



Ministerio

de la

Gobernación

FH/1063

PUBLICACIONES

DE LA

Inspección General

DE

SANIDAD

SERIE

MONOGRÁFICA



J. MADRID MORENO

INDIVIDUO DE NÚMERO DEL REAL CONSEJO DE SANIDAD

MICROBIOLOGÍA DE LAS AGUAS POTABLES

EN SU RELACIÓN CON LA HIGIENE PÚBLICA

LAS AGUAS DE MADRID



MADRID

IMP. Y ENCUAD. DE V. TORDESILLAS

Tutor, 16.—Teléf. 2.042.

1910

Ayuntamiento de Madrid

FM/1063

J. MADRID MORENO

INDIVIDUO DE NÚMERO DEL REAL CONSEJO DE SANIDAD

MICROBIOLOGÍA DE LAS AGUAS POTABLES

EN SU RELACIÓN CON LA HIGIENE PÚBLICA

LAS AGUAS DE MADRID



MADRID

IMP. Y ENCUAD. DE V. TORDESILLAS

Tutor, 16.—Teléf. 2.042.

1910

Ayuntamiento de Madrid

El estudio biológico de las aguas potables, en su relación con la higiene pública, constituye uno de los asuntos más importantes para la vida de los pueblos, pues siendo aquel elemento el medio transmisor de los gérmenes de varias enfermedades de carácter epidémico y parasitario, hace que en todos los países cultos se estudien minuciosamente sus condiciones, aplicando después los remedios para evitar que tanto el hombre como los animales que le son útiles sean invadidos por aquellos microorganismos.

Por fortuna, en estos últimos años, ha avanzado de tal manera la higiene científica, como consecuencia del desarrollo que han adquirido sus distintas ramas, que se hace necesario especializar en alguna de ellas. En este caso se encuentra el estudio de las aguas destinadas á la alimentación, donde un conjunto de factores han de determinar su naturaleza, dándonos á conocer las propiedades físicas, químicas y bacteriológicas, deduciendo de estos conocimientos las condiciones más ó menos favorables para el desarrollo y propagación de una epidemia. El estudio del curso de una canalización, la clase de obras ejecutadas para la captación y conducción, serán factores complementarios de sumo interés para la higiene de una localidad.

Siendo el agua uno de los más importantes elementos para la vida, ya desde remotos tiempos, se ha procurado disponer de la cantidad necesaria, realizando obras en la naturaleza, de más ó menos importancia, para su aprovisionamiento y en armonía con el progreso de los tiempos. En la época en que se han verificado muchas de aquéllas, los conocimientos de higiene estaban poco menos que en estado embrionario, y hoy es de necesidad corregir y remediar la obra de nuestros antepasados.

En este caso se hallan las canalizaciones de agua potable de Madrid: por un lado se encuentran los llamados *Viajes*

antiguos, que suministran aguas de distintas venas subterráneas en malas condiciones higiénicas, y por otro, el *Canal de Isabel II*, que, si su caudal es mayor y más importante, la calidad de sus aguas se halla poco más ó menos en las mismas condiciones que las otras. De los primeros hay algunos que datan de mucho antes de establecer Felipe II la corte en Madrid (1), habiendo nuestro Ayuntamiento invertido enormes sumas en su construcción y sostenimiento en el transcurso de varios siglos; y del segundo, aun cuando es más reciente su construcción, pues se inauguró en el año 1858, constituye una obra de captación, aprovisionamiento y conducción, ejecutada con arreglo á los conocimientos higiénicos de la primera mitad del siglo pasado, que, como veremos más adelante, eran aún bastante deficientes.

Desde hace algunos años, y siempre que en nuestra Capital aparece la endemia de fiebres infecciosas, es tema obligado de discusión, por parte de muchas gentes, las condiciones sanitarias de las aguas, habiendo quien cree que los *Viajes antiguos* hay que suprimirlos, no mereciendo la pena de ocuparse de ellos, mientras que otros piensan que con las mejoras que en la actualidad realiza el Canal de Lozoya vamos á tener agua en abundancia, de excelentes condiciones higiénicas, completamente depurada, tanto «que puede asegurarse que no hay población de importancia y dotada con agua de un río que las tenga mejores, ni en cantidad ni en calidad, que las que abastecen á Madrid» (2). Por desgracia nuestra, aún nos hallamos en gran atraso, yendo á la zaga de los demás países, y si sólo podemos decir que las mejoras del Canal asegurarán una cantidad estable en el surtido, pero de ningún modo ofrecerán garantías de pureza por no haberse ejecutado aún obras de tal indole. De modo que la higiene no puede aún echar las campanas á vuelo.

Estos hechos son los que me han movido á redactar las presentes líneas, sin otra pretensión que la de exponer con brevedad el estado actual de dicha cuestión desde el punto de vista sanitario, dando una rápida ojeada á los estudios verificados en estos últimos años, para deducir después los principios á que deben sujetarse las reformas que sobre el particular se hagan ó proyecten en nuestra capital.

(1) J. Madrid Moreno: *Las aguas potables de la Villa de Madrid*.—Publicación del Ayuntamiento, 1896.

(2) *Memorias, informes y documentos relativos á la gestión de la Comisaría Regia y Consejo de Administración en el año 1907*.—*Memoria sobre el plan general de las obras necesarias*, por el Ingeniero-Director, pág. 51. Imprenta municipal. 1908.

I

Origen de las epidemias hídricas.

Ya los escritores médicos de la antigüedad se ocuparon en sus obras de las causas determinantes de las enfermedades, señalando como principales la naturaleza del suelo, las aguas y las influencias telúricas, para deducir el origen de las epidemias y endemias. Por tradición legaron algunos conocimientos epidemiológicos que el largo periodo de la Edad Media se encargó de interrumpir, dejándonos como recuerdo ciudades y poblados en pésimas condiciones, y que ya hoy, con mejor conocimiento de causa, se corrige y subsana en todas partes. Hacia mitad del siglo pasado se tomó ya en consideración el estudio del suelo, relacionándolo con la salud pública, tanto que, á principios de aquél, los médicos ingleses y americanos instituyeron una categoría especial de enfermedades por la contaminación del suelo (*filth deases*) donde existen materias orgánicas en descomposición y especialmente deyecciones.

En 1854, y con motivo de una *epidemia cólica* en Alemania, el Gobierno de Baviera comisionó á Pettenkofer (1) para que, al frente de una Comisión científica, hiciera los estudios necesarios para tal objeto. De sus observaciones llegó á deducir, que el mayor ó menor poder de difusión de dicha epidemia, dependía de las condiciones especiales del suelo, de su estructura geológica y de su grado de humedad, lo cual vino á corroborar la antigua opinión empírica de los escritores de las Indias orientales; pero dejando aquél escapar un hecho de importancia, es á saber: el que las *epidemias cólicas* siguen el curso de los ríos, fijándose tan sólo en que las localidades próximas ó cercanas á éstos necesitan poseer condiciones especiales de permeabilidad para que el aire circule más fácilmente, conservando al propio tiempo un cierto grado de humedad y cierta riqueza de sustancias orgánicas en descomposición. Si alguna de estas condiciones faltaba, consideraba á las localidades Pettenkofer predispuestas al *cólera*, mientras que si, por el contrario, existían, era lo más fácil que no fueran castigadas por la epidemia. Hacia también notar que en las localidades predispuestas no aparecía el *cólera* en cualquier época, sino regularmente y en distintos periodos anuales, explicándolo por las oscilaciones de las fal-

(1) Soyka *Il suolo. - Patologia e terapia medica speciale dal Dott. Ziemssen.*—Napoli, 1884.

das ó capas de agua subterráneas, las cuales en su ascenso marcaban un periodo de inmunidad en virtud de la humedad que suministraban al suelo, mientras que si el agua de aquellas faldas descendía después de un periodo de alto nivel, determinarían una predisposición mayor. Una sequía prolongada ó una inundación, eran condiciones del todo contrarias á la actividad del *cólera*. La lluvia actuando de arriba á abajo, como las capas de agua subterráneas, la permeabilidad del terreno, las corrientes de aire transportadoras de los gérmenes morbosos, junto con las condiciones metereológicas, serian otras tantas causas predisponentes al desarrollo de la epidemia.

Así es que Pettenkofer asignaba al suelo una gran importancia para el desarrollo de una enfermedad que, como el *cólera* es en alto grado infectiva y difusible. Pero todas estas deducciones que se desprendian de los estudios de aquél, adquirieron mayor relieve al confirmarse otros hechos que la epidemia *tífica* nos suministraba por medio de las estadísticas, en donde tanto el Dr. Buhl, en las de Mónaco, como en las de otras ciudades alemanas, por Soyka, (1) admitian una estrecha relación etiológica con el suelo, tanto que clasificaron aquella epidemia entre las originadas por este. Estos hechos eran lo bastante significativos para que la *teoría localista* adquiriera grandes vuelos, ejerciendo la escuela de Pettenkofer durante muchos años una gran influencia en el campo de la higiene, fijándose sus partidarios en la estructura mecánica del suelo y principalmente en las oscilaciones de las capas de agua subterráneas, una vez que en algunas localidades se había encontrado una correspondencia al aumentar la *epidemia tífica* y el ascenso ó bajada del nivel de agua de aquellas capas.

A manera que se abría paso la *teoría localista*, otros observadores, entre los cuales se encontraban los médicos ingleses de la India, hicieron notar, que el desarrollo y difusión del *cólera* y del *tifus*, eran independientes de las condiciones especiales del suelo, debiéndose señalar, tras no pocas indagaciones y estudios, como vehiculos de infección, el agua en primer lugar, los alimentos, las ropas y el contacto de unas personas con otras. Pero el gran desarrollo que en estos últimos años han adquirido los estudios bacteriológicos han venido á echar por tierra las teorías de Pettenkofer con el descubrimiento del bacilo del *tifus* por Eberth, en 1880, y el del *vibrio colerígeno* por Koch, en 1883, trazando una nueva dirección

(1) *El suelo*, loc. cit.

en los estudios de epidemiología, basados en el conocimiento de los gérmenes productores de enfermedades. Hoy está plenamente demostrado que los bacilos del cólera y del tifus se desarrollan y difunden principalmente por el agua, y que no son las condiciones especiales del subsuelo las determinantes de aquellas epidemias, como pretendían los *localistas*, sino aquellos microscópicos seres. A la *teoría localista* ha substituido la *parasitaria*, desapareciendo aquella incógnita que dominaba en la teoría de Pettenkofer. Justo es reconocer, sin embargo, que éste abrió nuevos horizontes á la epidemiología, llamando la atención sobre la importancia que tiene el estudio geológico del suelo, sus condiciones físicas y químicas, meteorología, estadísticas de mortalidad, etc. La higiene científica tomó á partir de esta época grandes vuelos, y hoy es necesario reunir un conjunto de factores para estudiar la profilaxis de las enfermedades infecciosas epidémicas y endémicas.

La tierra y el agua como causas predisponentes y determinantes de las enfermedades infecciosas.

Es cosa sabida que un terreno en el cual exista una determinada cantidad de materia orgánica y un cierto grado de humedad y temperatura, ya constituye un medio favorable para la conservación y multiplicación de muchos gérmenes que, como los del carbunco, tetano, edema maligno, pueden pasar directamente á los animales y al hombre mismo, y otros que, como la bacteria de la tuberculosis, el *vibrio colerígeno*, tifus, peste, pueden conservar su vitalidad por largo tiempo en terrenos húmedos, según han demostrado numerosas investigaciones bacteriológicas, después de haber indicado Pasteur y Koch los métodos técnicos para su aislación. Investigaciones de estos últimos años han demostrado que los terrenos pantanosos son apropiados para el desarrollo del *Anchilostoma duodenale*, así como en las aguas de los ríos, los huevos de los helmintos, que, como la tenia, no es raro encontrarlos. El paludismo, cuyo parásito se desarrolla en algunas especies de mosquitos, necesitan éstos vivir en el agua un cierto periodo de su vida para que sus gérmenes recorran parte de su ciclo evolutivo en aquel elemento, ocurriendo lo propio con la filariosis humana y con la fiebre de Texas, en los bóvidos. Estudios de estos últimos años, verificados en la isla de Cuba y otras localidades, han demostrado que el germen de la fiebre amarilla evoluciona por medio de

un insecto (*Stegomyia fasciata*) el cual necesita vivir en terrenos cubiertos por el agua. También se atribuye por algunos á condiciones especiales del agua y del suelo en ciertas localidades, el desarrollo de las *paperas* y el *cretinismo* en la especie humana. El suelo, por tanto, constituye el asiento ó receptáculo de todos los restos de la vida de los seres orgánicos animales y plantas, dando lugar á la destrucción ó evolución de aquéllos, haciendo que se conserven y diseminen materiales y agentes morbosos para los seres vivos.

Transformaciones que experimenta la materia orgánica.

La tierra y el agua reciben los restos de los animales y de las plantas, los residuos procedentes de la vida humana, entre los cuales existen muchos gérmenes de naturaleza patógena; en aquellos elementos dichas sustancias experimentan diversas transformaciones, cuyos productos, en vez de ser perjudiciales á los seres vivos, le son favorables, porque ayudan á su conservación y propagación. Contribuye en alto grado á dichas transformaciones la misma tierra, por hallarse en contacto con el oxígeno del aire, siendo, por tanto, el sitio donde aquel conjunto de procesos actúan de verdaderos depuradores, ayudando á dichas transformaciones el agua, la cual favorece á la diseminación de los materiales terrestres y á la difusión y esparcimiento de los gérmenes.

Uno de los procesos que se verifica al pasar el agua por la tierra, es la transformación del ázoe y carbono orgánico en ázoe y carbono inorgánico: el primero, en estado de nitritos y nitratos en disolución; el segundo, en estado de anhídrido carbónico libre ó combinado, para formar carbonatos y bicarbonatos; y si éstos se encuentran formando parte de la tierra, sucederá que, al descomponerse la materia orgánica, aumentará en el agua la proporción de aquéllos, principalmente cal, magnesia, hierro, etc. Pero si un agua privada de estos materiales pasa á través de un terreno, donde las sustancias orgánicas en descomposición están en gran actividad, aquella sustraerá de la tierra compuestos de carbonato de calcio y de magnesio y sales ferrosas, además de los nitratos y nitritos, y si las sustancias orgánicas muertas están en iguales condiciones que en la tierra, el mismo fenómeno ocurrirá con las aguas recolectadas, que en corrientes superficiales y subterráneas. Pasado cierto tiempo, aquellas sustancias desaparecen, hallándose substituídas por nitritos y nitratos inorgánicos y anhídrido carbónico libre ó combinado con car-

bonatos terrosos que, ó ya existían en el agua ó en el fondo ú orilla de las conducciones. Los nitratos y el ácido carbónico constituirán el último término de la mineralización de las sustancias orgánicas, y los nitritos indicarán que un tiempo fueron sustancias orgánicas en descomposición, procedentes del sitio de origen de las aguas.

Pero así como el agua al atravesar un terreno exporta los nitratos y nitritos, si éstos no son substraídos antes por las raíces de las plantas, en ese caso serán transportados á las capas ó faldas de agua subterráneas, debiéndose considerar la presencia de estas sales en un agua de tal proveniencia, como signo de contaminación de los lugares por donde haya pasado ó de la mayor ó menor depuración experimentada en aquél.

Muchas indagaciones se han llevado á cabo por diversos investigadores, para demostrar que una parte de los productos de descomposición de las sustancias orgánicas en el aire y en el suelo, el ácido carbónico, pasa á los carbonatos ya existentes en el suelo para formar bicarbonatos, si no interviene por otra parte algunas bacterias, y otra parte, en estado gaseoso, se disuelve en el agua y se reparte por el aire y por la tierra, acumulándose en el lugar de producción si aquella es poco permeable. Por el contrario, si la tierra es permeable, el ácido carbónico se difundirá á diferentes distancias, pasando además al aire atmosférico. La presencia, por tanto, de aquel gas indicará la mayor ó menor riqueza de materiales en estado de descomposición en un terreno. Pero las materias orgánicas de la tierra y del agua deben pasar antes por fases intermedias al ser reducidos los nitritos y los nitratos al estado de ácido carbónico, siendo una de las primeras manifestaciones la *maceración*, por medio de la cual, las fibras leñosas y demás tejidos vegetales se disocian, viniendo después una lenta fluidificación de estos materiales, á la cual ayudan, una cierta cantidad de *vibrionidos*, entre los cuales se hallan las *amido-bacterias*, las cuales pueden desarrollarse también á expensas de otros materiales que no sean la celulosa de los vegetales. Otros microorganismos especiales ayudan á completar la obra de mineralización, que habrán comenzado los anteriores, oxidando los hidratos de carbono. La humedad del suelo contribuye á que, por medio de la acción bioquímica, los restos orgánicos, en los que predomina la celulosa, se gelatinicen y se fluidifiquen, reduciéndose á una serie de compuestos minerales que sirvan de alimento á la planta y sean conducidos más tarde al agua. De modo que la transformación de la celulosa de las plantas co-

mienza por la acción de microorganismos *anaerobios*, y concluye en los últimos periodos de la combustión, por microorganismo *aerobios*.

En el proceso de la fluidificación y putrefacción de las sustancias azoadas entran en acción fermentos solubles ó *dias-tasas* segregadas por microorganismos, y estos mismos seres son también causa original de diversas fermentaciones, habiendo sido Pasteur el primero que en algunas de estas indicó su especificación, manifestándose la putrefacción por una fermentación debida á la vida de los microorganismos, que se multiplican merced á las materias orgánicas azoadas muertas, las cuales se hallan profusamente repartidas en la tierra, acompañando á los *detritus* de diversa proveniencia.

Los productos del resultado de la putrefacción son muchos, y la mayor parte del ázoe de estos cuerpos concluye por formar con el hidrógeno el amoniaco. Asimismo existen muchas bacterias en los líquidos en putrefacción, bien conocidas y clasificadas, cuya enumeración sería enojoso mencionar en estos momentos.

La nitrificación del amoniaco se debe también á la acción de microorganismos especiales, los cuales, después de varias tentativas, han tratado de identificarlos diversos investigadores, debiéndose á Winogradsky su clasificación en dos tipos: uno, el de los *nitroso-bacterias* que oxidan el amoniaco en ácido nitroso, y el otro el de los *nitro-bacterias*, que oxidan después los nitritos en nitratos. De aquí que para formar concepto de un terreno, relacionado con la higiene, sea necesario conocer su composición mineralógica, estructura mecánica, humedad, calor, acción de la luz, etc.; en suma, un conjunto de datos que permita saber si la autodepuración rápida de un terreno está en condiciones favorables para la actividad de los microorganismos, pues si muchos de estos, especialmente los patógenos, no se destruyen, es muy probable que puedan ser difundidos á largas distancias por el aire, por el agua y aun por el movimiento de los organismos vivos.

Microorganismos de la tierra.

Está plenamente demostrado que hay microorganismos que pueden conservar su vitalidad durante mucho tiempo en la tierra y en el agua misma, pasando después á los animales y al hombre, dando lugar á enfermedades infecciosas, tanto de carácter epidémico como endémico. Las numerosas investigaciones bacteriológicas llevadas á cabo, vienen á demostrar, como ya dijimos al principio, que la tierra constitu-

ye uno de los más copiosos receptáculos para la vida de los microorganismos, los cuales unos son constantes y peculiares, en cualquier sitio de la corteza terrestre, y otros son puramente accidentales, que aparecen de tiempo en tiempo, siendo su vida transitoria, como los que particularmente se encuentran en el agua, en el aire y los parásitos obligados.

Los hongos *schizomicetes*, *blastomicetes* é *hifomicetes* son principalmente los organismos representantes de la tierra. Las formas de bacilos no esporigenos, son mucho más raras, por ser menos resistentes á la acción de la desecación y de la luz solar. En la superficie de la tierra se hallan los *micrococcus*, especialmente los *cromógenos*, mientras que en los estratos profundos se hallan las *formas bacilares esporigenas*, las cuales resisten con gran tenacidad á la desecación, á las altas y bajas temperaturas y á la influencia de la luz solar, que para otras especies bacterianas les perjudicaría en alto grado. Entre las predominantes en la tierra, se encuentran el bacilo del heno *B. subtilis* y el *B. radiceforme*, aislados por Koch. También se observan en la tierra muchas especies del grupo de las de la putrefacción, los *amidobacterium*, los *nitroso-monas* y *nitrobacterium*; estos últimos aislados, según dijimos, por Winogradsky, de numerosas muestras de tierra, traídas de diversas partes del globo.

