

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EL AGUA POTABLE

(CONTINUACIÓN) (1)

El mar es el gran reservorio de agua de nuestro planeta.

En constante evaporación, que nunca cesa, da origen á la formación de nubes que, á merced de los vientos, de los cambios de temperatura y de otras causas atmosféricas, cae en forma de lluvia bienhechora ó de nieve sobre la tierra, formando los ríos, arroyos, lagos y manantiales que á su vez desaguan en el mar, dando lugar al llamado *ciclo del agua*, de suerte tal, que podemos decir que ésta sufre una verdadera destilación natural, dejando al evaporarse en el mar sus principios salinos y tomando otros caracteres más apropiados para los organismos terrestres. Á esta evaporación marina se une también, como es sabido, aunque en menor proporción, la del agua terrestre, bien directa ó ya indirectamente por medio de los vegetales.

Nada más lógico que el constante deseo humano de proporcionarse en estado de pureza un elemento tan necesario para la vida, y este problema tan sencillo para el hombre primitivo es cada día más difícil para el hombre civilizado por su agrupación en grandes núcleos de población que exigen cantidades de agua que antes parecían fabulosas y por la impurificación que estas mismas aguas sufren con los excreta de las poblaciones.

Desde los más lejanos tiempos se ha preocupado el hombre de las causas de insalubridad y corrupción de las aguas, y ya Hipócrates indicó como sospechosas las aguas de lluvia, de lagos y de pantanos, aunque hasta una época relativamente reciente no se ha escrito nada en especial sobre este punto, siendo Baccius el primero que publicó un *Tratado de aguas* que vio la luz en Roma en 1596; los primeros ensayos analíticos fueron hechos por Boyle, y datan de 1669. Desde esta fecha los métodos de análisis del agua se ha ido perfeccionando, á compás de los adelantos de la Química, hasta llegar á la época de los descubrimientos de Pasteur, que dieron un gran impulso al estudio higiénico del agua y un aspecto á la cuestión, completamente nuevo, con el examen bacteriológico.

Aunque el vulgo exagera en ocasiones el papel del agua en la producción de enfermedades, no por eso deja de ser cierto que hay un número de ellas de carácter epidémico, que por tener su principal vehículo de difusión en el agua de bebida se han agrupado con el nombre genérico de *enfermedades de origen hídrico*.

Multitud de hechos, de los cuales están llenos las obras de Higiene y de Epidemiología, confirman este aserto. Citaremos solamente algunos de ellos. En Montargis (Francia) una epidemia de fiebre tifoidea se declara exclusivamente entre los soldados que bebían de un pozo infectado por una letrina, según se descubrió después. En Fontainebleau aparece la enfermedad en un colegio aisladamente; se analizan las aguas que bebían los alumnos, no encontrando nada anormal, pero en cambio se encontró en la leche, que fraudulentamente era mezclada con agua de pozo, el *bacilo tífico de Ebelh*. En Besançon hay un cuartel, alimentado por dos manantiales, el de Anglón y la fuente de Arcier; la parte alimentada con el manantial de Anglón no tuvo ni un caso de fiebre tifoidea, y en cambio en la parte alimentada por la fuente de Arcier hubo muchos casos de tifoideas, por lo cual se examinaron sus aguas, que se hallaron contaminadas.

Conocidísimos son los casos de infecciones producidas por las ostras y almejas de criaderos próximos á la salida de letrinas.

Sabido es también el hecho observado muchas veces, de que las epidemias de cólera siguen el cauce de los ríos, porque el agua sirve á su germen de excelente vehículo, tal como ocurrió en España el año 1885.

Las epidemias de tifoideas aparecen ó se recrudecen después de un período de grandes lluvias, porque el agua arrastra los gérmenes retenidos y acumulados en la tierra procedentes de los excreta, uniéndolos á las aguas de alimentación.

Hace pocos años, en los meses de Octubre y Noviembre de 1907, he sido testigo en una de nuestras poblaciones marítimo-militares de una epidemia de tifoideas, que tuvo su origen en la contaminación de una de las fuentes que alimentan la población, cuya epidemia, sobre todo en un principio, tuvo la particularidad de no atacar sino á los vecinos de aquella barriada, y pudimos comprobar el hecho significativo de que no enfermasen sino los soldados y marineros que servían como asistentes y habían bebido

(1) Véase el número anterior.

el agua contaminada, en tanto que aquellos otros que habitaban en sus cuarteles respectivos y bebían agua de otro origen no eran atacados.

