables con los otros.

Esta pureza del agua del abastecimiento ha ejercido benéfica influencia sobre la salud pública: en algunas aglomeraciones populosas de los alrededores de París se ha visto reducida la morbilidad tífica en un 75 por 100, y lo mejor que podemos hacer es citar, tomándolo del *Bulletin de Statistique municipale*, el número medio de casos de fiebre tifoidea por semana para una población de 200.000 habitantes en las diversas redes de abastecimiento durante el año de 1899:

1.º Agua del Sena y del Marne depurada.....	3,77
2.º Agua de manantial distribuida en París.....	5,83
3.º Agua del Oise (Saint-Denis).....	6,00
4.º Agua de manantiales y pozos suburbanos.....	7,36
5.º Agua del Sena natural.....	12,66

Aplicaciones existentes.—Actualmente las instalaciones en marcha, fuera de las de la villa de París, son las siguientes:

1.º La de Choisy-le Roi, prevista en 1896 para 30.000 metros cúbicos diarios; la superficie filtrante será, en 1900, de 15.625 metros cuadrados, y podrá filtrar de 50.000 a 60.000 metros cúbicos diariamente.

2.º La de Neuilly-sur-Marne, de igual capacidad primitiva; la superficie actual es de 13.751 metros cuadrados; puede suministrar de 45.000 a 55.000 metros cúbicos.

3.º La de Nogent-sur-Marne: esta es de socorro; la superficie, que primitivamente era de 2.500 metros cuadrados, se ha elevado a 3.500 y puede suministrar 12.000 metros cúbicos.

El conjunto de estas tres instalaciones podrá suministrar de 120.000 a 125.000 metros cúbicos en lugar de los 70.000 previstos en 1896.

4.º La de Boulogne-sur-Seine: su capacidad es de 5.000 metros cúbicos diarios; en esta instalación se hicieron los estudios preparatorios para el contrato de 1894; sirve sólo de socorro para las distribuciones del departamento de Seine-et-Oise.

5.º La de Col-de-Villefranche, cerca de Niza, en donde los filtros se han establecido sobre la cubierta de los depósitos: el agua natural, tomada en las acequias secundarias del canal del Vesubia y que suele ser muy fangosa, pone en movimiento las turbinas, atraviesa los revólvers, se filtra y va a llenar los depósitos. La capacidad es de 10.000 a 12.000 metros cúbicos, ya insuficiente.

6.º La de la «Société Lyonnaise des Eaux», en Valencia (España); las aguas que aquí se tratan, a razón de 500 metros cúbicos diarios, se toman de un río de régimen torrencial; a pesar del estado de polución de estas aguas, la Sociedad lionesa está muy satisfecha de los resultados obtenidos y se propone elevar la instalación a 20.000 metros cúbicos en cuanto circunstancias ajenas a la filtración lo permitan.