Son características de la tierra el *Clostridium pasteurianum*, el *Azobacter chroocum* y otros fijadores del ázoe de la atmósfera, en los terrenos donde habitan; el *B. radicecola*, el fijador del ázoe atmosférico en las nudosidades de las raíces de las leguminosas, el *B. denitrificans*, que substrahe el ázoe de los nitratos y nitritos, apoderándose de él y abandonándolo luego libremente, y las bacterias *termófilas*.

La cantidad de microorganismo de un terreno depende de muchas causas; su número aumenta á manera que se pasa de terrenos vírgenes ó incultos á terrenos laborables ó cultivados ó á terrenos habitados. Sería tarea larga indicar en estos momentos las cifras halladas por diversos investigadores, bastándonos indicar que las diferencias son muy grandes, según la profundidad, naturaleza y constitución geológica.

En las capas superficiales de la tierra se encuentra el bacilo del *carbunco*, el cual, según Pasteur, procede de terrenos en los cuales se han tenido á pasto animales atacados de carbunco y donde después fueron enterrados. Koch indica el hecho de que para la formación de sus esporos necesita una temperatura de 18°, considerándolo como un sa-
profito facultativo que halla favorables condiciones de vida

y reproducción sobre los restos de plantas y en terrenos húmedos. También Pasteur aisló de la tierra el bacilo del *edema maligno*, especialmente, en los sitios donde hay muchos restos orgánicos. En la tierra, asimismo, fué encontrado y aislado por Arloing el bacilo del *carbunco sintomático*; por Nicolajer el bacilo del *tétano*, y por Yersin, el de la *peste*. El grupo de los *coli-bacilos* es frequentísimo en los terrenos naturales, así como los *micrococcus piógenes* y *streptococcus*, el *pneumobacilo* de Friedländer y el *bacilo piocídico*. Aun cuando varios investigadores hayan demostrado experimentalmente la capacidad de vivir en la tierra en determinadas condiciones otros bacilos patógenos, es lo cierto que es difícil indicar la presencia del *vibrio del cólera*, el de la *tuberculosis*, *diplococcus* de la *pulmonía*, etc.

En general, basta que en cualquier terreno haya una pequeña cantidad de materia orgánica para que sea lo suficiente para la vida de los *saprofitos*; pero para los *patógenos* es necesario que haya un medio de nutrición más abundante y aun especial para su vida: los primeros resisten mejor á los medios naturales de nutrición, como la desecación de la luz; no así los segundos. Por lo demás, según demostró Virchow, los microorganismos, siguen las mismas leyes de la lucha por la existencia como en los seres superiores y como los *saprofitos*, son más difusos y resistentes, concluyen por vencer generalmente á los *patógenos*.

De cómo pueden pasar las bacterias patógenas de la tierra al agua, al hombre y á los animales, es asunto el cual se ha tratado también por vía experimental, no sólo en los estudios de laboratorio, sino también en la propia Naturaleza. En estos últimos años, Koch ha demostrado que no siempre es el agua la que sirve de vehículo transmisor del *bacilo tífico*, sino que, encontrándose también en la tierra, es el hombre, los animales y el mismo viento el que se encarga de transportarlo y diseminarlo. La conservación de las bacterias patógenas en el suelo, depende, según hemos dicho, de condiciones especiales del mismo.

Mucho más fácil es explicar, supuesto que también lo corrobora la experimentación, el transporte de los gérmenes microbianos patógenos desde la tierra al agua, sobre todo por medio de las venas de agua superficiales, las cuales, pasando por terrenos contaminados, en donde se han practicado irrigaciones con aguas de pozos negros, se ha averiguado el origen de algunas epidemias de *cólera* y de *tifus*.

En cuanto á la rapidez de la difusión, se han hecho estudios sobre el particular por Abba, Orlandi y Rondelli, al estu-

diar las contaminaciones de los conductos de agua de Turin. Sembrando determinados bacilos en las capas superficiales del suelo hasta una profundidad de 6 á 8 metros, ha podido demostrarse que aparecían aquéllos desde las treinta á las cuarenta y cinco horas, á una distancia de 70 metros, y desde las setenta á las setenta y cinco horas, de 100 á 220 metros. Estos estudios prueban que es difícil la salida de los microorganismos de la tierra de abajo á arriba, mientras que su transporte es fácil si las condiciones de permeabilidad del terreno son favorables, y ayuda además la fuerza de la corriente.

Los microorganismos del agua.

El estudio de estos seres es de tal interés, por el gran número de especies, tanto vegetales como animales, que viven en aquel elemento, que su conocimiento constituye una rama especial de las ciencias naturales, de la cual habrá que separar los organismos que más interesan á la Higiene.

Se designa con el nombre de *plakton* al conjunto de animales y de plantas microscópicas que viven en el agua, y según sean las condiciones de ésta y los cambios operados por los agentes físicos y químicos, así serán los elementos constitutivos de aquél, los cuales dependerán de las condiciones más ó menos favorables del agua para que puedan vivir y desarrollarse las diversas especies. Este asunto es de mucho estudio también para la química, supuesto que la presencia de determinadas especies indica que se opera en el agua una transformación en sus elementos químicos. Así, las *Beggiatoa* requieren para su vida el ácido sulfúrico; los *Crenotrix* el hierro, y necesitando las del primer grupo el hidrógeno sulfurado, las encontraremos en las aguas sulfurosas y en las de alcantarillas. En el sedimento del depósito del Lozoya y en los orígenes de éste río, en el Paular y Rascafría, he tenido ocasión de observarlas. Aun cuando este estudio dista aún mucho de ser completo, sin embargo, hay especies que requieren para su vida el agua pura (*catarobias*), otras las hallaremos donde hay productos en descomposición (*saprobias*), existiendo entre ambas asociaciones (*cenobiosis*).

El *pseudo-plakton* está constituido por los huevos y larvas de gusanos parásitos, lo que prueba la contaminación del agua por materias fecales, tales como la *tenia*, *distoma*, *ascaris*, *oxyuris*, *anguillula*, alguna de cuyas especies he podido también hallar en las aguas del Lozoya.

Es de suma importancia conocer si en la trayectoria de

una canalización existen especies de mosquitos (*Culex* y *Anopheles*), por ser los productores del paludismo, y tal interés tiene para la higiene la presencia de estas especies, que los americanos han creado dentro del arte de la ingeniería una rama nueva, que denominan *mosquito engineering*. Aquí se han ejecutado las obras de la «Sociedad Hidráulica Santillana» en el Manzanares y no se han ocupado para nada de este asunto, padeciéndose, por desgracia, el paludismo en los pueblos ribereños, como Manzanares, Miraflores, Colmenar, etc.

No sólo hay que fijarse en la presencia de las especies que hemos indicado, sino aun en otras que, aun cuando no estén consideradas como patógenas, su presencia es signo de la calidad del agua, como el grupo de los *rotíferos*, que en gran abundancia he hallado en la presa del Villar; los *infusorios* que, viviendo sobre las algas y en corto número, limpian el agua de partículas orgánicas, y si están en gran abundancia es ya señal de un estancamiento de las mismas.

Las plantas inferiores tienen su desarrollo tanto en las aguas corrientes como en las estancadas, pero principalmente en estas últimas, en las cuales á veces llegan á acumularse en tan gran cantidad, sobre todo en algunos sitios de las conducciones donde la corriente es muy lenta, que, hacinándose sus restos en el fondo, dan lugar al desarrollo de gases y de materiales heterogéneos que comunican al agua un sabor desagradable, disgustoso é impropias para la bebida. En cambio, otras especies se desarrollan en tal abundancia dentro de los tubos ó cañerías de conducción que dan lugar á graves y serios inconvenientes para la higiene, como sucede con la *elodea canadensis*, ó *peste del agua*, que, importada del Norte de América á Inglaterra, se difundió después por Alemania del Norte. Las algas verdes, como las *confervas*, después las *oscilarias* y las *diatomeas*, viven en los ríos, depósitos, estanques, donde hay pobreza de sustancias orgánicas, y con ayuda de la luz descomponen el ácido carbónico, desarrollando oxígeno y depurando las mismas aguas; pero si el crecimiento de estas plantas es excesivo, unido á restos de la putrefacción, en ese caso la alteración de las mismas será tan grande que se hacen inservibles para el consumo.

El desarrollo de los hongos, especialmente los *hifomicetes*, se verifica en aquellos sitios donde las aguas pasan por cavernas cerradas y húmedas, en cuyas paredes viven, y en aguas de lento curso, donde hay residuos de fábricas de azúcar y otros *detritus* orgánicos, constituyendo los llamados *hongos de agua*.

Los *coccus*, *bacillus*, *spirillum* y el grupo de bacterias superiores se hallan en tan gran cantidad y tal la variedad de formas, que, aun dejando á un lado las especies patógenas, las saprofitas tienen importancia grande en el estudio de las aguas en su relación con la higiene por el número, constancia, origen y sitio donde se hallan.

Tratemos ahora de los microorganismos encontrados en las *aguas meteóricas*, para deducir después las causas que contribuyen á la difusión de los gérmenes. El vapor acuoso que se desprende de la tierra ó del agua corriente ó captada, no contiene teóricamente microorganismos, y si se condensa en una atmósfera perfectamente libre de gérmenes, el agua que se obtenga será completamente pura; si este hecho no se verifica siempre en la naturaleza será debido al levantamiento del polvo de la tierra, el cual llevará los gérmenes del mismo. El vapor que se desprende al choque y rotura de las olas, el agua que descende por cascadas ó precipicios ó arrojada desde ciertas alturas por la mano del hombre, al descender á la tierra, arrastrará mayor ó menor número de gérmenes, según que éstos estén ó no impregnando la atmósfera.

Los estudios practicados por Miquel en el laboratorio micrográfico de Montsouris en las *aguas pluviales*, demuestran una gran diferencia en cuanto á la riqueza microbiana de aguas recién recolectadas al comenzar las lluvias y la observada después de un tiempo en que aquélla ha podido lavar la atmósfera, depurándola de gérmenes.

En cambio, *la nieve* presenta otras condiciones distintas de la lluvia, pues, aparte del arrastre de los gérmenes del aire, al depositarse vuelve á recibir una buena parte de aquéllos, más los que el viento aporta. La prolongada permanencia en las altas montañas es un obstáculo favorable, porque impide el desarrollo de muchas especies bacterianas. Por diversos bacteriólogos se han llevado á cabo estudios muy interesantes en las altas montañas de Europa, entre las cuales citaré las llevadas á cabo por Scofone en el monte Rosa, habiendo podido identificar más de 13 especies de bacilos. También ha sido objeto de estudio el *granizo* cuya agua de fusión ha dado para Bujwid 21.000 bacterias por cm. c., y para Foutin 729 bacterias por cm. c. En general, los bacilos de las aguas meteóricas son aquellos que resisten mejor á la desecación.

Causas determinantes de la difusión de los gérmenes por el agua.

Siendo la tierra el sitio donde se acumulan los gérmenes, aquélla será la que dará mayor contingente, dependiendo su mayor ó menor riqueza de la confluencia que reciba de las localidades habitadas y en malas condiciones de higiene, de irrigaciones de agua procedente de la agricultura, del lavado de ropas, utensilios de cocina, productos ó residuos de fábricas ó industrias, etc., y estas influencias nos darán resultados muy desiguales en las comprobaciones bacteriológicas que hagamos al estudiar el curso de un río y las canalizaciones que de él dependan. Las estadísticas bacteriológicas de diversos laboratorios acusan la enorme diferencia que existe en cuanto al número y calidad de las bacterias al recolectarse el agua antes de pasar por una ciudad y después de esta. Los terrenos cuya constitución es permeable á consecuencia de la disgregación de las rocas, serán un depósito para los microorganismos, el aire atmosférico por una parte, los animales y el hombre con su movimiento, el agua que mana de la superficie ó corre por la misma en las grandes lluvias, transportarán á grandes distancias el infinito número de gérmenes. Su variedad ó riqueza dependerá esencialmente de la variedad de elementos orgánicos que se hallen en las aguas, bien en suspensión ó en disolución, como asimismo los que se hallan en el fondo ú orillas de los ríos, pudiendo cada especie de microorganismos vivir independientemente, desarrollándose á expensas del material que le es propio y peculiar para su vida. La influencia que estas aguas reciben de la temperatura, luz, aireación, movimiento, reposo, composición química del residuo inorgánico, los gases que hay en disolución, etc., hacen que sea difícil indicar de antemano la clase de gérmenes en una comprobación bacteriológica, sino que es necesario verificar muchas, y en distintos periodos del año, para poder formar concepto claro y preciso del curso de una canalización.

Así sucede que al estudiar un río no va creciendo progresivamente, como se supone muchas veces el número de aquéllos, sino que puede ocurrir un hecho enteramente opuesto, debido á que teniendo los microorganismos un peso específico superior al del agua, ó están adheridos á partículas sólidas ó en suspensión en aquélla, en razón de su movimiento. Donde la superficie es muy tranquila hay siempre precipitación de los gérmenes que están en suspensión, encontrándose

menor número en su descenso, respecto al curso superior, al menos si nuevos gérmenes no vienen á alterar la proporción.

Estudios verificados por Kruse, en el Reno, y los iniciados por Pagliani en el Instituto de Higiene de Turin, en el Adige, prueban que una corriente superficial en la que por una larga trayectoria no ha recibido afluentes, el número de microorganismos va cada vez disminuyendo á manera que la corriente se aleja del punto de contaminación, y que independientemente de una mayor cantidad de gérmenes que reciba, como seria los aportados por una prolongada lluvia, una cierta cantidad de aquellos microorganismos se deposita en el fondo, cuya capa ó légamo es removida cuando aumenta el caudal y el aflujo de agua limpia es mayor. El examen de esta sedimentación demuestra, por otra parte, que la materia orgánica es más abundante aguas arriba que en la parte baja del curso del río. Lo que algunos atribuyen á la *auto-depuración* del agua en corriente, no es debido á otra causa más que á la sedimentación de los materiales que estaban en suspensión y á la mayor ó menor cantidad de agua que el río lleve en diferentes épocas del año, pues en los periodos de grandes lluvias ó tempestades, la impetuosidad de la corriente remueve, levanta y transporta muchos materiales allí depositados.

Experimentos de Di Vestea han demostrado que el número de gérmenes aumenta también cuando las aguas pasan bajo puentes ó alveos estrechos, porque el aumento de velocidad hace que se remueva la sedimentación del río. Indagando las causas de las epidemias tíficas en Ginebra, pudo confirmarse el hecho que acabamos de exponer. Así, pues, á este orden de fenómenos fisicomecánicos que se suceden en las aguas, hay que agregar los bioquímicos que á la ligera expusimos anteriormente, de los cuales resultan las grandes diferencias que presenta una corriente cuando su caudal de agua ha aumentado ó disminuido, influyendo sobre todo en el número de microorganismos, y la cantidad de materia orgánica, más que la temperatura.

Las aguas de los lagos naturales han sido objeto también de muchas investigaciones bacteriológicas, resultando de ellas que la cantidad de gérmenes es mayor hacia las orillas que á distancia de éstas, y que á medida que se profundiza, su número va disminuyendo, creciendo mucho más hacia el fondo entre la sedimentación de materiales inorgánicos y de microorganismos de la superficie, los cuales se desarrollan á expensas de la materia orgánica en descomposición allí depositada.

Los primeros investigadores que demostraron la existencia de aguas *amicrobicas* fueron Pasteur y Joubert, cuyos estudios han sido después confirmados por numerosas indagaciones bacteriológicas, de las que resulta que hay muchísimas venas de agua que, al aparecer al exterior, no contienen gérmenes de ninguna clase, y que si aquellos se encuentran en muy escaso número es debido á su paso por los sitios contruidos ó habitados por el hombre para captarlas ó conducir las. Mucha influencia tiene la estructura del terreno, pues si mientras en las rocas silíceas y compactas hay una gran depuración por pasar el agua á través de estrechísimas hendiduras, no sucede así en las rocas calizas, donde hay cavidades más ó menos grandes, y por las que fácilmente pueden pasar las partículas que el agua lleva en suspensión. Pero tanto el agua que procede de la nieve como de la lluvia, al ser absorbida en gran parte por la tierra, en su interior y á distintas profundidades, se van formando hilos, los que, reunidos á otros, forman venas ó corrientes, que al pasar por cavidades mayores depositan las partículas, de donde resulta que aguas de tal procedencia han experimentado una continua filtración por los poros del terreno y un trabajo además fisico-químico que las hacen puras, dependiendo esta depuración del mayor ó menor espacio de tiempo que el agua recorre hasta ponerse en contacto con la superficie. No pueden establecerse generalidades acerca de que las aguas profundas sean amicrobicas, y si sólo por condiciones especiales de un terreno que esté bien defendido de las infiltraciones de la superficie. Análisis bacteriológicos practicados en aguas de pozos artesianos de distintas profundidades, han dado por resultado la presencia de muy pocos gérmenes, y aun en los pozos que todos conocemos, pero cubiertos y extraída el agua con bomba, se ha observado, tras de un examen comparativo, que el número de gérmenes iba disminuyendo á manera que se hacía funcionar mucho tiempo el aparato de aspiración. Así es que las aguas de capas ó venas superficiales que no están defendidas por estratos impermeables, las contaminaciones serán mayores y el número de gérmenes será variable. Las estadísticas de muchos laboratorios micrográficos señalan las grandes oscilaciones bacterianas en relación con las lluvias ó por irrigaciones de la superficie de la tierra por donde pasan las aguas.

Animales inferiores.

Son muchas las especies de organismos animales las que viven en el agua ó en ella experimentan algún ciclo evolutivo de su vida, y que, pasando al hombre ó á otros animales, son causa de diversas enfermedades, cuyo conocimiento interesa á la Higiene. Principalmente los huevos y las primeras fases del desarrollo de los gusanos intestinales, son los que se hallan en las aguas de los ríos. Entre los nematodos figuran los huevos de *ascaris*, cuyas especies son parásitas en el hombre, caballo y conejo; los *Tricocéfalos*, en el hombre, monos, cerdo, rumiantes, perro, etc.; el *Rhabdonema* en el estado de *Anguillula stercoralis* en el hombre; la *Filaria medinensis*, en el hombre, caballo, perro, buey, etc., que, viviendo en el agua dulce pasa á un crustáceo, el *Cyclops quadricornis*, de donde va á parar después al cuerpo de su huésped definitivo.

En el grupo de los *Cestodos* (tenias), sus diversas especies sufren en el agua las primeras fases, pasando luego al hombre y animales domésticos. Los *Distomas* pasan sus primeros estados en el agua dulce, alojándose más tarde en el hombre y animales domésticos.

Al grupo de los Protozoarios se ha asignado también un papel importante, pues se encuentran en gran abundancia en las aguas donde hay una gran cantidad de materias orgánicas en maceración. Aun cuando á algunas especies, como la *Amæba buccalis*, *vaginalis*, *urogenitalis*, *coli*, se les asignó por algunos autores un papel patógeno, es lo cierto, según investigaciones recientes, que no se les puede atribuir esta cualidad, así como aquellos otros infusorios del grupo de los *flagelados*.

Las bacterias patógenas del agua.

Estas no poseen la misma facilidad que las *saprofitas* para vivir y multiplicarse en este elemento, sino que requieren otras condiciones para su existencia. Así como las saprofitas tienen una gran resistencia, multiplicándose en las aguas naturales, dulces y saladas y aun en la propia agua destilada, á las patógenas no les sucede lo mismo, mientras que no encuentren un elemento más nutritivo y abundante, no siendo difícil que en las mismas corrientes de agua, en el curso de los ríos, hallen condiciones apropiadas, como restos de plantas ó proximidades á sitios donde se vierten residuos urbanos

Aun en las paredes de las canalizaciones que están al descubierto pueden detenerse y fijarse gérmenes patógenos, protegidos por la humedad ó defendidos por la acción de la luz. También en el sedimento de los ríos, canales ó depósitos pueden conservarse largo tiempo, hasta que la fuerza de la corriente, las remueva, transporte ó difunda á diversas distancias. Las sustancias orgánicas sólidas que superficialmente se hallan en las aguas constituyen un elemento nutritivo de importancia para el desarrollo y multiplicación de las patógenas, bastando con que haya una pequeña cantidad y que aún no estén mineralizadas dichas sustancias orgánicas. Se cree también que el trabajo ó metamorfosis regresiva de los saprofitos ejerza alguna influencia destructiva sobre los patógenos, no pudiéndose por estas razones admitir un *paralelismo entre la riqueza de materia orgánica y la de los microorganismos patógenos*.