El mayor éxito de la guerra ruso-japonesa para los vencedores es, á mi juicio, el exiguo número de enfermos que tuvo su ejército, porque siendo, por lo general, en todas las grandes guerras muy superior (el doble y á veces más) el número de aquéllos que el de heridos, en el ejército japonés de aquella campaña fué bastante menor, habiendo sido una de las precauciones más importantes, entre las varias que tomaron, la del reconocimiento de las aguas por una Comisión de médicos militares que precedían á las columnas, siempre que las condiciones de la lucha lo permitían, y la persuasión que llevaron al ánimo del soldado para que bebiese el agua, siempre hervida, en forma de infusión de té, como así lo verificaron de General á soldado durante toda la campaña.

Multitud de ejemplos más pudiéramos citar, pero con los expuestos bastan para convencer á cualquiera de la importancia de la pureza del agua de bebida en la salud.

Varias son las enfermedades que tienen origen hídrico, pero entre ellas hay, principalmente, tres que constituyen el trípede de la patología intestinal infecciosa y son la fiebre tifoidea, el cólera y la disentería. Precisamente por radicar sus lesiones principales en el intestino y por salir sus gérmenes con las deyecciones, infectando el suelo y el subsuelo, son dichos gérmenes arrastrados á las aguas que por él corren, diseminándose con gran rapidez y tomando pronto la enfermedad un carácter epidémico.

Además de estas tres enfermedades, cuyo origen y principal medio de difusión es el agua de bebida, hay otras muchas, cuyos agentes patógenos pueden vivir en el agua y ser ésta, por lo tanto, su medio de propagación eventual; tal sucede con los de difteria, carbunco, los del pus, el de la gangrena séptica, el de la tuberculosis y otros menos importantes.

Después de estas enfermedades, cuyos agentes patógenos y modos de propagación estudiaremos más adelante, debemos colocar aquellas otras que son producidas por parásitos animales, cuyas larvas y huevos se encuentran en las aguas, dando lugar á su desarrollo en el interior de su organismo después de un cierto período de incubación.

Se han encontrado con frecuencia huevos de *Tenia solium*, de *Ascaris lumbricoides*, *Oxiuris vermicularis*, de *Anquilostoma duodenalis*, de *Distomum hepaticum* y *lancoelatum*, de *Filaria medinensis* y de *Amaeba hystolitica*.

Todos ellos proceden de contaminaciones del agua por materias fecales, que si bien éstas suelen desaparecer en el transcurso del tiempo por sucesivas oxidaciones y descomposiciones, los huevos, por la gran resistencia que poseen, conservan larga fecha su vitalidad.

Su identificación en las aguas se efectúa por medio del microscopio y se separan fácilmente por simple filtración.

II

Las bacterias del agua.

Entre los organismos microscópicos que pueblan el agua, el grupo más importante por su número y significación son las bacterias, diminutos organismos, sumamente abundantes en la Naturaleza, que, dada su enorme

difusión, no podían faltar en el agua. De extremada simplicidad celular, pertenecen al reino vegetal, *protofitos*, y se confunden en gradación insensible con otros seres también microscópicos, pertenecientes al reino animal, *protozoarios*, de tal modo que con los hongos establecen el lazo de unión entre ambos reinos, y al propio tiempo *equilibrando la organización y desorganización de la materia* (Forns), tienden el puente entre el mundo orgánico y el inorgánico, cumpliendo el célebre aforismo «en la Naturaleza nada se pierde ni nada se crea».

No es nuestro propósito hacer aquí un estudio completo de las bacterias, lo que sería impropio de la índole de este trabajo, sino únicamente reseñar la vida de aquéllas en las aguas tanto de sus especies habituales como de las que, sin vivir en dicho elemento de una manera constante, se adaptan mejor ó peor en él, sirviéndoles de vehículo de invasión de organismos superiores.

Unas especies verifican dicha adaptación perfectamente, viven y se multiplican de un modo extraordinario, en tanto que otras no consiguen ser en el agua sino huéspedes de paso.

Todas las aguas naturales no contienen bacterias, y aunque este hecho es sumamente raro, Pasteur y Joubert en 1878 (1) encontraron algunos manantiales, en cuyas aguas no pudieron hallarlas. Se puede calificar de excepcional este tipo de agua potable, que pudiéramos llamar ideal, pues generalmente, y de un modo constante, todas las aguas naturales las contienen en mayor ó menor número.