Tiene también influencia sobre la vida de los patógenos la composición de la materia inorgánica del agua, pues mientras que para los saprofitos cualquier composición química inorgánica les es favorable, ayudada por ciertas condiciones, no es así para la vida de las patógenas. Así por ejemplo, para el *Vibrio del cólera*, las sales metálicas actuarán como bactericidas, los mismos recipientes en que las aguas se hayan tenido ó las cañerías por donde hayan pasado, según han demostrado los estudios de Nægeli y Ficker. La luz tiene también un poder bactericida enérgico sobre las patógenas, conservándose mucho mejor sobre las paredes húmedas y obscuras de las conducciones y sobre el sedimento. Si á igual temperatura están las patógenas y las saprofitas, y cuyo grado exceda de 20°, estas últimas se desarrollarán rápidamente y harán que los primeros sucumban, y si un agua pobre en materias orgánicas donde escasamente hay bacterias patógenas, éstas se desarrollarán activamente merced á una elevación de temperatura, consumiendo rápidamente el material nutritivo y cesando, por tanto, su desarrollo; las bajas temperaturas son las que conservan mejor y por más largo tiempo los gérmenes patógenos. Estudios de Di Mattei y Stagnitta han demostrado que por el movimiento de las aguas las patógenas resisten menos que aquellas que están en reposo, debiéndose tener muy en cuenta para la higiene el *fenómeno de la sedimentación*.

El número de especies patógenas de las aguas es muy reducido, debiéndose concretar al *Vibrio del cólera* y al *bacilo tífico*, cuyas epidemias están clasificadas entre las de origen hidrico. Mas raramente las aguas pueden transmitir el bacilo

del carbunco, tétano y algún otro agente patógeno de la *dysenteria*. Estudios recientes de Hueber y Yaeger, que han aislado de aquel elemento el *Bacillus proteus fluorescens*, atribuyen á éste enfermedades graves intestinales, causando la muerte á varias especies de aves de corral y determinando en el hombre la *ictero-febril*, ó enfermedad de Weil. La asociación del *bacilo coli* con bacterias ó agentes de la putrefacción origina en la especie humana graves enfermedades que, bajo la forma clínica, denominanse *infecciones gastro-intestinales*, atribuyéndose también un papel importante en tales infecciones á la presencia del *bacilo piocéneo* (1) en las aguas potables, el cual aislé en las del viaje de la Castellana, con motivo de una de estas epidemias, y posteriormente, en dos muestras de agua de pozo procedente de una tahona dentro de nuestra capital, y después por Remis, en las aguas del Tajo y Alcázar de San Juan. Bonjean (2) indica que la infecciones *piocénicas* más graves deben añadirse á la lista de las afecciones epidémicas transmisibles por el agua.

Existen también otras enfermedades parasitarias relacionadas con las condiciones hidrotelúricas del suelo, como la *filariosis*, *fiebres intermitentes*, *fiebre amarilla* y *tripanosomiasis*.

En general, las colonias liquidantes de diversas especies de bacterias, si las hallamos en gran número y produciendo un olor desagradable y nauseabundo en los medios de cultivo, indican, desde luego, que tienen su origen en la putrefacción animal y están consideradas como *sospechosas*. En este caso se encuentran el *Bacillus violaceus*, *Proteus vulgaris* y *mirabilis*, *Bacillus termo*, *Bacillus Zopfii*, *Bacillus prodigiosus*, *Bacillus fluorescens putridus* y otras más. El *colibacilo*, el *lactis aerogenes*, *cloacæ* el grupo de los *streptococcus*, el *enteritidis sporogenes*, *alcaligenes*, son de origen intestinal, y su presencia indica que provienen de materias fecales. Otras, como el *Bacillus mycoides*, *terrigenus*, *cladotrix*, *penicillum*, viven en las primeras capas del suelo, y es un indicio de que el agua es poco profunda en su origen. Las diversas especies de *hongos* indican estancamiento de las aguas.

(1) Sobre la presencia del *Bacillus pyocyaneus* en las aguas del viaje de la Castellana.—*Revista Ibero-Americana de Ciencias Médicas*, Madrid, Junio 1900.

(2) Bonjean: *Analyse des eaux potables*, París, 1907.

II

Valor higiénico de las contaminaciones.

La rápida ojeada que hemos hecho es para demostrar que el estudio de una canalización de aguas potables es asunto de gran transcendencia, donde hay que conocer un gran número de factores para formar concepto de la misma, y hecho esto, proceder después á la realización de las obras necesarias para mejorar sus condiciones.

Si en otro tiempo se asignaba cierto valor á la presencia en el agua de organismos inferiores, no pertenecientes al grupo de las bacterias, considerándose como indicio de una relativa pureza de las aguas superficiales la presencia de algas verdes, hoy los progresos bacteriológicos han reducido en mucho el valor diagnóstico de aquellos organismos inferiores, dándose importancia á las bacterias superiores, como las *Beggiatoa*, *Crenotryx*, *Clamydotrix*, etc., á las cuales se les atribuye graves alteraciones en las aguas. Pero la mayor importancia para la potabilidad estriba, no ya en el conocimiento que el análisis químico nos suministre, sino en la presencia de determinadas formas de bacterias que pueden vivir en aquella, á parásitos determinantes de enfermedades infecciosas que dicho elemento se encarga de transmitir y propagar. Aun reconocida en la actualidad tal importancia por la inmensa mayoría de los higienistas, todavía hay algunos que no dan gran valor al hecho de que ciertos gérmenes de enfermedades infecciosas se encuentren repartidos difusamente por todas partes, permaneciendo largo tiempo inactivos y desarrollando su acción patógena cuando circunstancias especiales vienen á provocarla. Solo el hecho de encontrarse en un agua ciertos gérmenes como el *bacilo coli*, ya constituye para el higienista un valor de suma importancia, pues al hallarse en condiciones ordinarias, indica que el sitio por donde pasan aquellas aguas, es susceptible de llevar en otras ocasiones bacterias patógenas. Es difícil encontrar á cada paso aguas en la Naturaleza *amicrobicas*, y si tras largas y repetidas comprobaciones bacteriológicas se demuestra que un agua sólo contiene especies *saprophytas*, habrá que indagar el origen ó proveniencia, tras no pocas comprobaciones químicas, orográficas y geológicas, para deducir la mayor ó menor posibilidad de recibir algún día gérmenes de enfermedades infecciosas.

Por las estadísticas de los laboratorios bacteriológicos,

vemos las cifras referentes al número de gérmenes por centímetro cúbico que puede contener un agua, y es necesario que de tales datos deduzcamos su verdadero valor, debiéndose considerar como *sospechosas* aquéllas cuya composición química no se ajuste á los límites de la potabilidad, y contenga un gran número de gérmenes con muchas variedades en sus especies, y aun aquéllas también en que, siendo de buena calidad química, tras de repetidas comprobaciones, la cantidad y calidad de los gérmenes es muy variable, y cuyas máximas numéricas correspondan á periodos de trastornos atmosféricos, á inundaciones y á otras causas, como su paso por lugares habitados, etc., debiéndose admitir como potables y aptas para el consumo público aquéllas cuya composición química es excelente, y contiene gérmenes cuyo número y especies es relativamente pequeño, y su oscilación bacteriana esté también entre límites muy pequeños.

Los higienistas consideran como oscilaciones de pequeños límites las cifras comprendidas entre 20 y 50 y á lo más 100 por cm. c. de agua, cifra que [se considera suficiente para reconocer su pureza bacteriológica, estando basada esta apreciación en el hecho de que un agua con gran cantidad de bacterias, y á la que se hace pasar *á través de los filtros arenosos*, se considerará bastante depurada cuando el número de gérmenes se mantenga constante dentro de aquellas cifras.

Decíamos antes que si en el análisis de un agua llega á comprobarse que existen las especies del *tifus* ó del *cólera*, es suficiente ya este hecho para que las aguas se consideren infectas y peligrosas; pero es rara su constante presencia y hasta difícil su investigación, porque dichos gérmenes no tienen gran resistencia en aquel elemento, y porque su identificación presenta siempre grandes dificultades con los medios de que actualmente disponemos. En un estudio reciente, del doctor Levi della Vida (1), ha demostrado que si se siembran bacilos del *tifus* y del *cólera* en diversas muestras de aguas potables en donde se había puesto de antemano cloruro de sodio, como terreno apropiado para el desarrollo del *vibrio colerígeno*, la vitalidad es variable, de donde resulta que durante una epidemia *tífica* puede hallarse el bacilo productor de esta enfermedad, en el trascurso de unos dos meses, mientras tan sólo unos ocho días para el *cólera*.

(1) *Vitalità dei germi patogeni in alcune soluzioni saline e in alcune acque potabile e minerali.*—*Annali d'igiene sperimentale.*— Vol. XIX, fasc. III, 1909.

De aquí que, para apoyarse en un juicio que exprese la contaminación, se hayan fijado los higienistas en aquellas especies que acompañan generalmente á los gérmenes infecciosos ya dichos; es decir, los microorganismos que se encuentran constantemente en las vías digerentes del hombre y de los animales domésticos, como el *bacillus coli communis* como seguro indicio de contaminación de las aguas, por residuos fécales ó inmundicias. Todavía y, durante algún tiempo, se consideraban por algunos como señal de contaminación la presencia en las placas de cultivo de especies que liquidan la gelatina; pero como quiera que hay bacterias patógenas que no la liquidan y otras que sí lo hacen, ese dato, que algunos consignan en sus análisis, no puede tener valor alguno desde dicho punto de vista.

Hace algunos años que varios investigadores, en vista de haber creído encontrar en cualquier clase de agua el *bacilo coli*, negaron su importancia, considerándolo como uno de tantos saprofitos (1), pero contra esta opinión otros bacteriólogos sostuvieron la contraria, es decir, que la presencia de aquel bacilo constituye una prueba de contaminación por materias fecales procedentes del hombre y animales domésticos, y cuya bacteria se encuentra además profusamente repartida en las aguas y en la tierra. Reconocida hoy ya por todos los bacteriólogos la importancia del *bacilo coli* y su patogenicidad, investigadores como Migula, Freudenberg y Vincent consideran que la presencia de aquel bacilo en el agua tiene importancia para decidir su mayor ó menor contaminación, solamente cuando sus gérmenes se hallen en gran cantidad y en relación con la naturaleza de la misma agua. Aumentan también las dificultades analíticas el hecho de encontrarse en las aguas formas de bacterias semejantes á las del *tifus* y *coli*, á cuyos grupos se les ha denominado *paratíficos* y *paracolis*, lo cual ya constituye para el investigador un minucioso y detenido trabajo para poder determinar claramente la especificación de las distintas formas bacterianas, debiendo recurrir á otros muchos procedimientos técnicos para expresar su dictamen.

Tan importante cuestión viene desde hace años suscitar numerosos trabajos de bacteriología de las aguas en Alemania, Francia, Italia, Inglaterra y los Estados-Unidos, donde, independientemente de los estudios de laboratorio y como

(1) Madrid Moreno: *Procedimientos de aislación y diferenciación de especies bacterianas procedentes de las aguas*—(*Boletín del Laboratorio Municipal*), 15 Mayo 1905, tomo V, núms. 3 y 4.

consecuencia de los mismos, se vienen invirtiendo grandes sumas en la realización de obras de ingeniería en los ríos y afluentes para la depuración de las destinadas al consumo del hombre. La bibliografía sobre el particular es muy copiosa, no solo en lo referente á la biología de las bacterias del agua, sino en el género de construcciones llevadas á cabo para mejorar las condiciones de la misma.

Otra cuestión que hace años fué suscitada en los Congresos de Higiene es la de la unificación de los métodos para los análisis bacteriológicos, cuestión que no ha sido resuelta definitivamente, tanto que llegó á acordarse últimamente que cada bacteriólogo emplease los que mejor resultado le hubieran dado en la práctica, y comunicar las conclusiones después á un Comité nombrado para tal efecto. Hasta ahora que yo sepa la cuestión está todavía sobre el tapete, pero en Inglaterra y los Estados Unidos ha tiempo que se han designado Comités encargados de tal unificación, y en el publicado por este último país (*Report of the Committee on Standard Methods of Water Analysis*) se encarece mucho la composición de los medios de cultivo, el grado de temperatura para su esterilización y el requerido para la incubación de los microorganismos (1).

Se impone en nuestro país la necesidad de que los Gobiernos dicten las leyes necesarias para el saneamiento de las aguas de alimentación, rompiendo de una vez con la rutina de muchos técnicos que, al hacer las obras de captación y distribución, prescinden en absoluto de la higiene y para nada tienen en cuenta la garantía de la pureza del agua. Kemna (2) dice en su trabajo que las aguas de distribución deben ser objeto de una vigilancia constante, tanto química como bacteriológica, debiendo ser ésta ejercida con gran seriedad por personas competentes, penetradas del sentimiento de su responsabilidad, porque tienen en sus manos millares de vidas humanas. Pero ni á la química ni á la bacteriología se les puede pedir más que lo que ellas pueden dar, porque sus procedimientos de investigación son todavía insuficientes, y el mejor reactivo de la calidad de un agua es la salud de la población que la consume. Así es que deben intervenir los laboratorios de higiene, centralizando las enseñanzas y los datos suministrados por los Médicos que asisten á los enfermos, á los cuales incumbe el deber de indicar los casos de

(1) Prescott and Winslow: *Elements of Water Bacteriology*.—New-York, 1908.

(2) *Belgique Médicale*, 1899.

las enfermedades epidémicas. Ya en 1887 decia Brouardel «que toda población paga al cólera y á la fiebre tifoidea el tributo que le impone la pureza de sus aguas», y que «la *fièvre tifoidea* constituye el reactivo del agua suministrada á una población».

Las epidemias *tíficas* como las de cólera son explosiones momentáneas, quedando luego una endemia más ó menos intensa, como sucede en Madrid y otras poblaciones cuya causa guarda relación íntima con el agua que se consume. Los alemanes dicen que la mortalidad *tífica* no debe ser al año más que de 0,25 por 1.000 habitantes, y la mayoría de los higienistas están de acuerdo en que una mortalidad que pase del 22 por 1.000 es excesiva, é indica la necesidad de realizar trabajos de saneamiento.

Respecto á las infecciones *coli-bacilares* y al origen de éstos microorganismos, se han verificado importantes estudios en el Norte de América, publicados en el *State Board of Health Massachusetts*, hechos en el laboratorio ó estación experimental de Lawrence, de los cuales deducen «que en un río como el Merrimack el número de bacilos *coli* está en proporción directa con la cantidad de agua de alcantarilla recibida; que en las aguas de los lagos y de los estanques rodeados por poblados ó habitaciones, el *bacilo coli* es constante, y para encontrarlo es necesario operar con grandes cantidades de agua, siendo, por tanto, su grado de contaminación universalmente proporcional al volumen de agua necesario para obtener una prueba positiva; que el *bacilo coli* es más abundante en la estación estival que en la fría: el almacenamiento del agua reduce mucho el número, sin duda debido al fenómeno de la sedimentación, y, por último, que para vigilar los filtros es necesario investigar la presencia del *coli*.»

Se ve, por lo expuesto, que el problema de las aguas es un asunto muy complicado y de mucho estudio, y que no basta el ensayo y tanteo con una «botella» que antes contuvo vino ó cualquier otra cosa, como es uso y costumbre remitir á los laboratorios por técnicos nada menos, para que se dictamine sobre la bondad del agua de una canalización, sino que es necesario hacer estas cosas más en serio, y no con el desdén ó ignorancia que, por desgracia, se hace entre nosotros.

Dice Bonjean (1): «Es indiscutible que en razón de los conocimientos químicos, biológicos, bacteriológicos, geológicos y de higiene que debe poseer la persona que se encarga del examen de las aguas desde el punto de vista de la higiene

(1) E. Bonjean: *Analyse des eaux potables*.—Paris, 1907.

pública, en razón además del material muy costoso que se requiere, el tiempo necesario para realizar con exactitud el análisis de las aguas, únicas que deben tomarse en consideración, haya llegado á ser este problema una verdadera especialidad, y es un error creer que todo químico, todo bacteriólogo, todo médico ó todo farmacéutico sea el llamado únicamente á dar dictamen sobre esta cuestión.»

De donde se deduce que para estudiar una canalización necesitan intervenir distintas profesiones sanitarias, y de los datos que cada uno aporte de su estudio deducir después en qué condiciones debe funcionar aquélla, para que ofrezca las garantías y seguridades necesarias á la salud pública. Nosotros carecemos de una ley que reglamente dichas condiciones, y el resultado en que cada uno hace lo que le parece y quiere que su opinión predomine sobre los demás, sin base alguna en que apoyarla.

Así, pues, resumiendo los trabajos que se vienen realizando desde el punto de vista químico y bacteriológico, es necesario investigar en las aguas la presencia de la *albúmina amoniacal*, del *ácido nitroso*, *nítrico*, *fosfórico*, *sodio*, *potasio*, *substancias orgánicas*, en una palabra, los elementos químicos anormales y bacteriológicamente, número y presencia de *bacterias de origen intestinal*, de la *putrefacción*, las especies *anaerobias esporuladas* y las diversas formas *espirilares*. Se necesita además comprobar la patogeneidad de las especies bacterianas sospechosas, tanto aisladas como en conjunto, en los animales de experimentación, por medio de inoculaciones, para deducir si están ó no las aguas en condiciones higiénicas para la bebida (1).

Pagliani (2), en su obra, hace las conclusiones con carácter general de todo lo referente á las propiedades higiénicas del agua, del siguiente modo:

1. Deben considerarse como aguas impuras aquellas que contienen gran número de gérmenes, y entre éstos el *bacilo coli* en unión de otras especies de la putrefacción, espirilos y anaerobios, aun cuando no se encuentren gérmenes *específicamente patógenos*.

2. Se considerarán *sospechosas*, y no se admitirán como potables si previamente no han sido depuradas, aquellas que, presentando una gran oscilación de bacterias en diversos

(1) Prescott and Winslow: *Elements of Water Bacteriology*.—New-York, 1908.

(2) Pagliani: *Del terreni e delle acque*.—*Trattato di igiene e di Sanità pubblica*.—Milano, 1908.

momentos, contengan alguna que otra vez el *bacilo coli* con otras especies de la putrefacción ó anaerobios.

3. Son *sospechas*, en todo caso, las aguas que contengan gérmenes de *bacilo coli* en gran número, aun cuando por otras comprobaciones resulten buenas.

4. Pueden admitirse entre las no contaminadas, ni presumiblemente contaminadas las aguas que, aun cuando en repetidos exámenes presenten un buen número y variedad de gérmenes, no contengan nunca el *bacilo coli* y otras formas de la putrefacción y los anaerobios.

5. Las aguas que poseen caracteres químicos buenos y en las cuales no existen más que pocos microorganismos, y entre éstos llega á encontrarse el *bacilo coli*, aun cuando puedan admitirse al consumo, deberán estar escrupulosamente vigiladas y puestas fuera de uso todas las veces que el número de gérmenes del mismo bacilo tienda á aumentar rápidamente, sobre todo si éstos van acompañados de otras especies de la putrefacción, de espirilos y de anaerobios.

III

Medios puestos en práctica para corregir las aguas en grandes masas, destinadas al uso doméstico.

Dejando á un lado los medios que la higiene aconseja para corregir las malas condiciones de potabilidad del agua, como es el exceso de sales calizas, presencia de ácidos húmico, sulfídrico y hierro, el exceso de cloruro de sodio y de magnesio, mal olor y coloración, sólo me he de ocupar principalmente de aquellos procedimientos que, á mi entender, sólo son aplicables al mejoramiento sanitario de las aguas potables de Madrid.

La *temperatura* es un factor muy difícil de corregir, sobre todo tratándose de grandes masas, teniéndose que padecer en nuestra capital, en el verano, la temperatura del agua de Lozoya. De aquí la gran pérdida ó derroche que se experimenta dentro de dicha época, por dejar las gentes los grifos abiertos largo tiempo para obtener agua fresca. Por su baja temperatura son preferibles las de los *antiguos viajes*, por no ponerse aquéllas en contacto con el aire exterior en su largo recorrido bajo tierra.

El *mal sabor* que á veces observamos en las aguas, sobre todo en el Lozoya, puede depender de varias causas, no siendo una de las más despreciables la acumulación del fango y el desarrollo de organismos inferiores. En los Estados

Unidos se ha estudiado este asunto minuciosamente, aconsejándose el cubrir los depósitos para que no se desarrollen las algas y animales inferiores en tan gran cantidad. En los lagos y depósitos abiertos se ha procurado el disminuir la entrada de materiales vegetales muertos ó en descomposición, que son los que sirven de alimento á los seres inferiores. Aun la misma filtración no bastaría á alejar en muchos casos dichos organismos. Experimentos verificados en los laboratorios de fisiología vegetal de aquel país han venido á demostrar que *el cobre* es tóxico para las algas y protozoarios, teniendo cada especie su sensibilidad propia. Empleando la dosis de 1 por 100.000, basta para destruir las algas, y á esta dosis no es tóxico para el hombre, puesto que éste necesitaría ingerir 50 litros de agua para que pudiera experimentar efectos, aun así poco desagradables. Estos ensayos se verificaron en el Estado de Virginia empleando soluciones de 1 por 50.000.000, haciéndose extensivos dichos experimentos á otros lagos. Aplicando este sistema á la destrucción de los bacilos del *cólera* y del *tifus*, harían falta dosis mayores y un tiempo mucho más largo para la destrucción de estos gérmenes. Estos datos débense tener en cuenta para el *tercer depósito* del Lozoya y en las mismas presas, supuesto que todavía se discute si aquél *deberá ó no cubrirse!*

Los procedimientos denominados de *depuración bacteriana* ó *biológica*, tienen por objeto eliminar la mayor parte de los microorganismos, y especialmente los *patógenos*, que se hallan asociados á materiales orgánicos é inorgánicos, no disueltos en el agua misma, basándose dicha purificación en la más perfecta separación de cuantos materiales lleva aquélla en suspensión. Es un procedimiento que imita lo que en la naturaleza sucede, y si aquél no tiene la perfección que nuestros técnicos desearían, por lo menos constituye un gran mejoramiento de las aguas, como lo prueba el hecho de su implantación en muchísimas ciudades extranjeras, donde el asunto se ha estudiado detenidamente y donde la cultura científica de aquéllas está muy por encima de la nuestra, para que se hayan decidido á implantarlo.

Los que en la práctica han dado mejores resultados tratándose de *grandes masas de agua*, son aquellos que están basados en la *auto-depuración bioquímica* de la misma por la filtración artificial á través de la arena fina, practicándose esta operación en las aguas que siempre llegan claras y transparentes, ó bien la filtración precedida de sedimentación ó por *prefiltración* grosera, digamoslo así, si las aguas han de llegar á los filtros muy turbias. Otros procedimientos

están basados en la acción de *coagulantes químicos*, los cuales precipitan las materias en suspensión, separándose después éstas mecánicamente por medio de la filtración á través de la arena fina; al primer grupo de los expuestos es al que daré la preferencia.

Acción depuradora de los filtros arenosos.

El estudio de tan importante cuestión viene verificándose desde hace más de veinte años por los más ilustres químicos y bacteriólogos de Europa y Norte de América, siendo uno de los primeros iniciadores en Inglaterra Percy-Frankland, al que siguieron Plagge y Proskauer, Fraenkel y Piefke, Koch y otros muchos (1), poseyéndose en la actualidad una copiosa bibliografía sobre tan importante cuestión, basada en la experimentación.

Los filtros arenosos consisten en varias capas superpuestas de materiales de diverso diámetro, teniendo por base los más grandes, y á partir de estos, gradualmente, arena fina sílicea. Pero este conjunto de estratos no constituye, digámoslo así, el verdadero filtro, sino, que al pasar el agua á través de aquellas capas, se va formando superficialmente una *patina*, ó membrana viscosa, gelatinosa, de aspecto grisáceo, que está constituida por materiales orgánicos é inorgánicos, entre los cuales se hallan filamentos de algas y demás plantas inferiores, animales, también inferiores, y en general por gran número de microorganismos. Cuando esta membrana está lo suficientemente formada y desarrollada, entonces se dice que el filtro *está maduro*, y es cuando, propiamente hablando, comienza la filtración. Los estratos de arena constituyen un verdadero sostén de la *patina* y un moderador ó regulador de la velocidad del movimiento del agua que pasa á través, aun cuando no se pueda negar que también la arena posee al mismo tiempo una actividad depuradora.

En esta membrana gelatinosa se verifican diversos fenómenos bioquímicos sobre la materia orgánica muerta, por parte de los *microorganismos* y especialmente de los *nitrificantes*, de los cuales ya hablamos anteriormente, destruyéndose una gran parte de la poca materia orgánica que el agua lleva en suspensión por obra de los mismos microorganismos. Hay además un proceso de selección entre estos seres, de lucha por la existencia, en la cual suelen sucumbir los pató-

(1) Günther: *Avvicamento allo studio della Batteriologia*, trad. di Marino.—Torino, 1902.

genos. Y sucede así por la poca resistencia que estos últimos ofrecen á las condiciones especiales de baja temperatura, de la poca cantidad de oxígeno y de la exigüidad de materiales nutritivos adecuados que se hallan en los filtros cuya agua llega ya casi clarificada. En cambio, los saprofitos, que en mayor número se encuentran en el agua, soportan ó resisten estas condiciones, de donde resulta que un agua filtrada de esta manera, si no pierde todos sus microorganismos, por lo menos desaparecen en gran parte, dejándola libre de los parasitarios y de carácter infeccioso para el hombre. Así es que en un filtro que funciona con regularidad, el agua emergente no deberá dar más del 1 por 100 de los gérmenes que se encontraban antes de pasar á través de aquél. Pero si la velocidad del agua aumenta, además del grosor de los granos de la arena, en ese caso aquella proporción aumentará, disminuyendo, por el contrario, si aumenta el espesor del estrato de arena fina. Esto ha contribuido, al explicarse el fenómeno, que todos los que se ocupan de cuestiones de Higiene y de Sanidad hayan adquirido confianza y seguridad en un hecho plenamente demostrado, llevando á la práctica la implantación de este sistema, como más adelante expon-dremos. Con el propósito de ayudar con nuestro modesto y desinteresado esfuerzo al convencimiento de muchas personas que, por razón de su cargo, están obligadas á mejorar las condiciones sanitarias del agua que tenemos derecho á beber en Madrid, es por lo que me detengo á describir este procedimiento, pues mientras no se mejore la técnica sobre el particular, hasta ahora es lo mejor que existe.

Acerca del modo de funcionar los filtros arenosos, dando las bases científicas para su sistematización, han publicado interesantes estudios Percy-Frankland, Lindley, Kummel, Fraenkel, Piefke, Koch y otros investigadores, sobre todo en la época de la epidemia colérica de Altona en 1892, y los verificados por la Comisión de la Oficina Sanitaria del Estado de Massachusetts en 1892-93.

Para establecer estos filtros se construyen de antemano estanques ó depósitos cuya amplitud guarde relación con la cantidad de agua que haya menester, y cuyos recipientes han de tener una profundidad aproximada de 2,50 metros. En la parte inferior de los mismos se coloca una capa de unos 30 centímetros de cantos, relativamente gruesos y sucesivamente superpuestos, capas de unos 10 cm. de pequeños cantos, arena gruesa, y sobre todos estos materiales, que han de servir de sostén, se coloca la arena fina, cuyo estrato ha de tener unos 60 cm. contando con la patina que sobre ella se ha

de formar. Es preferible emplear siempre la arena silicea.

El pavimento de los depósitos debe ser de cemento, con canales de drenaje, prefiriéndose por otros los ladrillos perforados. En las localidades cuyo clima ofrece bajas temperaturas, dichos filtros están cubiertos, con el fin de impedir el que el rápido enfriamiento sea nocivo á la actividad de los fenómenos biológicos de la depuración, pues fácilmente la patina se rompe, cesando la regularidad de su función y constituyendo hasta una seria dificultad para su renovación; además favorece la frescura del agua en el verano é impide el desarrollo superficial de las algas.

Dejando en reposo las primeras cantidades de agua sobre el filtro arenoso para desalojar el aire, se hace después pasar aquélla de doce á veinticuatro horas, dejándola perder, formándose mientras tanto, en este espacio de tiempo, la patina, además del lavado de las arenas. Las operaciones siguientes están reducidas á la regularización de la cantidad de agua que ha de pasar, habiéndose calculado y determinado dicha velocidad de tal manera, que se pueden filtrar 10 litros por cada metro cuadrado de superficie de filtro, y, por tanto, 2.400 metros cúbicos al día. Con este fin se adaptan aparatos especiales para que la presión se mantenga constante y la depuración se haga en buenas condiciones. Otros particulares técnicos completan la regulación, cuyos detalles están en relación con la disposición que en cada caso se adopte.

La acción de los filtros y su duración, por tanto, está en relación con la mayor ó menor pureza del agua, variando aquélla de sesenta á noventa días. Pasado este tiempo, y cuando se nota la disminución de agua filtrada, en vez de aumentar la altura de la misma, se hace entrar menor cantidad, porque de lo contrario, la excesiva presión rompería la patina, y el caso sería idéntico á la pequeña rotura de un filtro de papel cuando ejecutamos la operación en pequeño. La vigilancia de este procedimiento está encomendada al examen bacteriológico del agua para saber el número de colonias en relación con las que da el agua sin filtrar de la misma precedencia.

Si las aguas llegan turbias y, por tanto, poseen una gran riqueza de materiales en suspensión, sean de naturaleza orgánica ó inorgánica, se obtiene una buena clarificación, haciendo que pasen antes los filtros cuyos materiales de sostén sean mucho más gruesos que los descritos antes, lo cual hace que disminuya y se elimine una gran parte de la materia inorgánica, de la orgánica y de los microorganismos. Estan-

do las aguas en movimiento, las partículas inorgánicas que están en suspensión, al llegar el reposo, arrastrarán consigo las partículas orgánicas más ligeras y los microorganismos á ellas adheridos, verificándose una primera clarificación, iniciándose su depuración, y para que ésta sea completa será necesario que pase á través de los filtros arenosos por la intervención de los fenómenos bioquímicos de la patina superficial.

Se obtiene relativamente una buena clarificación por sedimentación en lagos y depósitos, tanto naturales como artificiales; pero en muchos de los primeros, sobre todo si existe en suspensión la arcilla en estado coloidal, las aguas presentarán siempre un ligero enturbiamiento ó opalinidad, cuya intensidad estará en relación con la profundidad del mismo. Creyéndose que estas ventajas eran de una eficacia decisiva, hubo ciudades como Londres, Rotterdam, San Luis, etc., donde construyeron grandes depósitos de decantación, recogiendo el agua clarificada de la superficie, viéndose después en la práctica que no daban buenos resultados.

Mejores se llega á obtener clarificando las aguas turbias por una *prefiltración*, haciéndola pasar por filtros de materiales gruesos, destinándolas después á usos industriales, y si es para la bebida, procediendo luego á la filtración por la arena fina.

La prueba más elocuente de la depuración biológica, nos la dió la epidemia colérica de 1892 en las dos ciudades de Hamburgo y Altona. En la primera, el número de casos y de defunciones llegó desde el 14 al 22 por 100; en la segunda, sólo hubo casos esporádicos, con una mortalidad del 2,42 por 100, de los cuales el 60 por 100 en personas que pasaban el día en Hamburgo. Esta ciudad no poseía filtros, la otra sí. Pero ambas, son continuación una de otra, sin más confin que el administrativo, bebiendo las dos agua del Elba, con la diferencia de que, en aquella época, en Altona se bebía el agua filtrada procedente del valle, mientras que en Hamburgo, tomando agua del mismo origen, se empleaba sin depuración alguna.

Otro cálculo interesante del ingeniero Chabal es el de que, en el periodo de diez años (1894-903), once ciudades alemanas, que en conjunto comprendían 4.500.000 habitantes, y cuya agua procedía de lagos ó corrientes superficiales, más ó menos infectos, filtrada científicamente, y, por tanto, bacteriológicamente pura, tuvieron una mortalidad tífica media de 7,9 por 100.000 habitantes, mientras que otras ciudades, sumando en conjunto 4.000.000 de habitantes, y con agua de

manantial y del subsuelo, la mortalidad fué del 9,3 por 100.000 habitantes.

Aplicaciones de la filtración en diversas ciudades (1).

Inglaterra.—Londres fué la primera ciudad que empleó, hacia 1829, la filtración, haciendo las primeras instalaciones el ingeniero Simpson; desde entonces se vienen practicando importantes modificaciones, existiendo en la actualidad unos 20.000.000 de habitantes que emplean el agua filtrada. Birmingham filtra próximamente 60.000 metros cúbicos de agua al día, con una cifra media de 110 bacterias por centímetro cúbico; Edimburgo filtra unos 45.000 metros cúbicos, obteniendo no sólo un mejoramiento en su composición química, sino en su depuración biológica; Liverpool, filtrando 113.000 metros cúbicos, obtiene menos de 40 gérmenes por centímetro cúbico; Leicester, 23.000 metros cuadrados; Newcastle, 20.000 metros cuadrados.

Alemania.—Para la instalación de los filtros, comenzaron ya desde 1858 á construirlos, empezando por llamar para su implantación á los ingenieros ingleses. Es uno de los países donde científicamente se ha estudiado mejor la cuestión, tanto que en 1899 se publicaron las «Reglas del Imperio alemán» para el funcionamiento de aquellos, que llevan por título: «Principios para la purificación de las aguas de superficie por la filtración á través de la arena». También en 1895 se publicaron por Gill las instrucciones para el funcionamiento de los filtros en Berlín, y que sirvieran de guía á los directores para el funcionamiento de estos servicios. *Altona* tiene filtros desde 1860, los cuales han sido perfeccionados. El agua se extrae con bombas á 11 kilómetros de la ciudad, elevándola á uno 100 metros y á un depósito de decantación, al que siguen los filtros. Se filtran ahora de 23 á 23.000 metros cúbicos al día, y desde 8 á 10.000 bacterias por centímetro cúbico, llegan á reducirse á una proporción media de 20.

Berlín filtraba de los lagos Tegel y Müggel unos 150.000 metros cúbicos al día, obteniendo una buena clarificación y depuración; pero este sistema se está sustituyendo en la actualidad por el de los pozos tubulares, haciendo después pa-

(1) Pagliani: loc. cit.—Davis: *An Elementary Handbook on potable Water.*—Boston, 1891.

sar el agua por los filtros, después de haber aplicado el proceso de la deferrización.

Brema filtra de 20 á 33.000 metros cúbicos al día, obteniendo muy buenos resultados en la clarificación y depuración bacteriana de aguas muy turbias, por medio de la doble filtración.

Breslavia, desde 1872, emplea el agua del río Odér, filtrándola por la arena, no llegando el número de gérmenes á 100 por centímetro cúbico, oscilando la mortalidad tífica de 6 á 11 por 100.000 habitantes.

Hamburgo, como Altona, sedimenta el agua, y después filtra al día 120.000 m. c., obteniéndose la depuración bacteriana de 2.321 gérmenes por centímetro cúbico á sólo 27 gérmenes por centímetro cúbico. En los primeros cinco años de filtración, la mortalidad general media era de 23,8 por 100, descendiendo después á 17 por 100; la del tífus, de 36,34 por 100.000 habitantes, descendió á 6,6.

Magdeburgo emplea agua del Elba depurada, con excelente resultado, filtrando 20.776 m. c. de agua al día.

Stuttgart usa agua de lago y de río, filtrando 16.000 metros cúbicos al día con una depuración bacteriana del 98 al 99 por 100.

En resumen: Alemania tiene establecida la filtración en las siguientes ciudades:

Berlin.—Stralsund.—Schwerin.—Wandsbck.—Chemnitz. Königsberg.—Posen.—Ratisbonn.—Brieg.—Breslau.—Liegnitz.—Frankfurt.—S.Oder.—Stettin.—Rostok.—Gustrow.—Lubeck.—Magdeburgo.—Hamburgo.—Altona.—Glückstadt.—Brema.—Brunswick.—Worms.—Schweinfurb.—Kittingen.

Austria.—Desde 1890 filtra al día 25.000 m. c. de un agua turbia que procede de un lago artificial, empleando prefiltros y filtros.

En *Zurich* los prefiltros son cuatro, de 124 metros cuadrados de superficies cada uno, y los filtros son seis, de 720 metros cuadrados cada uno, dando 5.040 m. c. de agua pura en las veinticuatro horas, y en total, 30.240 m. c. El número de bacterias, que en la primera filtración grosera oscila entre 100 y 1.400 por centímetro cúbico de 20.000 que tenía antes, después de la filtración por la arena fina, llegan lo más á 20, y excepcionalmente á 200.

Holanda.—Amsterdam posee filtros de arena, obteniendo de un agua turbia una muy limpia y con menos de 100 bacterias por centímetro cúbico.

Rotterdam.—Desde 1874 tiene filtros de arena para depu-

rar el agua del río, cuyo número de bacterias oscila entre 1.000 y 9.500 por centímetro cúbico; la reducción llega á menos de 100 y la media proporcional á 93 por 100.

Schiedam.—Trata primero el agua del río en depósitos de decantación; de aquí á dos series de depósitos con filtros de arena, obteniendo tan buenos resultados, que la mortalidad llega á una cifra mínima, y no hay apenas casos de tifus.

En *Amberes*, desde 1885 poseen dos filtros arenosos para depurar el agua del Nethe, la cual pasa antes por depósitos de decantación.

Estados Unidos.—Comenzóse la instalación de los filtros en 1872, haciendo los estudios y experimentos en grande escala la estación de Lawrence, para lo cual creó grandes laboratorios de química y bacteriología, siendo hoy uno de los países que más experimentos y estudios se han hecho sobre tan importante cuestión higiénica. El ingeniero Allen Hazen estudió en Europa los filtros instalados, haciendo después una implatación modelo en Albany (1899), á la que siguieron Pittsburgo, Cincinnati, Columbus, Toledo, Providencia, Washington, Superior, Filadelfia. En 1903, la Comisión de aguas de New-York fijó el principio de que las *aguas superficiales* deben ser filtradas á través de la arena, y propusieron no solamente hacerlo con las de Crotón, sino con las de otros ríos.

En *Filadelfia*, hasta 1904 se empleaba agua de río no filtrada, dominando una grave epidemia tífica. En la actualidad se ha establecido una gran instalación de filtros, capaces de depurar agua para 1.350.000 habitantes, empleando para ello la sedimentación, la filtración rápida á través de materiales gruesos, y después la lenta filtración á través de la arena fina. Las bacterias, de 14.000 á 42.000 por centímetro cúbico descienden á 50, no llegando jamás á 200; el amoníaco libre, los nitritos y el hierro, que existían en cantidades bien apreciables, desaparecen, y el amoníaco aluminoso se reduce á $\frac{2}{3}$, aumentando tan sólo los nitratos.

Actualmente se construyen en Nueva York filtros que depurarán al día 3.000.000 de metros cúbicos.

Albany emplea agua del Hudson, usando filtros que pueden considerarse como modelos, dejando sedimentar el agua primeramente y filtrándola después.

Los filtros de arena lentos son *européos*; los del otro lado del Atlántico se denominan *americanos*, *mecánicos* ó *rápidos*, y van ya invadiendo Europa, siendo muchas las compañías y los sistemas empleados. En esta clase de filtros hay varias capas de arena, y es necesario para su funcionamiento

el empleo de un coagulante químico, siendo su coste mayor en el tratamiento del metro cúbico de agua.

Allen Hazen (1) da las siguientes conclusiones para la filtración:

a) Las aguas que contienen una gran cantidad de materiales en suspensión, y sobre todo la arcilla coloidal, como las aguas de río, ó gran cantidad de materia orgánica, procedentes de alcantarillas, deben evitarse en todo lo posible para el consumo público.

b) Cuando se recurra á tales aguas es necesario filtrar, y esto en general, para todas las aguas superficiales.

c) La filtración intermitente que asegura la oxidación más potente de la materia orgánica por el oxígeno del aire, es recomendable cuando se trata de aguas muy cargadas de materia orgánica.

d) Si la contaminación es poco intensa, la continua filtración por los depósitos de arena inglesa es excelente, aplicables á las aguas de ríos ó lagos que generalmente no estén turbias; pero en el momento que éstas vienen de aguas arriba, es necesario recurrir á los depósitos de sedimentación. La doble filtración es muy recomendable, utilizándose para el primer paso la filtración intermitente, debiéndose aumentar la velocidad en la segunda filtración.

e) Si se trata de ríos en que una gran parte del año vienen sus aguas muy turbias, será necesario emplear los precipitantes químicos, para quitar la mayoría de las partículas en suspensión, empleando después de esto la arena inglesa ó los filtros rápidos americanos. Estos últimos son más eficaces desde el punto de vista bacteriológico, y aun cuando su instalación exige un gasto mayor que en los filtros lentos, una vez hecha aquélla, resultan más económicos.

f) En ambos procedimientos es indispensable la continua vigilancia bacteriológica para cada filtro.

Según dicho ingeniero, existen en Europa, América y Asia más de 154 filtros rápidos para 1.565.881 habitantes, habiéndolos para pueblos desde 660 habitantes hasta 100.000.

He aquí el resumen que da el mismo sobre las ciudades que usan filtros arenosos:

(1) *The Filtration of Public Water.—Supplies.*—New-York, 1908.