Tanto éste como la variedad de sus especies dependen de variadas circunstancias. Dos son los puntos de partida principales de las bacterias en el agua, el aire y el terreno.

Este último contiene habitualmente infinidad de gérmenes propios del mismo, que si bien tienden á desaparecer en parte por la acción de los rayos solares, por la sequedad del suelo y evaporación del agua superficial y por la concurrencia vital de las diferentes especies, se renuevan constantemente por el arribo incesante de los detritus de origen animal, tanto del hombre como de los seres vivientes que pueblan la corteza terrestre.

Una parte de estos gérmenes son llevados á la atmósfera en unión del polvo que en ella flota, y otra parte profundiza en el terreno empujada por las aguas, que se filtran por los poros del mismo, desapareciendo por completo al llegar á cierta profundidad.

He aquí el resultado de los estudios de Reimers (2).

En la superficie de un campo encontró 2.564.800 gérmenes por centímetro cúbico.

Gérmenes
por
centímetro cúbico.

A 2 metros de profundidad.....	23.100
A 3 metros y medio.....	6.170
A 4 ídem íd.....	1.580
A 6 metros.....	0

Fraenkel ha obtenido de sus estudios análogos resultados (3), encontrando en la superficie de un suelo virgen de cultivo hasta 200.000 gérmenes por centímetro cúbico en proporción decreciente hasta llegar á 4 metros y medio, en

(1) Comptes rendus. Acad. des Sc. Paris, 1878.

(2) Reimers-Zeitsch. f. Hegg. 1889.

(3) Fraenkel-Zeitsch. f. Hegg. II, pág. 580.

la que ya no encontró ninguno, con la particularidad de que en los meses de Mayo y Junio aumentaban el número de gérmenes y ganaban en profundidad. En el suelo contaminado de Bertin encontró, próximamente, doble número que en campo deshabitado.

El número de gérmenes en el suelo varía mucho, según su constitución. Los suelos porosos retienen y encierran más bacterias que los suelos compactos; los primeros tienen más materia orgánica que los segundos. También varía según su composición. De los estudios de Maggiora se deduce que los compuestos de roca antigua tienen escasos gérmenes, en tanto que los terrenos de aluvión y los terrenos de cultivo son los que retienen más gérmenes. Varían también, como es natural, según que la región no esté habitada, esté poco habitada ó tenga gran densidad de población.

Por lo expuesto, se comprende perfectamente que las aguas superficiales han de contener necesariamente un número crecidísimo de bacterias que arrastran del terreno y que reciben del aire, unidas al polvo atmosférico, en tanto que las aguas profundas, por efecto de la acción filtrante del terreno y por su origen, contienen por punto general escasas bacterias.

Antes de avanzar más en el estudio de las mismas, debemos recordar que en las aguas existen, desde el punto de vista higiénico, dos clases de bacterias, las bacterias *saprógenas* ó *saprofitas*, sin acción ninguna sobre el organismo humano, y las *patógenas*, capaces de hacerle enfermar. Al lado de estos dos grupos debíamos formar un tercero, y proponemos su constitución por aquellas otras que, si bien son *saprógenas* de ordinario y no tienen una acción *patógena* constante, son capaces, en condiciones especiales y no bien determinadas todavía, de convertirse en tales, adquiriendo la facultad de producir toxinas y alterar la salud.

A este grupo, que pudiéramos llamar el de *patógenas circunstanciales*, pertenece el *colibacilo*, que es el tipo de ellas, y que por estar muy extendido en la Naturaleza es muy común y frecuente en las aguas. La cuestión del patogenismo de las bacterias es aún muy debatida, y aunque en general se admite que las *patógenas* pueden vivir como *saprofitas* ó inofensivas en muchas circunstancias, es lo cierto que se hace preciso mantener aún esta división en el estado actual de nuestros conocimientos.

La vida de las bacterias en las aguas, tanto las de un grupo como las del otro, está influenciada por infinidad de circunstancias.

La cantidad de materia orgánica que contiene el agua, según sea mayor ó menor, puede, desde luego, por sí sola, influir en el número de bacterias, puesto que, siendo necesaria para la nutrición de las mismas, se desarrollan en tanto mayor número cuanto mayor proporción contenga un agua, en tanto que las que son pobres en materia orgánica no podrán sostener sino muy escaso número.