	Población.	Area de los filtros.	Número de filtros.	Término medio diario de consumo.
Estados Unidos....	259.774	17,31	45	26,87
Colombia Inglesa...	16.841	0,82	3	1,80
Sud-América.....	500.000	4,15	3	»
Holanda.....	1.414.021	22,75	47	31,48
Gran Bretaña.....	10.199.738	161,80	161	382,73
Alemania.....	4.639.080	106,22	185	117,13
Otros países eu- ropeos.....	2.984.839	34,74	88	88,84
Asia.....	1.397.000	6,69	23	»
	21.411.293	354,48	555	648,85

Filtros rápidos americanos.—Se obtiene la depuración biológica por medio de coagulantes químicos, los cuales precipitan las partículas que están en suspensión en el agua, haciendo después pasar ésta á través de la arena fina silicea, con ó sin ayuda de la presión. El coagulante generalmente en uso es el *sulfato de alúmina*, el cual se descompone por el bicarbonato de cal del agua, dando lugar á hidrato de alúmina insoluble y ácido sulfúrico que se combina á la cal; el hidrato de alúmina se precipita en gruesos copos, arrastrando la arcilla y las materias en suspensión, cuyas sustancias, depositándose sobre la arena, forman la capa filtradora.

Este método de depuración es de una gran importancia, pues el agua, por dicho tratamiento llega á perder del 97 al 99 por 100 de sus impurezas, siendo, por tanto, su acción depuradora muy grande. La aplicación de estos filtros se ha extendido mucho, tanto que en los Estados Unidos hay ya más de doscientas ciudades que los poseen, empleándose también en Corea, Japón, Egipto, Usselmonde (Holanda), York y Wolverhampton (Inglaterra) y en algunas ciudades rusas. Actualmente se están experimentando en Berlín y Orleans. El tipo más empleado de los filtros mecánicos americanos son los de la casa Jewell (New-York-Continental-Jewell C).

Francia no tuvo en años pasados gran confianza en los filtros, hasta que instalaciones más racionales han permitido adoptarlos en varias ciudades, empleando el procedimiento Puech. En Annonay, desde 1902, se establecieron por aquel sistema instalaciones para depurar 7.000 metros cúbicos de agua al día, procedente de un lago artificial, obteniéndose

perfecta clarificación y una disminución del 95 por 100 de las bacterias.

Nantes, desde 1903, empleó el mismo procedimiento para depurar el agua del Loira, obteniendo de 12 á 18.000 metros cúbicos al día con resultados excelentes. También Arles y Cherbourg han adoptado el mismo sistema, empleando primero la filtración grosera y después la fina. En París, asimismo, han sido adoptados por la administración comunal de Ivry para suministrar agua á ocho municipios para una población de más de 150.000 habitantes.

Aprovechando el declive del terreno, se ha hecho recientemente una instalación especial de depuración en Nanterre, con el agua del Sena, por el ingeniero Chabal. Suministra aquella, agua para ocho ayuntamientos de la península de Gennevilliers, cerca de París, y depura 35.000 metros cúbicos de agua en veinticuatro horas, dando 218 litros por persona para una población de 160.000 habitantes. El agua para su aireación es elevada por medio de bombas á 82 metros de altura, pasando á canales de distribución, donde por pequeñas cascadas va á parar á filtros de materiales de diverso grosor y de unos á otros que están escalonados, pasando el agua de un filtro á otro, de arriba á abajo, atravesando los materiales, y de filtro á filtro, por medio de un sifón. Va después á depósitos de decantación, y de aquí, por medio de cascadas, á los filtros de arena fina. Los resultados obtenidos son muy satisfactorios, obteniéndose de una cifra media de bacterias de 186.986, un descenso á 400 por cm c., disminuyendo la materia orgánica en una proporción menor del 36 por 100. De los datos estadísticos sobre el tifus, resulta que desde el mes de Febrero á Abril de 1901-906 hubo 180 casos por 100.000 habitantes, antes de instalarse los filtros, y después de la acción de éstos, en Febrero y Abril de 1906, hubo sólo el de 43 por 100.000 habitantes.

Resulta de lo expuesto que para depurar el agua bacteriológicamente se necesita la aireación y el continuo batido, la sedimentación, y hacerla después pasar por filtros de arena fina para que la materia orgánica experimente la acción biológica, el agua obtenida por decantación de los depósitos; es decir, *la prefiltración*. Estos principios generales son los que se aplican después á cada caso en particular, y ya se comprende que una instalación de este género deberá ser precedida de un estudio químico y bacteriológico de los diversos puntos de la trayectoria, para averiguar dónde existen los sitios ó focos principales de contaminación, causa determinante de los mismos, remedios para evitarlos, natu-

raleza del terreno, declives ó pendientes, aforo de las aguas en las distintas épocas del año, temperatura de las superficiales y profundas, etc., etc.; un conjunto de factores que es necesario conocer antes de realizar una obra de este género, que, como se ve por lo expuesto, es el mejor y único procedimiento que hasta el presente dé mejores resultados en la práctica.

En España, que yo sepa, se ha instalado desde hace pocos años en Valencia los filtros Puech, combinados con el aparato Anderson, instalación verificada por una empresa ó compañía para la depuración de las aguas de río. De las investigaciones bacteriológicas practicadas resulta que hay una gran disminución de bacterias, así como la ausencia de las patógenas en los análisis. Pero á esta instalación se le han hecho varias objeciones por su mal funcionamiento, siendo, por tanto, muy variable la oscilación bacteriana, además del coste del metro cúbico de agua.

Depuración de las aguas por medio del ozono.

Con buenos resultados vienen experimentándose, desde hace algunos años, la depuración bacteriana del agua por medio del aire ozonizado. Se obtiene el ozono del oxígeno del aire haciendo pasar á su través descargas eléctricas, como ocurre en la atmósfera, pero por medio de aparatos apropiados. La transformación química molecular que se verifica hace que se una ávidamente al hidrógeno, carbono y ázoe de las moléculas orgánicas, disgregándolas y oxidándolas mucho más activamente que lo haría el oxígeno del aire, llegando este ozono á adquirir acción bactericida, cosa que no posee el oxígeno del aire. Según los estudios de Ohlmüller, ataca el ozono primeramente la materia orgánica muerta para oxidarla y los metales como el hierro, si los contiene, pasando después á desorganizar y destruir las bacterias.

Resulta de los estudios hechos en las diversas instalaciones para grandes masas de agua, que este método de depuración resulta eficaz cuando se trata de agua cuya pureza de bacterias es dudosa ó como complemento de la prefiltración. Es indispensable también que si el agua tiene en suspensión partículas ó elementos relativamente gruesos sea filtrada groseramente, porque, de lo contrario, el ozono no podría atacar á las bacterias adheridas á aquéllas. Además, es necesario experimentar, antes de abrir al servicio, uno de los aparatos, la potencia esterilizadora del aire ozonizado, para asegurarnos de su cantidad. La vigilancia, por otra

parte, debe ser muy grande, no solamente desde el punto de vista bacteriológico, sino químico, porque la proporción del ozono del aire empleado para la ozonización, debe estar en razón de la oxidación del agua sometida á tratamiento, mucho más que en el número de gérmenes que pueda obtenerse. Es también necesario para el buen funcionamiento de estos aparatos, que si por algún contratiempo cesa la producción del ozono, automáticamente cese también el flujo de agua.

Los aparatos más prácticos son los de Otto, Siemens y Frise, sobre todo el primero, el cual obtuvo el premio en el concurso celebrado el año último en París. Hay instalaciones de este género en Cosne (1), Niza (2), Chartres (3), Padeborn, y actualmente en construcción en San Petersburgo.

De los análisis bacteriológicos practicados en Francia por Roux, Calmette y Cornil, resulta que el número de bacterias disminuye considerablemente, quedando reducidas á un número insignificante, destruyéndose el *B. coli* y demás bacterias patógenas; pero subsistiendo siempre las especies bacterianas esporificantes, á las cuales no ataca. De dos ó tres instalaciones particulares, hechas aquí en Madrid, se han verificado los ensayos bacteriológicos en nuestro Laboratorio, y hemos podido comprobar los extremos arriba apuntados. Nos falta, pues, ocasión para que con más detenimiento podamos estudiar mejor este asunto, supuesto que se piensa instalar este procedimiento, según dicen, á guisa de ensayo, en uno de los viajes antiguos.

IV

Los viajes antiguos.

Nuestra Capital se asienta, parte en el terreno terciario la cumbre de las mesetas castellanas y el resto en el *diluvium*. Del primero existe un trozo, que va de NO. á SE., desde la Estación del Norte á la del Mediodía, pasando la línea de contacto por lo alto de la calle de Atocha. La parte más baja de la población debe corresponder y estar, por tanto,

(1) *Examen bacteriologique de l'eau stérilisée par l'ozone*, par MM. Roux et A. Cornil.—París, 1908.

(2) *Procès-Verbal de l'expertise officielle faite le 19 Février 1908*.—París.

(3) *L'eau pure à Chartres*, par Camille Desgorges.—Chartres, 1909.

debajo de esta línea. La constitución de este terreno es arcillosa, cuyas gruesas capas son enteramente impermeables:

El *diluvium*, ó terreno cuaternario, que es el suelo más general de Madrid, es arenoso, resultado de los *detritus* de las rocas graníticas de la cordillera de Guadarrama. A diferentes niveles, y de un modo irregular, se intercalan en él lentejones de arcilla de muy distinta magnitud: los hay pequeños y los hay que alcanzan kilómetros. El *glaciarismo* ha contribuido grandemente á la formación de estos terrenos, depositando la arcilla en capas de diferente espesor que en algunos desmontes podemos observar. Filtrándose las aguas á través de terrenos arenosos permeables, se van depositando sobre la arcilla, y como quiera que de esta hay muchos estratos ó capas, tiene que resultar una cantidad de agua repartida desigualmente. A esto se debe que en muchos sitios, tanto dentro de la capital (Retiro, alto de la calle de Fuencarral), como de sus alrededores (Carabanchel), haya depósitos de agua subterráneos, algunos considerables y que son poco conocidos. Son el producto de la acumulación de las aguas de la lluvia, de los 400 á 450 milímetros que anualmente caen sobre nuestro suelo, y de los cuales casi una mitad se filtra por la arena, quedando la otra parte detenida cuando encuentra un lentejón arcilloso ó el contacto del *diluvium* arenoso con las arcillas terciarias.

Debajo del Salón del Prado hay un caudal de aguas, y que cito como ejemplo, porque se recordará que al construirse el Banco de España hubo que extraerlas con bombas y desviar su cauce, cuyo caudal no se aprovecha ni utiliza ya. Era un antiguo arroyo, que fué cegado cuando se hizo el Salón del Prado, á fines del siglo XVIII. No es raro, por tanto, encontrar agua en las obras de cimentación que se practican en muchos terrenos, principalmente en las barriadas extremas. La existencia también de muchos pozos y norias en el interior de la población y sus alrededores, y de diferentes profundidades, ya nos indica que tenemos muchas capas de agua; generalmente proceden del terciario. Aun cuando en otros tiempos han sido aquellas muy celebradas para la bebida, en general están reputadas como malas; y no hablemos de los pozos que enclavados en el interior de las casas ó muy próximos á ellas se utilizan en industrias, como tahonas, hornos de bollos, fábricas de cervezas, vaquerías, etc., pues además de no estar defendidos por ningún fabricado que los ponga al abrigo de todo género de impurezas y contaminaciones, están situados generalmente en patios lóbregos y sucios, de casas viejas y de pésimas condiciones higiéni-

cas, y en íntimo contacto con absorbaderos y alcantarillas.

Como en todas épocas se sintió en nuestra villa escasez de aguas potables hasta que se hizo el Canal de Lozoya, los proyectos para su traida ó mejoramiento han sido infinitos, tanto que hasta en el reinado de Fernando VII se hicieron algunas tentativas por cuenta del Ayuntamiento y Real Patrimonio para hallar *pozos artesianos*. Los trabajos que se practicaron dieron escasos resultados, sin duda por la poca profundidad á que penetró la sonda (203 m.), en la calle de Espoz y Mina, y posteriormente en las plazas del Rey y Celenque. Geólogos como Prado creen que habría más probabilidades de hallar agua en el terreno terciario con preferencia al cuaternario. No habiéndose continuado después este género de ensayos para obtener *pozos artesianos* y los denominados *tubulares profundos*, no podemos afirmar con seguridad las cantidades y la calidad que de aquel elemento tendríamos. Hoy que tan adelantados están los trabajos de perforación, dada la perfección de los aparatos empleados, merecería la pena de que por el Ayuntamiento se intentara hacer algo en beneficio de nuestra Capital, ya que lo reclama el aumento de población y las necesidades, cada vez más exigentes, de la Higiene. La reciente instalación hecha en el Real Sitio del Pardo, por iniciativa de S. M. el Rey, viene á confirmar este aserto.

Cada día va generalizándose la construcción de los *pozos tubulares profundos*, haciéndose de un diámetro de 16 á 32 centímetros, y en países como los Estados Unidos son ya innumerables. En Alemania hay ciudades como Potsdam, Nannheim, Nuremberg y Leipzig, donde las aguas de alimentación son de dicha procedencia. Italia cuenta ya muchas ciudades cuya agua es también de origen profundo, de 30 á 40 metros, y los resultados, como los obtenidos en Milán, no han podido ser mejores desde el punto de vista químico y bacteriológico. En España mismo, en Valencia, los hay de este sistema, y bien merece la pena de que se construyan en Madrid, una vez que existen grandes venas de agua.

También en nuestra capital existen otras aguas, denominadas *gordas* ó *tercas*, que nacen en la zona del yeso, utilizándose algunas para el lavado de alcantarillas; aguas de viajes perdidos, como el de *Harinas*, que sólo surte actualmente á las cocinas del Hospital Provincial, y las suprimidas fuentes del Conde de Salinas, en la Castellana y Huerta de San Dámaso. La cantidad de agua que daban ó danes escasa; proceden del terreno terciario, y se hallan situadas al NE. de la capital. Por falta de obras y reparaciones, dichas aguas

van cada día perdiéndose, y las existentes vierten sólo á las alcantarillas.

Las aguas de los *antiguos viajes* que actualmente bebe el vecindario, nacen en la zona de las arenas, al N. y NE. de la capital, y provienen de faldas ó capas del interior de la tierra, cuyas aguas son recogidas y encauzadas por minas, unas revestidas por bóveda de ladrillo y otras sin revestir, hallándose las de algunos viajes hasta 40 ó 50 metros de profundidad. Su verdadero origen se desconoce, pues aun cuando la procedencia de las aguas es debida á pérdidas y filtraciones de ríos, manantiales y lluvias, se cuenta el principio ú origen del viaje por el sitio donde el agua se ha captado. La extensión y nivelación de las faldas subterráneas sería necesario conocer, si realmente se hubieran realizado sondeos y minuciosos trabajos geológicos. Pero como quiera que este procedimiento de alumbrar aguas es tradicional y rutinario, no puede culparse á las generaciones actuales de los graves defectos que adolecen dichos *viajes antiguos*, y si sólo achacar á descuido y desconocimiento de la Higiene, por no haber puesto estas aguas en armonía con el progreso de la ciencia. Hoy, si se quieren utilizar en buenas condiciones los *viajes*, no tendrá el Ayuntamiento más remedio que hacer grandes desembolsos, como ha hecho en estos últimos años Bruselas, cuya ciudad se alimentaba por pozos excavados en el subsuelo, por cisternas y por agua procedente de la primera falda acuífera subterránea. Para ello han tenido que expropiar grandes extensiones de terreno en relación con las galerías de conducción, prohibiéndose todo genero de cultivo en las trayectorias, exceptuándose tan sólo los bosques, como asimismo toda construcción ó vivienda que originara las contaminaciones. Un sistema de galerías subterráneas de drenaje recogen y encauzan las aguas del subsuelo, y como al propio tiempo se ha hecho un estudio químico, físico y bacteriológico del terreno y de las aguas, ha podido apreciarse el valor de dichas conducciones. Las oscilaciones bacterianas acusan 50, 150 y 200 colonias, aun contando los periodos de lluvias y sequia, según han demostrado los estudios de Van Ermengen y de Malvoz.

Antes de establecer Felipe II la corte en Madrid, ya subsistían algunos de los *viajes antiguos*, datando varios de la época de los Reyes Católicos; pero fueron obras iniciadas en la dominación árabe, y el procedimiento empleado consistía en abrir pozos en nuestros alrededores, y una vez encontrada el agua, descubriendo la falda originaria, cerraban aquél y la conducían á la ciudad por medio de una mina, á la cual iban

después agregando el agua de otras nuevas faldas. Los trabajos que el Laboratorio Municipal viene practicando demuestran que la composición química y bacteriológica de las diversas venas de agua es distinta, lo cual corrobora sus diversos orígenes, y el agua que bebe el vecindario de cada uno de los viajes constituye la mezcla de las distintas aguas subterráneas.

Este modo de obtener aguas ya no se emplea hoy apenas, por ser más ventajosa la perforación por las sondas; pero nuestros antepasados no conocían otro proceder más adecuado ni más higiénico y de mejor aplicación á nuestra villa, por tener además la ventaja de que en un largo asedio la ciudad no podía quedarse sin agua, y amurallada y fortificada ésta, ¡cualquiera adivinaba dónde estaban las minas! Ingeniero municipal hemos conocido en estos tiempos que se resistía á facilitar datos de las trayectorias de los viajes, por considerarlos como puntos estratégicos en las guerras.

Estudiadas estas minas desde el punto de vista de la Higiene, si las captaciones están hechas en plena naturaleza, muy lejos de las habitaciones del hombre, es difícil que estén sujetas á contaminaciones; pero como quiera que en nuestra capital la población ha ido aumentando, se han construido viviendas sobre las trayectorias de los viajes, y de esto no se ha cuidado nadie el evitarlo, de aquí han nacido las continuas filtraciones, dando lugar á la perenne contaminación del agua y al deplorable estado de las conducciones. Pero no se crea que el mal es de ahora; ha subsistido siempre, y ya, hacia mediados del siglo XVIII, hubo en nuestra Capital alarmas continuas por el estado de las aguas, las cuales llegaron á presentar un aspecto *jabonoso* y un olor especial, tanto que el Ayuntamiento, para calmar los ánimos, tuvo que encargar al célebre arquitecto D. Ventura Rodríguez averiguara las causas que motivaran tales inquietudes en el vecindario. Su dictamen no pudo ser más elocuente: las materias fecales, filtrándose á través de las paredes de los pozos negros, caían sobre los conductos de agua, contaminándolas, para lo cual era necesario hacer no sólo importantes reparaciones, sino obras más sólidas para asegurar las conducciones. El Ayuntamiento nada hizo sobre el particular por la falta de recursos, reduciéndose tan sólo á arreglar varios desperfectos en algunos de sus viajes. Si más adelante se construyó el alcantarillado, urbanizándose la capital, no por eso se acometió la reforma de los mismos, sino que la atención se fijó siempre en la realización de proyectos más ó menos fantásticos para surtir agua en mayor abundancia, descuidándose el poner

aquéllas en mejores condiciones. Mientras esto sucedía, y á la sombra de la desidia é ignorancia, por falta siempre de unidad en los servicios de higiene municipal, se han construido en las barriadas extremas muchos pozos negros clandestinos, para lo cual, hecha en la tierra una abertura profunda, verifican en el fondo diversas ramificaciones, con objeto de que las materias fecales se pierdan, por decirlo así, en el seno de la tierra, aprovechándose la naturaleza porosa de la arena por su fácil evacuación, contaminándose, por tanto, las faldas de agua subterráneas.

Hace pocos años, al verificarse las obras de alcantarillado en las calles de Goya, Génova, Sagasta y adyacentes, se hallaron grandes venas de agua, depósitos de las mismas, *pozos negros* cegados, conductos y minas de viajes, en estado deplorable, hechos que pasaron desapercibidos. Al hacerse el tercer depósito del Lozoya se descubrieron también, á gran profundidad, galerías de conducción de agua ya abandonadas, sin duda pertenecientes á los *viajes antiguos*, y de cuya existencia no se tenía conocimiento alguno, siendo, por tanto, un misterio todo lo que al subsuelo de nuestra población se refiera.

Pero es más: en la reciente visita verificada en los últimos meses del pasado año por el Ingeniero de Fontanería y Alcantarillas, Sr. Gil Clemente, á los viajes antiguos, descendiendo á sus profundidades y recorriendo todas las minas situadas fuera de la población hasta llegar á los orígenes, se han encontrado en las trayectorias hechos curiosos que ponen más de relieve nuestro atraso y descuido. Terrenos adquiridos por particulares encima de las minas ó próximas á ellas, han servido, como es natural, para hacer construcciones, y al verificar las excavaciones se han encontrado con el agua de algún viaje, que aquéllos no han dudado un momento en aprovecharla para todos los usos. Otros, ignorando que algunos pozos lo eran para bajar á lo viajes, los han cegado, vertiendo carros y más carros de arena, y gente ha habido que, notando la existencia de aberturas en su terreno, la han aprovechado para verter las deyecciones, utilizándolas como pozos negros y yendo las materias fecales á algún que otro ramal.