La concurrencia vital de las especies determina también la bacteriología de las aguas. Es lógico que aquellas especies de menores exigencias nutritivas y mejor armadas para la lucha por la vida, las que son menos sensibles á los cambios de temperatura, y, en una palabra, las más resistentes, sean las que vivan mejor en el agua.

En cambio aquellas que para su nutrición y multiplicación exigen condiciones más delicadas y exquisitas, viven generalmente poco en las aguas y llegan á desaparecer por

completo en ella en la lucha con las especies más fuertes. Esto es lo que ocurre por punto general con las bacterias patógenas, las cuales precisan para su vida medios ricos y sumamente nutritivos, como son los plasmas y tejidos de los organismos animales superiores, que necesitan también una temperatura de 37° (*eugénica*) para multiplicarse y otras condiciones que no encuentran en las aguas, por lo que se avienen mal á existir en la condición de bacterias proletarias, valga la frase. Y, sin embargo, la vida ó paso de estas bacterias por las aguas no es tan efímero que no dé lugar á la infección del organismo humano. Bolton ha comprobado la vitalidad del bacilo tífico durante *un mes* en el agua: Stranss y Dubawy durante *ochenta y un días* y Chantemesse durante *tres meses*. Vincent comprueba que el *Bacillus coli* vive durante dieciocho días. Yo, en el laboratorio, he comprobado su vitalidad veintiún días en un agua contaminada, puesto que hasta los veintidós días no conseguí siembras negativas. El bacilo disenterico vive varias semanas, sobre todo si se conserva el agua en la oscuridad. El *vibrión* cólico sólo vive veinticuatro horas, porque resiste peor aún la concurrencia de otras bacterias; pero, en cambio, en el agua esterilizada vive más tiempo, con la particularidad de que exalta su virulencia en presencia de ciertas especies, habiendo, en cambio, otras que impiden su desarrollo en el intestino, según Metchnikoff.

La agitación y el reposo modifican de un modo sensible el desarrollo de las bacterias en el agua, dificultando la primera y favoreciendo la segunda, siendo la principal causa de este hecho la de estar favorecidas las oxidaciones por medio de la primera, que pone en contacto del aire, sucesivamente, todas las capas de agua.

La luz solar tiene una acción directa sobre la vida bacteriana bien determinada. Los rayos solares poseen propiedades antisépticas y *microbicidas* á beneficio de los *ultravioletados* que de él nos llegan y que no han sido absorbidos por la atmósfera.

Es un hecho que en un agua contaminada intencionalmente y expuesta después á la luz solar, desaparecen en ella las bacterias con gran rapidez. Yo he tenido ocasión de observar en un agua natural que contenía gran número de gérmenes de varias clases, entre los cuales había *colibacilos*, y en la que pude contar más de 15.000 por centímetro cúbico de la totalidad de las especies, reducirse su número á menos de la tercera parte sólo con la exposición al sol durante cuatro horas.

A esa acción microbicida de los rayos solares, unida á la agitación y á la aireación de que ya hemos hablado anteriormente, se debe la depuración natural y relativa que sufren las aguas corrientes superficiales, que de otro modo contendrían un número mucho mayor de bacterias.

La formación de precipitados en las aguas que engloba y arrastra gran número de microbios, hace disminuir considerablemente el número de éstos, y precisamente en este principio están fundados algunos de los procedimientos de purificación artificial de las aguas de bebida, como hemos de ver más adelante.

La proximidad de poblaciones, el paso por terrenos cultivados y abonados, la mezcla con aguas residuales ó industriales, etc., etc., influyen poderosamente en el número y en las especies bacterianas que contengan las aguas, siendo digno de notar que las especies bacterianas y el número total de bacterias dan la característica á un agua,

como veremos más adelante al hablar de las condiciones de las aguas potables.

Como ya hemos dicho por adelantado, en las aguas hay que estudiar tres clases de bacterias, las *saprógenas* ó *saprafitos*, las *patógenas* y las *patógenas circunstanciales*.