Sería larga tarea el reseñar las vicisitudes por que los *viajes antiguos* han pasado en el transcurso de los siglos. Unas veces, la carencia y disminución del agua; otras, las prohibiciones de construir casas al lado de las conducciones; abusos cometidos por los particulares y Corporaciones para aprovecharse de aguas que no pagaban, y aun construcciones

clandestinas de minas que utilizaban las comunidades religiosas en sus conventos; abusos que redundaban en perjuicio de los vecinos por la disminución de agua, originando pleitos y reclamaciones, de los cuales, como es natural, siempre salían triunfantes las Comunidades. Minas de agua ya abandonadas, viajes que se han dejado perder, fuentes públicas y particulares suprimidas, y envuelto todo esto en planes y presupuestos municipales, viniendo á resultar que el pueblo de Madrid ha gastado en el sostenimiento de aquéllos una fabulosa cantidad de dinero, como lo prueban los curiosos documentos que se conservan en el Archivo. Todavía, en el reinado de Isabel II, se inauguró el viaje de la Reina, último de los construidos á expensas del Municipio, siguiendo para ello los planes de los ya establecidos.

Estas captaciones dan poca agua para lo que hoy es Madrid, y si se piensa en un surtido mayor, hay que traer las de los ríos de los alrededores, de tal modo que su abundancia permita á la gente pobre aprovecharse, y no sea patrimonio exclusivo del rico aquel precioso elemento; que haya agua para todos, incluso el establecer baños públicos municipales, de cuyo aseo y limpieza está tan necesitado nuestro pueblo.

Aun cuando hemos ya manifestado que algunas de las captaciones de agua se hacen á 40 ó 50 metros de profundidad, es lo cierto que la mayor parte de las aguas de los *viajes antiguos* proceden de la falda ó capa superficial, llamada también de los *pozos* ó *freática* (1), la cual es siempre la más expuesta á las contaminaciones, designándola los franceses con el nombre de *dilution d'urine*, por la gran cantidad que se encuentra en dichas aguas, al hacerse los análisis, de cloruros, sulfatos y nitratos que proceden de la orina y de las materias fecales, con gran variedad además de bacterias, entre ellas el *bacilo coli*. También los alemanes llaman á esta capa superficial *stadtlauge* (lejía de villa), lo cual ya es suficiente para saber que aguas de tal procedencia están siempre expuestas á las contaminaciones, y, por tanto, *condenadas* por la Higiene.

El cuidado de ésta estriba en que las faldas de agua no se contaminen por ninguna causa, para lo cual es preciso indagar su profundidad, la clase de materiales de que está formado el terreno, la mayor ó menor permeabilidad del mis-

(1) No existiendo en nuestro idioma dicha palabra, la consigno porque de este modo mencionan las obras extranjeras de Geología á la primera capa de agua.

mo, etc. Al establecerse nuevas barriadas, cementerios, hospitales, fábricas ó construcciones que ocupan grandes espacios, se tienen en cuenta estos detalles, de cuyos estudios se encargan los laboratorios de Higiene, para que después los Ingenieros encargados de las obras puedan conocer los orígenes de las contaminaciones y evitarlas á tiempo.

Ya hemos indicado que la infección del suelo está relacionada directamente con los caracteres fisico-químicos del mismo, y es claro que cuando el poder espontáneo de depuración está limitado, hay procesos de putrefacción debidos á la insuficiencia de oxidación y nitrificación de las sustancias orgánicas (1). Allí donde el suelo está muy descuidado, las sustancias sólidas y líquidas putrescibles que pueden contener gérmenes infecciosos, no sólo alteran la naturaleza química del aire, sino que por infiltración pueden penetrar en las vías de agua potable, y contaminarla.

Las cañerías de conducción de dichos viajes están en mediano estado, las cuales, por la acción del tiempo, han sufrido deterioro, dejando espacio á las materias extrañas de diversa índole y procedencia. Dichos conductos, que distribuyen el agua por la población, están situados de 4 á 6 metros de profundidad; unas veces van por encima de las alcantarillas, otras al lado, á veces debajo, aprovechándose las desigualdades del terreno para su fácil distribución. La rotura de una cañería se averigua, generalmente, por la disminución del caudal de agua al hacer los aforos; pues siendo la presión de la de los *antiguos viajes* menor que la de Lozoya, no brota el agua á la vía pública, como ocurre con la de las bocas de riego en sus constantes roturas. Nada de extraño tiene que, sentados estos hechos, sea difícil averiguar los puntos donde las aguas se contaminan dentro de Madrid, bien recibiendo los gérmenes de la superficie de la tierra, ó bien hilos de aguas sucias procedentes de los desagües de alcantarillas ó de pozos negros, pues hay que tener en cuenta que dichos conductos son, en su mayoría, de arcilla, enclavados en la arena, en vez de una tubería de hierro que fuera dentro de minas revestidas de fábrica para su fácil inspección. Dueños del suelo de Madrid las empresas particulares de tranvías, gas y luz eléctrica, levantan á todas horas las calles para hacer sus instalaciones y reparaciones, sin tener en cuenta que manipulan sobre conductos de agua potable. ¡Y hay que ver cómo las dejan estas *poderosas* compañías después de una instalación! El Gobierno debiera poner coto á tales desma-

(1) Dott. Giulio Belfiore: *Manuale dell'Ufficiale sanitario*, Napoli, 1898.

nes, promulgando una ley para que después los Ayuntamientos la aplicasen en su respectiva demarcación, á semejanza de las existentes en otros países sobre la defensa de los conductos de agua potable, porque entre unos y otros, cobijados bajo la sombra del progreso, y á pretexto de hacer obras de utilidad pública, procuran más lucrarse en sus negocios, con perjuicio del bien común, de la salud pública, por falta de una dirección del Poder central que regularice tales abusos.

A raíz de la epidemia de fiebres infecciosas, originada por el agua del viaje de la Castellana en el año 1900, se habló como siempre de estas cosas, dando cada uno su opinión; y sabiéndose que las conducciones dentro de la capital lo son por tubería de arcilla, se lanzó la idea, por unos cuantos *aficionados de la Higiene*, de que dichas tuberías se sustituyeran por cañerías de acero inoxidable, llegando su candidez á creer que de este modo se evitaba el peligro de las filtraciones y roturas. Esto, pues, no constituía más que una parte del programa que hay que realizar; pero no pensaron en las minas de origen, donde el agua se recoge, y efectivamente, el Ayuntamiento votó su presupuesto y las cañerías se colocaron. El Laboratorio Municipal no intervino para nada en este asunto ni se le consultó acerca de este particular. En una de mis publicaciones (1) decía, que «en el de la Castellana se han comenzado á sustituir las cañerías de barro por las de hierro, para evitar la infección por las filtraciones que pudieran recibir de las alcantarillas; pero yo creo que esto sólo no basta, y que el mal no se cortará de raíz. Si estas aguas en su nacimiento son puras, más adelante, en su larga trayectoria antes de entrar en Madrid, se contaminan, y se necesita, para evitar el peligro, corregirlo en sus orígenes, no bastando la instalación de las cañerías de hierro. Reconozco que constituiría una obra costosa la realización de este proyecto; pero fundo esta presunción en que la mayoría de las veces, cuando ha recogido aguas de los *viajes antiguos*, antes de su distribución por las cañerías de la población, el número y calidad de las bacterias era el mismo que dentro de la capital. ¿Cómo se explica que aguas recogidas en la arqueta de distribución del viaje de la Castellana, en las minas que pasan por el Hipódromo, y en sitios ya cercanos á Chamartín, contuvieran bacterias de la pu-

(1) *Contribución á la flora bacteriana de las aguas potables de Madrid*.—1905.

trefacción, si esas aguas aún no habían corrido por las cañerías de arcilla de la población?»

Inútil es indicar que nadie hizo caso de esto, y algún que otro individuo técnico que lo leyó tuvo la bondad de calificarlo de *fantasías*. Todavía siguieron aferradas algunas personas á la idea de *sustituir cañerías*, y el Ayuntamiento á votar presupuestos y á gastar dinero, y fieles á este programa, las obras se realizaron además en algún otro *viaje*, dando por resultado el haberse colocado cañerías de acero, dicen que de la mejor calidad, en la vía pública, á un nivel más alto que el de la línea de carga, de donde resulta que el agua no puede circular por ellas, por no haberse terminado aún los estudios y nivelaciones necesarias. Un hecho más, que es preciso agregar á la historia de dichas aguas, para enriquecer su ya copiosa bibliografía.

Estudios que sin interrupción alguna hemos seguido, y fieles á nuestro deseo de contribuir á la higienización de las aguas, vienen á probar, como más adelante expondremos, que nos sobraba razón años atrás, cuando en las informaciones técnicas se daba la voz de alarma á las autoridades del constante peligro que corremos á diario. Se han fundamentado siempre éstas en la calidad de las bacterias, y ni una sola vez hemos dejado de comprobar nuestras presunciones sobre el terreno con los datos analíticos del Laboratorio. Es más, en distintas ocasiones, habiéndose presentado casos de fiebres infecciosas en nuestra capital, no se ha dudado un solo momento en suscribir un dictamen aconsejando á la Alcaldía presidencia el cierre temporal de los viajes, cesando al poco tiempo las invasiones, motivando tal medida protestas y clamoreos por parte de muchas gentes y lanzando anatemas sobre los causantes del cierre. Siempre ha sido sensible el que haya habido personas que defiendan este género de aguas por ignorar cómo están captadas, juzgando nada más que por impresión, cuando nuestro deseo, basado sobre el análisis, no ha sido otro siempre sino el de que se corrijan de una vez, se *depuren*, y pueda el vecindario beberlas sin peligro alguno. Todavía está pendiente esta cuestión de ser llevada á la práctica, y muy poco se ha adelantado. Sin embargo, justo es reconocer que el actual Ingeniero de Fontanería y Alcantarillas, con muy buen deseo, ha comenzado á trabajar sobre el terreno, visitando, como dijimos antes, las minas situadas fuera de la población, labor de la que no se tiene conocimiento se hubiera hecho en etapas anteriores, por otras personas, por el continuo movimiento y poca estabilidad del personal técnico municipal, dando como primer re-

sultado la rectificación del plano de dichas canalizaciones, tales omisiones é inexactitudes se habían cometido anteriormente.

Dicho estudio se ha realizado en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre últimos por el personal técnico afecto á dicha Oficina y con el concurso del Laboratorio Municipal, no sólo para conocer el estado actual de las minas, sino para recoger las muestras de agua con todas las precauciones debidas, con destino al examen químico, micrográfico y bacteriológico, labor estas dos últimas que he realizado en unión de los Sres. Remis y Utande y cuyo extenso y circunstanciado trabajo analítico se dará á conocer más adelante en las publicaciones del Laboratorio. Designado el Sr. Remis para que, en unión del Ingeniero Sr. Gil Clemente, hiciera el recorrido de las trayectorias situadas fuera de la población, me comunicó el resultado de sus observaciones, de las cuales indicaré lo más esencial para nuestro objeto.

Desde luego este trabajo ha venido á evidenciar el concepto que teníamos de los viajes, parte de los cuales había ya recorrido ha tiempo, es á saber el estado deplorable en que se encuentran por el abandono en que están desde sabe Dios cuánto tiempo. En todos ellos, por no estar sus galerías totalmente revestidas de fábrica de ladrillo, se observan hundimientos de bastante consideración y trozos que amenazan desplomarse por el amontonamiento de tierras, dificultando el poder caminar por las mismas, habiéndose formado grandes balzones de agua, donde se crían diversas especies de animales, como *gallipatos*, *ranas*, *sapos*, *gusanos*, etc., especies propias de sitios cenagosos, y otras que, habiendo penetrado por causa accidental en las galerías de los *viajes* y no encontrando la salida, han perecido ahogadas ó por inanición, conservándose sus esqueletos hacinados, limpios y macerados por el agua que bebe el vecindario. En el viaje de la Alcubilla, y sitio denominado «Travesía Ardemans», se encontró multitud de huesos de conejos, un verdadero osario, cuyos animales acosados en los cercanos montes de caza, penetraron por la boca del pozo próximo, encontrando la muerte en su fondo. Asimismo se hallaron restos esqueléticos de murciélagos, mochuelos, culebras y otros animales.

Pero otro hecho curioso es la penetración de las raíces en las galerías, procedentes de las especies arbóreas situadas en las trayectorias, introduciéndose en virtud de su hidrotopismo, á profundidades increíbles, como ocurre en las del Alto y Bajo Abroñigal, Castellana, Alcubilla y Fuente de la Reina, llegando en los tres primeros á cubrir completamente el

cauce de las aguas, hasta el punto de que se puede caminar como si fuera sobre alfombra, y otras veces teniendo que abrirse paso como por un bosque virgen. En la limpieza verificada hace pocos años en el viaje de la Reina se extrajeron más de 40 carros de raices, y las recogidas por nosotros median de 2 á 3 metros ó más de longitud.

En la parte exterior, algunos de los capirotos están bordeados por heces fecales humanas, sobre todo los enclavados en vertederos, muladares ó próximos á sitios habitados, cuyos moradores han elegido aquellas construcciones como kioscos de necesidad. En el fondo de los pozos de bajada pertenecientes á los viajes de la Castellana, Alcubilla y Alto y Bajo Abroñigal se hallaron objetos de muy diversa aplicación, como trozos informes de estera, trapos en putrefacción, trozos de hoja de lata, botes de conservas, jarros, sartenes viejas, palanganas y hasta orinales que nuestros cultos moradores se han entretenido en arrojar allí por las aberturas de ventilación de dichos capirotos.

Si á esto se agrega el que la mayor parte de los viajes, exceptuando el de la Fuente de la Reina, están situados bajo terrenos de labor, abonados en su mayoría por las basuras de Madrid, y sus captaciones más importantes debajo de lugares edificadas, se tendrá idea de la *pureza* de estas aguas.

El viaje Bajo Abroñigal recibe las filtraciones de pozos negros pertenecientes á las edificaciones de la Ciudad Lineal, por debajo de la cual pasa, estando en absoluto desprovista de alcantarillado, y donde existen muchos pozos negros sin revestir, hechos del modo que anteriormente he descrito; siguen después las contaminaciones recibidas del arroyo Calero, colector y basurero de todas las inmundicias de las barriadas de traperos del cerro del Viento y Pueblo Nuevo por donde cruza el agua por tubería de arcilla, marchando además su galería en ciertos sitios casi á flor de tierra, aumentando más tarde las inmundicias con las que proporciona el Arroyo Abroñigal, convertido ya desde antiguo en infecto muladar de olor insoportable, pues recibe directamente en su escaso caudal la de todos los residuos fecales de las viviendas próximas, á más de los residuos de lavado de ropas que practican las despreocupadas gentes, formándose remansos de agua que más tarde sirven para la *higiene* y recreo de los cerdos que por allí pululan.

Pero si todo esto no fuera bastante para alterar la calidad de las aguas, vienen á sumarse las contaminaciones por filtración adquiridas á su paso, bajo Madrid Moderno, aumentadas finalmente, por las producidas por una alcantarilla de

la calle de Goya, comprobadas ciertamente sin necesidad de análisis alguno, por la presencia de manchones de bastante extensión situados en la bóveda y citaras de sus galerías.

El Alto Abroñigal, á pesar de ser de los menos contaminados, según se desprende de nuestros estudios bacteriológicos, también las recibe de importancia y muy semejantes á las del viaje anterior.

En el de la Alcubilla empieza por tener en su galería, muy cerca del punto de origen y al lado del convento de Valverde, un gran hundimiento, el cual se manifiesta al exterior por un boquete de regular tamaño, donde acuden los vecinos del cercano pueblo de Fuencarral en busca de agua, y por donde también penetran las de lluvia que resbalan á lo largo de la ladera donde se encuentra situado. Esto, unido á la poca cota con que en general pasan sus galerías de la superficie, contribuye á aumentar considerablemente el peligro de la contaminación.

El del Alto Castellana recibe en uno de sus ramales, denominado de la «Viña», las aguas sobrantes de una vaquería situada encima, y pasando por la mina, ya se percibe el olor propio de este género de establecimientos.

El Bajo Castellana, también en otro de sus ramales, sufre filtraciones de un lavadero situado en Chamartin de la Rosa, próximo á la Ciudad Lineal, y aun cuando en nuestro último análisis bacteriológico no se haya manifestado este extremo, es casi seguro se confirme en los sucesivos.

Por último, al de la Fuente de la Reina comienzan por sumársele las filtraciones de una presa situada encima de uno de sus ramales, formada por el sobrante del agua del Lozoya; más tarde las de los terrenos laborables y de regadío de la Moncloa, y por fin las de los pozos negros de todas las casas situadas desde la Bombilla hasta el lugar donde está instalada la máquina elevadora. Toda su trayectoria deja mucho que desear respecto á conservación y limpieza, pues no sólo amenaza un gran hundimiento en el trozo comprendido desde la Estación del ferrocarril del Pardo, en San Antonio de la Florida, hasta la del tranvía, conteniendo además tal cantidad de restos vegetales, que se multiplican, sobre todo hacia la confluencia del ramal del Retamar con el de debajo de la presa, habiéndose encontrado diversas especies de hongos superiores que, como se sabe, encuentran favorable multiplicación y desarrollo á expensas de las sustancias orgánicas en descomposición. La mayor parte del caudal de aguas de este viaje lo adquiere precisamente en los sitios de mayor peligro para la contaminación, y es en el trayecto comprendido des-

de el Puente de los Franceses hasta San Antonio de la Florida, edificado en su mayor parte y sin red de alcantarilla.

En el plan de trabajos últimamente realizados no se incluyó el estudio del viaje de las Batuecas, y como quiera que sus aguas fueron objeto en el pasado Abril de nuestras investigaciones, mencionaré algunos datos. Tiene un pozo de origen visible, á unos 300 metros de la Puerta de Hierro, estando situado á la derecha de la carretera del Pardo, entre ésta y el camino de la Moncloa, á unos 200 metros de la confluencia de ambos caminos frente al Puente de San Fernando. Surte no más que á una fuente llamada de las Batuecas, emplazada á 100 metros del pozo de origen, antes citado, vertiendo su sobrante al río Manzanares.

Conociéndose lo apuntado, nunca nos ha cogido de sorpresa los resultados de los análisis que hemos venido practicando desde hace más de diez y seis años en la Sección de Bacteriología del Laboratorio Municipal, publicados unos por dicho centro y otros en mis Memorias, los cuales vienen á evidenciar, sin necesidad de haberse acometido esta importantísima confirmación de todos ellos, cuál fué y es el estado tan poco satisfactorio y peligroso en que se encuentran las aguas de estos viajes, y la responsabilidad en que nuestro Ayuntamiento incurre librándolas al consumo público.

La moción que el año pasado presenté en el Real Consejo de Sanidad, pidiendo el saneamiento de las aguas de Madrid, no fué motivada ciertamente por el afán de la notoriedad, sino basada en largos estudios, los cuales me han llevado á una profunda convicción del asunto, de la que no pienso apartarme por nada ni por nadie. No es la primera vez que por nuestra iniciativa se ha cerrado alguno que otro viaje, y cuando el año anterior se padecía en Madrid una grave epidemia de tifus, no sola, sino acompañada de otras, hubo personas que se lamentaban y nos censuraban por el *cierre*, por no estar *justificada*, según ellos, dicha determinación. Después de lo descrito en este trabajo, diganme si, con epidemias ó sin ellas, puédense librar al consumo público aguas de tal naturaleza. Hubo quien le pareció hasta una monstruosidad el cerrar los viajes; tal conflicto íbamos á tener en el orden público. ¡Estamos aguardando á que algunos señores, que andan siempre de un lado para otro, ondeando la bandera de la Higiene, nos manifiesten qué es lo que debe encontrarse en las aguas para que no se tomen tales medidas, que consideran tan descabelladas!

Medidas que deberán adoptarse con los viajes.

Para disipar dudas he de manifestar que nuestra intención, al proponer en ocasiones el cierre de los viajes, no ha sido nunca con carácter definitivo, sino para que se pongan en las debidas condiciones, acometiendo las obras necesarias de saneamiento. Es más: creo que estas aguas deben conservarse, para lo cual lo primero que hay que hacer es revestir todas las minas, eligiendo materiales impermeables, y asegurar las captaciones, para contar siempre con una cantidad de agua estable. Hay ramales que se pierden, no llegando sus aguas á Madrid, y seguramente el caudal se triplicaría. Los datos que algunas personas han consignado en diversas ocasiones, respecto á la cantidad, no son exactos; no han hecho más que gastar tinta en exponerlos, y por eso hay que aguardar á que nuevos estudios rectifiquen las cifras. Asegurada la obra de fábrica y la substitución de las cañerías, será necesario hacer expropiaciones de fincas y de tierras que no contaminen las aguas, y hecho esto, aplicar alguno de los procedimientos conocidos de *depuración* para poder librar dichas aguas al vecindario, trabajos que han de ir en armonía con las investigaciones de laboratorio.

No se hagan ilusiones las gentes cuando leen de vez en cuando que en tal ó cual *viaje* se han substituido las cañerías ó se ha limpiado alguna trayectoria, pues sería lo mismo que si á un edificio viejo y ruinoso se le blanquease su fachada. Estamos aún pendientes de un plan serio de saneamiento, y mientras éste no aparezca, cumpliendo todos los requisitos de la Higiene, no podemos congratularnos.

Ahora bien; ¿el Ayuntamiento de Madrid se halla en condiciones económicas de llevar á la práctica esta reforma? En caso afirmativo deberá tenerse en cuenta si el coste de dichas obras ha de compensar el sacrificio realizado, para dotarnos en buenas condiciones de unas aguas que *siempre serán escasas* para nuestra actual población, esto sin contar con su desarrollo gradual. Si los presupuestos de tales mejoras no dan esa compensación, ese bienestar que necesitamos, entonces debe pensarse en otro surtido mayor y más caudaloso, y resérvense las tales aguas para otros usos que no sean los de la bebida.

Tal es en resumen lo que á mi entender deberá hacerse en su saneamiento; el asunto queda en manos de los Ingenieros municipales; nuestra misión analítica está sobradamente

cumplida hasta la fecha: continuaremos con ella á manera que se hagan nuevos estudios en las trayectorias. El Ayuntamiento debe volver la vista al pasado; la experiencia enseña mucho, y sería lástima que el Erario municipal experimentara una merma como en otras tantas ocasiones, por no llevarse el asunto con la seriedad que requiere su resolución.

V

El Canal de Lozoya.

Llamado también de Isabel II, por haberse construido en este reinado, fué abierto al servicio público en el mes de Junio de 1858. Suministra el mayor caudal de aguas que tiene nuestra población, pues á más de surtir á numerosas fuentes vecinales, de adorno, riegos, industrias, etc., da el mayor contingente á los particulares para toda clase de usos domésticos.

Nace aquel río dentro de la provincia de Madrid, teniendo sus orígenes en la Sierra de Guadarrama, en la riconconada formada por Peñalara, Cabezas de Hierro y el Puerto del Paular. Sus aguas, después de un largo recorrido, son embalsadas primeramente en la presa del Villar, situada al lado del pueblo de Mangirón, pasando después á la presa de la Parra, que dista de la primera 22 kilómetros, y de aquí al Pontón de la Oliva 7 kilómetros. Del Pontón de la Oliva arranca el *canal cerrado* que conduce las aguas á Madrid, y el cual tiene 70 kilómetros, viniendo á recogerse éstas en el llamado *segundo depósito*, único utilizable. El *primero* hace ya muchos años que no se emplea, tales son sus desperfectos, y el *tercero*, aún en construcción, se halla situado á unos treinta metros de los antiguos cementerios, ya clausurados, de San Martín, Patriarcal, San Ginés y San Luis y el General del Norte. Del sitio denominado el «Partidor» se deriva un canal que lleva las aguas, unas al Depósito y otras á los barrios de la Prosperidad y Guindalera, de donde la elevan por medio de una máquina situada en esta última barriada. Dicho canalillo recorre parte de su trayectoria cubierto con bóveda de mampostería, y á pesar de su constante vigilancia, siempre hay inmundicias, no siendo raro encontrar á veces algún que otro animal muerto, arrojado por la parte descubierta.

Pero las aguas del Lozoya, á poco de su nacimiento ú origen, pasan por el borde del Paular, Rascafría, Lozoya, cerca de Canencia, cuyo arroyo se une á aquél, y últimamente

rodeando al pueblo de Buitrago. Los demás pueblos están bastante distanciados del Lozoya, considerándose de más importancia los citados, desde el punto de vista de la Higiene, porque todos sus restos ó *detritus* van á parar directamente al río, de donde resulta que, más ó menos diluidos unos ó transformados otros, vienen al depósito de Madrid, sedimentándose una parte y la otra repartida equitativamente á los madrileños por las fuentes vecinales.

Visitando detenidamente los pueblos citados, se nota desde luego que muchos afluentes los atraviesan, pasando por entre sus casas, lo cual sirve para que los vecinos no sólo viertan allí todo género de inmundicias, sino que utilizan las aguas para toda clase de lavados y usos domésticos. Huelga el indicar que en dichos pueblecillos no existen lavaderos instalados *ad hoc*, retretes, alcantarillado, ni urbanización alguna, siendo el agua del Lozoya la que sirve para limpiarlo todo. Es más: en el Paular existe una fábrica de aserrar maderas, y en el término de Rascafría hemos visto que sobre el Lozoya hay grandes piaras de cerdos, rebaños pastando en las orillas y demás animales domésticos. Los afluentes de mayor caudal de aguas son aprovechados por los vecinos para el lavado de ropas, y ¡cosa extraña!, siempre que hemos preguntado á aquellas gentes qué clase usaban para la bebida, nos han contestado que la de manantial, no utilizando para aquel objeto la del río. ¿Qué de particular tiene, pues, que tales inmundicias acusen en los análisis tan pésimos resultados? Puede calcularse, por tanto, que hay unos 16.000 habitantes en las márgenes del Lozoya.

Cargadas ya las aguas de tantos restos urbanos llegan al término de Buitrago, el cual tiene una situación semejante á la de Toledo, rodeándolo el río. También aquí no hay ni retretes, ni pozos negros, ni nada semejante, sino que las deyecciones las arrojan á los corrales, para su espontánea depuración, y á las huertas situadas en las orillas del río, donde también van las basuras. Y asimismo pudimos observar, en una de nuestras visitas, que la casa destinada á hospital tiene los retretes *colgados* al aire libre, cayendo directamente las deyecciones al declive del río y sobre rocas impermeables. La situación del pueblo, por su elevación y pendiente, hace que en épocas de lluvia, ésta barra y arrastre todas las inmundicias, las cuales son recogidas por el río y transportadas por su corriente á la *presa del Villar*, que es donde comienza el Canal. El río en aquella parte presenta su fondo negruzco, y seguramente, si en él se dragara, saldría una enorme cantidad de cieno. También en este pueblo sus veci-

nos lavan las ropas debajo del puente y beben agua de fuentes y manantiales. Si los madrileños visitasen estos lugares, viendo por sus propios ojos lo que á la ligera hemos apuntado, seguramente mirarían con repugnancia un vaso de agua del Lozoya, y entonces sabrían mejor qué clase de agua nos suministra el Canal.

Es claro que en la larga trayectoria del río hay que contar siempre con la *autodepuración*, pero ya veremos más adelante qué valor tiene ésta para la higiene. Buena prueba de ello son los análisis del fango ó sedimento extraído del depósito de Madrid hace dos años, y en cuyas investigaciones micrográficas demostré la presencia de huevos de helmintos y nematodos, que no tienen otro origen más que el de las deyecciones del hombre y animales domésticos (1), como asimismo la especificación y estudio de las bacterias de las aguas potables de Madrid (2), y los trabajos publicados en el *Boletín del Laboratorio Municipal y Canal de Isabel II*, donde se expone el resultado de las investigaciones químicas y bacteriológicas, las cuales confirman que las aguas del Lozoya vienen ya impuras desde su origen, á más de las contaminaciones que sufren dentro de la capital.

En el interior de ésta no tienen otra causa sino el de las constantes roturas de las cañerías, bastando una pequeña abertura para que por allí penetre la tierra con los restos orgánicos que lleva, sobre todo en las primeras capas del suelo, las cuales son removidas de continuo. Las frecuentes roturas de las bocas de riego y cañerías que van por bajo de la vía pública, y alguna que otra vez roturas y hundimientos del pavimento, son datos conocidos de todo el mundo. Diganlo si no los acaecidos, años pasados, en la calle de San Bernardo, esquina á la de la Flor, Arenal, Plaza de Oriente y tantos otros sitios que pudiéramos citar, además de las filtraciones é inundaciones de sótanos en las fincas de Madrid.

Pero aparte de estos males, el vecindario madrileño tiene que sufrir otros peores, las continuas *turbias*, habiendo épocas en que es de todo punto imposible hacer uso de dichas aguas, tan cargadas vienen de arcilla. Aun en la actualidad jamás llegan cristalinas y limpias, siempre son opalinas. El venir las aguas en este estado es debido á accidentes geológicos en su trayectoria. Cuando se planeó el Canal debieron olvidar los Ingenieros de que en toda obra de esta

(1) *Análisis micrográfico de los sedimentos del Depósito del Canal del Lozoya.*—*Boletín de la R. Sociedad de H. N.*—Diciembre, 1907.

(2) *Contribución á la flora bacteriana de las aguas potables de la villa de Madrid.*—*R. Sociedad Española de H. N.*—1905.

clase es necesario estudiar muy á fondo la geología de la trayectoria, y el tiempo se ha encargado de confirmar, por sus efectos, este descuido ó error, y cuya reparación le cuesta al país sus 20 millones de pesetas. La primera presa construida cuando se inauguró el Canal fué la del pontón de la Oliva, y tales fueron sus filtraciones y desperfectos por la estructura del terreno, que, viendo que se les desbarataba una obra que tanto dinero había costado, hubo á toda prisa que verificar reparaciones para que Madrid no se quedara sin agua. Como se avecinaba y preveía un fracaso, calcúlese qué efecto hubiera producido esto en la opinión, después de tantos años de lucha y hasta de conflictos de orden público por la carencia de agua, y el reciente júbilo y alegría con que el pueblo de Madrid recibió las aguas del Lozoya, viéndolas correr por las fuentes. Pero no encontrándose un remedio eficaz para conjurar tal efecto, hubo que hacer en poco tiempo un ramal, derivado del río Guadalix, uniéndolo al actual Canal. Ya por entonces se pensó en asegurar el surtido de aguas, decidiéndose el construir una nueva presa, la del Villar (1869-82), y aun cuando sea una obra digna de admiración, los mismos Ingenieros dicen que padece en la actualidad una *anemia*, porque el cemento que entonces se empleó en la construcción fué el de Zumaya, y no aseguró tan bien la obra de fábrica, como se hace con los actuales, defecto que sólo puede imputarse al correr de los tiempos. Así es que, para restituir la cal que por efecto de las filtraciones se pierde, tienen en la actualidad que perforar el dique é introducir los nuevos cementos, una especie de inyección de carácter curativo, como en el organismo.

En efecto; en la Memoria de Prado (1) ya se indica «que los ríos de la provincia están, por tanto, sujetos á pérdidas de agua al atravesar los terrenos permeables. El Lozoya puede perder alguna al atravesar la isla de terreno cretáceo que ocupa el fondo del valle del mismo nombre; pero como inmediatamente debajo se halla el gneis, que es impermeable, no puede menos de resultar más abajo en el cauce del río. En la faja, también cretácea, del pontón de la Oliva, puede perderla y la pierde, según se ha visto. El Jarama la puede perder más abajo de Retiendas, al atravesar la misma faja antes de entrar en la provincia de Madrid. Pueden perderla también ambos ríos, ya unidos más abajo del pontón de la Oliva, al volver á atravesar la propia faja. El Guada-

(1) *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*.—Madrid, 1864.

lix, que pasa tres veces por un terreno idéntico, puede sufrir iguales pérdidas. Al atravesar la zona de las arenas todos los ríos las sufren, unas someras y otras acaso más profundas».

En una de nuestras visitas al Canal pudimos cerciorarnos, supuesto que era la época de los grandes temporales de otoño, que entre la presa de la Parra y el pontón de la Oliva era donde se producían las grandes turbias, debidas á la estructura del terreno, y partiendo del pontón de la Oliva el Canal cerrado, las aguas necesariamente tienen que venir á Madrid en ese estado de turbidez. Ni la sedimentación que puedan experimentar en su recorrido, ni el influjo del depósito de Chamberi son bastantes para que las aguas lleguen al vecindario limpias y cristalinas. Además de la arcilla que arrastran, ocurre también que, debido á las grandes pérdidas que el río experimenta al llegar á esa zona, el caudal de aguas ha venido disminuyendo, y de los aforos practicados resulta el que no podamos disponer de una cantidad de agua fija y estable, aun contando con esas pérdidas, lo cual constituye un grave daño, no sólo para la obra del Canal, sino para los intereses del mismo. La solidez de la canalización ha estado también en peligro algunas épocas, y ocasiones ha habido en que poco ha faltado al pueblo de Madrid para que quedase sin agua, aparte de las inundaciones y daños materiales á que esto hubiera dado lugar. También registra la historia hechos de esta naturaleza, no sólo en España, sino en el extranjero.

Pero si sabemos lo que hay en la trayectoria del Lozoya, no sucede lo mismo con la del río Guadalix, cuyas aguas van á parar directamente al Canal por el sifón del mismo nombre, de modo que unas veces bebemos agua del Lozoya y otras la de dicho río. Nace éste (1) «en el puerto de la Morcuera, en gneis. Pasa por junto á Miraflores, que deja á la izquierda. Antes de llegar al pueblo de Guadalix atraviesa una faja de terreno cretáceo, y después otra, en la cual nacen, casi en su orilla derecha, las fuentes del Pilancón y del Espinar, cuyas aguas recibe. Entra luego en micácita con algún gneis, dirigiéndose entre el S. E. y S. S. E. por un profundo cauce, y pasa á la zona de las arenas después de atravesar la faja cretácea donde se halla el sifón llamado de Guadalix, del Canal de Isabel II. Son notables el salto y charco del Hervidero, que forman sus aguas unos 4 kilómetros más arriba de San Agustín: el primero de 6 metros de

(1) Prado: loc. cit.

altura sobre el agua; y el segundo de bastante profundidad, en el cual se cria mucha pesca, aunque en la actualidad se halla en parte lleno de arena, por resultado, sin duda, de alguna avenida, que en otra podrá ser arrastrada hacia abajo. La cascada tiene en su parte derecha una grieta de 14 centímetros de ancho, por donde baja sin ruido la poca agua que el río lleva en verano. No sucede así en invierno, que se dispara con estrépito un gran chorro sobre el charco, donde forma el hervidero. La roca es allí una micácita silicea, y en la parte superior de la cascada se presenta como pulimentada y con algunos hoyos verticales muy pequeños, pero de igual origen al de las marmitas de gigantes de que he hablado. Aquí no puede tener este nombre, y es preferible por eso el de *pot-holes*. Entre sus tributarios, que son muy escasos y en corto número, merecen mencionarse los que bajan de los puertos del Medio Celemin y de Bustarviejo, que recibe por la izquierda, por lo escabroso de su lecho y orillas y por el contraste que ofrecen sus pocas aguas, aun en invierno, con el gran hueco que forman las cañadas por donde corren. Desde el sifón de Guadalix hasta perderse en el Jarama, junto á la Venta de Pesadilla, pasa por la zona de las arenas, en el cual recibe dos pequeños arroyos por la derecha. Tiene un puente en Miraflores, otro en Pedrezuela y otro en la carretera de Burgos junto á San Agustín.»

Sería necesario hacer un recorrido de toda esta zona para averiguar las causas que contribuyen á la contaminación, y nada podemos particularizar sobre este punto, por no haberse hecho trabajo alguno encaminado en tal sentido.

Encargado de la Comisaria Regia del Canal, el Sr. Sánchez de Toca, y conocedor de estos hechos, se desempolvaron proyectos de diversos Ingenieros, que no se habían podido llevar á la práctica, estudiándose detenidamente el estado actual del Canal, para que se realizaran después las obras necesarias, y aquél respondiera á los fines de todo surtido de aguas. Las obras que se proyectaron fué la construcción de un *canal transversal* que, partiendo de la presa del Villar, fuera más abajo del sifón de Malacuera, uniéndose después al actual Canal, disminuyéndose en 23 kilómetros la distancia del embalse de El Villar á Madrid, proporcionando un gran salto de agua de 130 metros, aprovechable como fuerza motriz, y suministrándose además agua á los barrios altos de Madrid. Se realizó un empréstito, y comenzaron las obras, debiendo estar terminadas en el próximo año de 1911.

Partiendo el Canal cerrado de la presa del Villar, ya las aguas que beba el vecindario no pasan ni, por tanto, se reco-

gen en el pontón de la Oliva, quedando suprimidas las turbias originadas en esta zona, pero no las que se produzcan desde el Villar á la cabecera del río. Aun cuando la cantidad de agua sea próximamente la misma, siempre será más estable y por la presión obtenida tendrán agua los barrios altos de Madrid, de que tan necesitados están, dado su desarrollo. Estas obras serán de un interés inmenso para la villa de Madrid y después de Bravo Murillo nadie había hecho otro tanto en lo que al Canal respecta, después del largo letargo que venía sufriendo. Pero es más si hoy se han llevado á la práctica las iniciativas de dicha personalidad cuyos beneficios tocará pronto el pueblo, es un dolor que no hayan llegado á realizarse otros proyectos, como aquel se proponía, por haber cesado en dicho cargo, siendo lo más sensible el que las personas que después le han sucedido no hayan secundado tan provechosa labor.

Hemos expuesto en síntesis el valor de dichas obras y el beneficio que han de reportar. Pero en el plan del Comisario Regio había algo más: el saneamiento del río y el que las aguas llegaran al vecindario *purificadas biológicamente* para lo cual era necesario preparar otro género de construcciones, puesto que las que se están haciendo *no garantizan* lo que entiende la Higiene por *purificación*. Antes de planear este extremo, era necesario que desde el nacimiento del Lozoya hasta la *presa del Villar* se hicieran los estudios necesarios sobre el terreno, y en el Laboratorio de todo aquello que fuera causa productora de las contaminaciones, y con este objeto se designó al Laboratorio Municipal de Higiene para que su personal ejecutase dichos trabajos. Para ello suministró á dicho Centro de medios materiales para cumplir su cometido, adquiriéndose un escogido material científico, destinado principalmente á los trabajos de campo, procedente de Alemania é Inglaterra, cuyos aparatos se hallan en la actualidad, después de dos años, cuidadosamente guardados en vitrinas, en espera de que puedan *estrenarse* cuando lleguen épocas más felices y mejores tiempos. El personal del Laboratorio, con la debida autorización, pudo tan sólo hacer una *excursión* de exploración y orientación, durante dos días, al río y Canal, dando cuenta, en una Memoria que elevó á dicho Comisario el Director del Laboratorio Municipal, del resultado de dicho viaje y de los obstáculos que era necesario vencer para llevar á la práctica tales estudios. Pero tantas trabas se nos han ido poniendo para que no comenzáramos estos trabajos en la trayectoria del río, que, con sentimiento nuestro, nos hemos visto privados de secundar los planes ini-

ciados por el Sr. Sánchez de Toca, concretándonos en la actualidad, como desde hace muchos años, á analizar las aguas que *nos dan* las fuentes y las que almacena el depósito, lo cual no tiene más finalidad que el enterar al público de las oscilaciones de la calidad del agua, avisando del peligro que corremos. Como en nuestras manos no radica el remedio, cumplimos nuestra misión advirtiéndolo á diario en nuestras publicaciones y participándolo á las Autoridades.

Todos estos hechos ponen de manifiesto que al Canal no le importa, ni le interesa para nada, el dar sus aguas en el estado que reclama la Higiene, pues de lo contrario, hace ya años que, fuera por quien fuese, debieran haberse hecho estos estudios, como sucede en todos los países cultos, y en su consecuencia proponer las obras de saneamiento, dándolas á conocer en alguna publicación, en alguna Memoria, cosa que si en ello se ha pensado, por lo menos no hemos tenido el gusto de ver estampado en parte alguna, ni siquiera en el tomo de Memorias de 1908, ni en el Boletín del Canal supuesto que dichos extremos ya no admiten discusión alguna en los tiempos que corremos. Son obras de saneamiento que necesitan hacer los Ingenieros, y ellos son los únicos responsables de que en Madrid bebamos agua de tan malas condiciones para la salud.

Tal como se encuentra el Canal, sus aguas no podrán ser potables y exentas de peligro, mientras no se corrijan y aunque en diversas ocasiones he oído expresarse á algunos técnicos oficiales de que los particulares son los que deben filtrar el agua que reciben en sus casas, en contra de dicho modo de pensar están las reglas instituidas por la Higiene, los acuerdos de los Congresos científicos, las leyes y reglamentos decretados por los Gobiernos, incluso el nuestro, y las instalaciones y surtido de agua de otros países, todo ello descrito en los libros de Ingeniería sanitaria, cuyas obras es preciso consultar á diario. La mayoría de los datos que expongo en esta Memoria están tomados precisamente de obras escritas por Ingenieros.

Durante la gestión administrativa del Sr. Sánchez de Toca se publicó una extensa Memoria (1) describiendo y particularizando los extremos citados, é interesando siempre á nuestro objeto lo referente á las condiciones de las aguas; de esto será de lo que trataré para aclarar algún punto. En la

(1) *Memorias, informes y documentos relativos á la gestión de la Comisaría Regia y Consejo de Administración en el año de 1907.*—Imprenta Municipal.—Madrid, 1908.

Memoria escrita por el Director del Laboratorio Municipal, Sr. Chicote, se indica, al hacer la interpretación de los análisis químicos y bacteriológicos realizados, que las aguas del embalse del Villar experimentan una *perfecta autodepuración* por las condiciones que reúne aquélla, y claro es que si de dicha presa ha de partir un canal cerrado que conduzca las aguas á Madrid, éstas han de ser inmejorables para la bebida. Y como este extremo constituye el origen de otras informaciones, en el emitido acerca de la proposición de la Compañía general del ozono y Memorias del Ingeniero-Director del Canal y Consejo de Administración insertas en dicho tomo, no se le ha dado después el alcance y valor debidos, dando lugar á que se crea que, terminado el *canal transversal*, hemos de beber el agua completamente *depurada*, es decir, privada de bacterias patógenas ó nocivas para la salud del vecindario. Con el fin de que las cosas queden en el lugar que les corresponde, vamos á exponer el valor que la Higiene concede á la autodepuración de los ríos, según ofrecimos antes.

Las investigaciones científicas más importantes sobre dicho extremo fueron practicadas por Frankland, y la Comisión inglesa para la «Rivers Pollution», en el transcurso de los años de 1866 á 68, las cuales demostraron que en los ríos ingleses la autodepuración era poco eficaz, y entonces ya supusieron que aquel hecho no era debido á otra causa sino al movimiento lento de las aguas y á su corto recorrido. Letheby, en 1869, sostuvo la eficacia de la autodepuración, y hasta 1880 sólo Tidy fué el primero que emitió la opinión de que la autodepuración era una función biológica. A partir de esta época se han hecho numerosas investigaciones, de cuyos resultados se deduce, que muy fácilmente se incurre en error al interpretarse los hechos, y que la llamada *autodepuración* no constituye más que un *mejoramiento parcial*, debido á la sedimentación mecánica de las materias que primeramente estaban en suspensión y luego fueron á parar al fondo. Lo mismo la depuración biológica que la sedimentación de las materias orgánicas que están en suspensión, son hechos que caen bajo la influencia de la diversa velocidad de la corriente y de las condiciones del fondo. (Percy-Frankland). El mayor ó menor grado de contaminación que tenga el agua del embalse del Villar dependerá de la cantidad de materiales que el río adquiera y aporte después y por tanto, de la mayor ó menor dilución que en dicho embalse pueda tener lugar. Contingencias diversas serán las que ejerzan influencia en la mayor ó menor rapidez de la des-

trucción de las inmundicias recogidas por la corriente y transportadas después á la presa.

Según Girard y Bordas, el agua del Sena, que en Clichy recibía las materias fecales de las alcantarillas, se infectaba de tal modo que era imposible la vida animal, y las investigaciones químicas demostraron que hasta pasado 80 kilómetros del punto de contaminación no volvían al estado normal.

Otras investigaciones químicas y bacteriológicas han demostrado, según Stutzer y Knublauch, que las aguas del Reno contaminadas por el desagüe de alcantarillas se depuraban á 9 kilómetros; según Heider, la del Danubio á 40 kilómetros de Viena; por Blasius y Beckurtz, la del Ocker á 56 kilómetros de Braunschweg; por Prausnitz, la del Isar á 33 kilómetros de Múnaco; por Mutschler, la del Aar á 30 kilómetros de Berna, y en el Adige, según Pagliani, y en tiempo de crecida, se hallan muy contaminadas todavía á 150 kilómetros de Verona. Estos datos demuestran que las aguas van mejorando después de un largo recorrido, y á manera que se alejan del punto de contaminación, pero de ninguna manera *depuradas bacteriológicamente*. Inútil es decir que si ganan en una determinada trayectoria, bastan nuevas impurezas para que lleguen al punto de toma ya infectas.

Asimismo, entre los estudios de las contaminaciones de los lagos, citaremos los llevados á cabo por el Dr. Fabri en el de Piediluco (Humbría), de cuyas observaciones se deduce, que la materia orgánica que transporta el río desaparece pronto en el agua que la recibe, no por el hecho de una rápida mineralización, sino por la sedimentación, que es más rápida y pronunciada si más tranquilas son las aguas, y que las aguas contaminadas, que son siempre mucho más densas que las del lago, apenas llegan, caen casi perpendicularmente al fondo, remueven y levantan la sedimentación, difundiéndose después con más ó menos regularidad. En la parte del lago donde no entraban aguas cargadas de materia orgánica, se ha averiguado que no contenían amoníaco ni ácido nitroso, y si llegaban á presentar estos compuestos era después de abundantes lluvias, que son las portadoras de materiales en descomposición de los terrenos próximos. No creemos, por tanto, que las condiciones naturales del embalse del Villar, que no es más que un lago artificial, vayan á ser distintas de la de los demás lagos. El mejoramiento que en el Villar experimentan las aguas será debido á una sedimentación mecánica, y aun cuando se verifique el fenómeno de la mineralización, no da tiempo á que aquellas lleguen al vecindario depuradas biológicamente.

Sabiéndose que la única ventaja que puede obtenerse de la llamada *autodepuración* es tan sólo un *relativo* mejoramiento, pero nada más, los higienistas no desaprovechan este hecho, y ayudándose de la aireación y del batido, de la sedimentación en *depósitos de poco fondo* y de la *filtración biológica*, obtienen el mejoramiento sanitario de las aguas de alimentación en distintas ciudades, según hemos expuesto. Ya se comprende que no todos los procedimientos dichos es necesario emplearlos para la depuración, pues esto dependerá de lo que reciba el río, sino que por lo menos es imprescindible la sedimentación y á continuación el *filtrado* á través de la arena fina. Aun así la *depuración biológica* ofrece todavía cierto número de bacterias, las cuales oscilan entre 20 y 50 colonias por centímetro cúbico, en las mejores instalaciones, cifra admitida por los higienistas, y á lo más 100. Aun contando con esta enorme rebaja en número y calidad, en relación á las que da el agua antes de pasar por los filtros, todavía y con tales procedimientos no se llega á la *perfecta depuración*. La Higiene no se propone otra cosa sino que el agua conserve siempre las propiedades que le da la Naturaleza, manteniendo su composición química normal, pero exentas de gérmenes infecciosos que recoge por donde pasa.

Deducimos, por tanto, que una vez terminado el *canal transversal*, las aguas seguirán llegando *infectas*; habrá épocas en que, tanto el número como la calidad de las bacterias, acusarán en los análisis buenos resultados, mientras que en otras serán pésimos, estando este hecho en razón directa de la cantidad de materiales que el río aporte y la influencia de las grandes lluvias en el arraste de materia orgánica. No existe, por tanto, razón ni fundamento alguno que haga creer que las aguas han de venir *purificadas* por el canal transversal, supuesto que esta obra tiene otro carácter, que en su día podría completarse si se llevaran á la práctica los principios que hemos señalado, cosa que aún está por madurar. Si el largo recorrido que antes experimentaban las aguas hasta encauzarlas en el pontón de la Oliva, tenía alguna influencia en su autodepuración y sedimentación, si se suprimen muchos kilómetros de aquel recorrido y se conducen las aguas por un canal cerrado, aquéllas no recibirán infección alguna á partir de la presa del Villar; pero como desde este punto á la cabecera del río es donde está el mayor peligro, según se ha dicho, *seguirán* las aguas llegando á Madrid en malas condiciones para la bebida, y ofrecerán constante daño para la salud del vecindario y una amenaza para el desarro-

llo de cualquier epidemia de origen hidrico, á pesar de todo lo que se prometen en sus Memorias los técnicos del Canal.

Medidas que deberán adoptarse con las aguas del Lozoya.

Entre las causas de la insalubridad de Madrid, figuran las aguas de alimentación, y siempre que nos amenaza una epidemia de las de origen hidrico, se toman por las Autoridades medidas profilácticas para el caso de una invasión; se reúnen las Juntas oficiales, y después de las consabidas discusiones, se toman diversos acuerdos, llevándose algunos á la práctica. Invariablemente figura en el programa el Canal de Lozoya, señalándose los defectos que ya hemos enumerado, y desde hace ya muchos años venimos oyendo las mismas denuncias. Pero el Canal es una entidad inexpugnable, y jamás se ha tomado la molestia de secundar á la Higiene, interesándole sólo *cobrar* el agua, turbia unas veces é infecta otras, que seria lo mismo que si fuera licito expender la leche averiada ó adulterados los alimentos. Si en nuestra legislación se imponen castigos para tales infracciones, incluso para el agua, sin duda este extremo no debe rezar con la canalización de un elemento que tan preciso es para la vida.

Es cosa extraña que estando este río á las puertas de Madrid, lo cual es una ventaja para poder ser visitado en un solo día, no se haya dictado un reglamento sanitario de carácter local por la Inspección de Sanidad Interior, prohibiendo el lavado de ropas y el establecimiento de industrias en las márgenes, como asimismo el que á él vayan á parar las inmundicias. Seria conveniente que la inspección médica se estrechase cerca de los habitantes, con el fin de saber qué clase de enfermedades existen, no sólo respecto á la especie humana, sino también en la animal, estableciendo aparatos ó medios de desinfección para la destrucción de los gérmenes infecciosos y de todo aquello que pudiera ponerse en contacto del agua é inficionarla. Es necesario higienizar los pueblos que bordean el Lozoya, de tal modo que tengan conducción de agua, propia y exclusiva para ellos, prohibiendo que las ropas se laven en el río, instalándose lavaderos, y que todos los residuos urbanos sean recogidos y destruidos de modo tal que jamás se pongan en contacto con el río.

Deberán establecerse zonas de protección en la trayectoria, unas veces por medio de arbolado, otras por muros ó diques de contención que eviten el arrastre ó desmoronamiento

de tierras por accidentes geológicos, y hasta tapias ó vallas en algunos sitios para que no se acerquen al río el hombre ni los ganados. Pero la protección es difícil establecerla; sólo sería práctica en muy contados sitios, principalmente en los lugares habitados, consiguiéndose el *restar* elementos á la infección nada más, siendo necesario, y á esto tendrá que venirle á parar, el que se adopte un procedimiento de depuración de las aguas, á mi juicio, la filtración á través de la arena fina. Al Ayuntamiento de Madrid, que tiene el deber de velar por la salud de su vecindario, es al que corresponde tomar la iniciativa del saneamiento de las aguas, pues no es justo que, ya que se vigila la pureza de los alimentos y bebidas, queden impunes las aguas, que constituyen el más importante alimento para la vida del hombre.

VI

Aguas de la «Sociedad Hidráulica Santillana».

Proceden estas aguas del río Manzanares, el cual nace á unos 10 kilómetros al N. N. E. del pueblo que le da nombre, en el hueco y ventisquero de las Guarramillas, en lo alto de la divisoria de aguas al Lozoya, donde hay una pequeña fuente de escaso caudal en verano y abundante en el invierno. Entra dicho río en el llano de Manzanares, pasando luego á la zona de las arenas dentro del Sitio del Pardo. En Manzanares recibe dicho río, por la derecha, el Sambil, que baja del Regato del Pez, y al dirigirse al S., más abajo, el río Mediano por la izquierda, el cual nace en el Ventisquero del Ratón, algunos kilómetros á Levante de Cabezas de Hierro Mayor. Al atravesar la zona de las arenas pierde en verano gran parte de sus aguas, como todos sabemos. Pasando por Madrid entra después en el terreno terciario, en el río Jarama (1).

Las obras realizadas por dicha Sociedad son verdaderamente importantes, tanto más, cuanto que, debidas á la feliz iniciativa de un particular, el Marqués de Santillana, constituyen un esfuerzo digno de todo encomio, en un país donde nada se hace en favor del mismo que no sea con el dinero del Estado. Por eso el pueblo de Madrid guardará á dicha Sociedad eterna gratitud, por el beneficio grande que aquélla le ha reportado. Y pasemos á la descripción de las obras, según nota que facilita dicha Sociedad, cuya instala-

(1) Prado: Loc. cit.

ción tuvo ocasión de visitar en el mes de Abril del año último.

«El río Manzanares, en el término de Colmenar Viejo, tiene un caudal medio de 3.000 litros por segundo, según comprueban los aforos que dos veces al día se vienen practicando hace diez años. Son sus aguas de extraordinaria pureza y limpidez, como procedentes en su mayor parte del derretimiento de nieves en terreno granítico, y dentro del término indicado baja el río 250 metros. Estas circunstancias permiten un importante aprovechamiento de energía y el abastecimiento de aguas potables de la zona alta de Madrid, por la proximidad y altura del Manzanares, siempre que con un embalse se regularice el río, dándole en verano el agua que le sobra en las avenidas de primavera y otoño. Al efecto, se está terminando una presa de 28 metros de altura, que producirá un embalse de 45 millones de metros cúbicos, regularizando completamente el río. De esta presa, y á 23 metros bajo la coronación, arranca el canal del salto de Colmenar (por intermedio de un grupo de 500 caballos que aprovecha el desnivel de los 23 metros), que en siete kilómetros gana 100 metros de altura sobre el río. De este canal, capaz para 3.000 litros, entre cuyas obras están los acueductos de las Dehesas y Navalmojón, parten cinco tubos que llevan el agua á presión á cinco unidades hidroeléctricas (dos de 1.000 caballos y tres de 750), que forman la central de Colmenar. De ella sale la línea á 15.000 voltios, que, con 25 kilómetros de distancia, llega á Madrid y suministra energía á las centrales de Chamberí, Norte, Zarzuela, Palacio, Princesa, Pacífico, Salamanca, Castellana, Tetuán, fábricas de harinas y consumidores varios. A la salida de las turbinas vuelve á recogerse el agua en un nuevo embalse, del que deriva el canal de 4.000 litros para abastecimiento de Madrid. Tiene este canal cuatro túneles (el mayor de cerca de un kilómetro) y un sifón en Navarrosillo. A los cinco kilómetros del origen se reduce algo su capacidad y sigue así hasta Madrid, pasando por Fuencarral, Chamartín y Cuatro Caminos, para llegar 50 metros por encima del nivel de los depósitos del Lozoya, permitiendo así el abastecimiento de la zona alta; estos últimos 20 kilómetros están en construcción. Desde el kilómetro 5, ya indicado, vuelven al río los sobrantes de abastecimiento en un salto de 130 metros, que se aprovecha en la casa de máquinas de El Pardo, en donde hay instaladas dos unidades de 2.500 caballos cada una, y otra línea á Madrid que, con la del salto de Colmenar y la que une las dos centrales, forman una red cerrada que asegura el servicio, aun en el caso de averías en una línea. Ya en Madrid, en la calle de San Rafael, esquina á la de San

Bernardo, afluyen estas líneas á un centro de transformación de 5.000 kilovatios, en donde se rebaja la tensión de 15.000 á 3.500 voltios y de donde salen todas las canalizaciones subterráneas que distribuyen energía á los consumidores.»

A mi modo de ver, al realizarse estas obras, es lógico que se hubieran hecho en armonía con los progresos de la Higiene; pero no ha sido así; se han cuidado de captar y embalsar las aguas del Manzanares, aprovechándolas como fuerza motriz y para surtir á los barrios altos de Madrid, sin tener para nada en cuenta el peligro á que se exponen las gentes cuando tengan que ingerir en su estómago las aguas procedentes de un río. Si malas son las de los *viajes antiguos* y las del Lozoya, por las deficiencias que hemos apuntado, otro tanto ocurre con las procedentes del Manzanares y habrá que agregar á lo existente otro nuevo mal.

Al llegar el río al pueblo de Manzanares hay enclavada en sus orillas una fábrica de papel en función, la cual arroja al mismo todos los restos de su industria, y poco más arriba de aquélla otra dependencia, destinada al lavado de *trapos viejos*. Excusado es decir que ya este hecho constituye un gravísimo mal, un peligro tan grande, que es necesario evitar á toda costa, si estas aguas han de destinarse á la bebida, pues, de lo contrario, cualquier día aparece en Madrid una epidemia como la del *cólera*, por ejemplo, y entonces sería imposible atajar un mal que no se había remediado á su tiempo. Las aguas de dicho río atraviesan el pueblo, y sus habitantes hacen uso de las mismas, no ya para la bebida, sino para todos los usos domésticos, incluso el arrojar cuantas inmundicias quieren. Inútil es añadir que dicho poblado está en las mismas condiciones que los del origen del Lozoya. Más tarde, las aguas se recogen en un extenso valle, una planicie, en la que se ha construido un dique para la contención de las aguas, que es lo que constituye la presa ó embalse. Aun cuando su capacidad es de 45 millones de metros cúbicos, sólo una mitad es la que al presente encierra. La naturaleza no ha favorecido ciertamente este extenso embalse, si se compara con el del Villar, donde las aguas son recogidas en un profundo barranco.

Dicha planicie, antes de servir para captar las aguas, estaba destinada al pastoreo de las ganaderías de toros de Colmenar, y al hacerse la presa no se cuidaron de despojar de aquellos prados las hierbas y la capa de tierra vegetal, lo cual ha de contribuir en su día á la calidad de las aguas, por el desarrollo, tanto de plantas como de animales inferiores. Cuando se hizo el lago de Croton para alimentar de aguas á

Nueva York, después de un año de la recolección de las mismas, se observó que aquéllas eran fétidas, debido á la putrefacción de las plantas del fondo, que no se habian extraído, y aun contando en la actualidad con un lago artificial de 32 kilómetros de longitud, para lo cual se han demolido tres pueblos, se ha limpiado perfectamente su fondo, y se suministran más de 700 litros de agua al día y por persona, tienen siempre agua turbia, caliente en el verano y fétidas además, á causa del desarrollo de seres inferiores, por lo que no han tenido más remedio que acudir á la filtración. Es probable que algo de esto ocurra en la presa del Manzanares, donde hasta el presente no se han hecho estudios bacteriológicos y químicos de dicha instalación, en la forma que estas cosas debieran hacerse.

Si dicha Sociedad ha de surtir de aguas á los barrios altos de Madrid, es necesario que en su instalación introduzca las mejoras necesarias, purificando *bacteriológicamente* las aguas destinadas á la bebida, empleando alguno de los procedimientos que hemos indicado. Pasando este río por un solo poblado, llevan esa gran ventaja á las del Lozoya, y si se suprime la fábrica de papel, sometiendo las aguas á la depuración, la Sociedad habrá realizado una obra á la moderna, que es lo que nuestra capital necesita. De esperar es que se lleven á la práctica estas mejoras, que constituirán el coronamiento de la referida instalación, pues si es de justicia el que se ayude en las esferas oficiales á aquélla por los esfuerzos hechos, no lo es menos el que se consienta que el agua se destine á la bebida si no se la somete á la debida corrección que hoy reclama la Higiene.

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
I.—Origen de las epidemias hidricas.....	5
La tierra y el agua como causas predisponentes y determinantes de las enfermedades infec- ciosas.....	7
Transformaciones que experimenta la materia orgánica.....	8
Microorganismos de la tierra.....	10
Microorganismos del agua.....	13
Causas determinantes de la difusión de los gér- menes por el agua.....	16
Animales inferiores.....	19
Las bacterias patógenas del agua.....	19
II.—Valor higiénico de las contaminaciones.....	22
III.—Medios puestos en práctica para corregir las aguas en grandes masas, destinadas al uso doméstico.....	28
Acción depuradora de los filtros arenosos.....	30
Aplicaciones de la filtración en diversas ciu- dades.....	34
Depuración de las aguas por medio del ozono.....	40
IV.—Los viajes antiguos.....	41
Medidas que deberán adoptarse con los viajes.....	55
V.—El Canal de Lozoya.....	56
Medidas que deberán tomarse con las aguas del Lozoya.....	67
VI.—Aguas de la «Sociedad Hidráulica Santillana».....	68