Las primeras son las más numerosas y las más constantes en las aguas. Tienen su importancia y su papel higiénico porque luchan con ventaja, como ya hemos dicho más adelante, con las bacterias *patógenas*, las cuales viven en general poco tiempo en las aguas, ó influyen según las especies en el desarrollo y virulencia de otras especies *patógenas*, según ha estudiado Metchnikoff. Además, son las encargadas de descomponer la materia orgánica, restituyendo sus elementos al reino inorgánico. De suerte que, después de contribuir poderosamente á la desaparición de las *patógenas* en la lucha por la existencia, descomponen la materia orgánica que impurifica el agua, contribuyendo á las oxidaciones, tomando unos elementos, desprendiendo otros y dejándolos en el agua, mineralizados ó inofensivos.

Pero entre estas especies beneficiosas se encuentran otras, que por acompañar ordinariamente á las especies *patógenas* y ser indicio de grave contaminación, no está bien determinado su papel, y á ellas se achacan, con más ó menos razón, una porción de trastornos, que sin constituir especies morbosas definidas son al fin y al cabo alteraciones de la salud.

Las especies de bacterias *saprógenas* del agua y la sola enumeración de cada una es punto menos que imposible porque son muchísimas, y en cada región hay cierto número de ellas que predominan en relación á las demás.

Bonjean las ha clasificado y agrupado de un modo muy ingenioso y práctico para su estudio de la manera que exponemos á continuación, indicando de paso algunas especies de las más conocidas y abundantes. Esta clasificación está fundada primeramente en su morfología, divididas en dos grandes grupos. *Cocáceas* y *Bacteriáceas*, es decir, bacterias redondeadas y alargadas, y en segundo lugar, en dos de sus caracteres, el color de las colonias y la propiedad de liquidar ó no la gelatina de cultivo alrededor de las mismas.

NICOLÁS GÓMEZ TORNELL,
Médico Mayor.

Puerto de Valencia.

(CONTINUACIÓN) (1)

Aun hay que añadir otra consideración, y es la relativa al ángulo que forma el tramo segundo del dique orientado al Norte, $\frac{1}{4}$ NE. con la dirección del temporal NE., ángulo que es de $22^{\circ},30'$, y, por lo tanto, la violencia de las olas puede considerarse que ha llegado á la cifra de

$$F = \frac{16,67}{\cos 22^{\circ},30'} = 18,04 \text{ toneladas.}$$

Ahora bien: tanto Marv, en su Tratado de Mecánica aplicada, como Quinette, Cordemoy, Barberis, Bompiani, Laroche, etc., en sus obras de puertos fijan como límite del esfuerzo de las olas 30 toneladas por metro cuadrado.

(1) Véase el número anterior.

Puede, pues, considerarse la experiencia  que fué sometido el dique del Norte como concluyente para los temporales que suelen sucederse en el puerto de Valencia.

Esta es la opinión, además, de todos los marinos y prácticos de mar, cuyo primer deseo fué cerciorarse de que el dique había podido resistir su violencia, y por ello fué grande la acumulación de espectadores que quisieron observar cómo el tramo avanzado había desafiado valientemente al mar, saliendo victorioso de tan ruda prueba. Porque hay que notar que el último monolito apenas se hallaba consolidado, pues hacía dos días que se le habían quitado las paredes y tres que estaba confeccionado; con todo, resistió el empuje de 18 toneladas por metro cuadrado, equivalente  una velocidad de

$$V = \sqrt{\frac{F}{\frac{1,46 \text{ d}}{2g}}} = 15,18 \text{ metros por } 1''.$$

Y  una altura de

$$H = \frac{V^2}{20} = 11,50 \text{ metros.}$$

En el temporal último, uno de los bloques de coronación, de $5,40 \times 2,10 \times 1,875$ metros, del monolito número 42, comprendido entre otros tres de $4,60 \times 2,10 \times 1,875$ metros, desapareció sin dejar huella alguna de desperfecto ni en el monolito ni en los bloques que hay adosados  él. Este efecto es quizá el más inexplicable de los ocurridos, porque nada anómalo se había notado en aquel punto antes de la avería, y al estar el bloque completamente encajonado entre los otros tres, no teniendo libre más cara que la de sotavento, sin que resultara nada sobre sus vecinos, resultaba difícilísima su salida. Visto lo que sucedió con este bloque, ocurre pensar que haya sido motivada la cada porque los bloques de enlace de la hilada de asiento no se adosaban  las paredes laterales de los monolitos contiguos, dejando huecos perjudiciales, que permitieron el movimiento de empuje y absorción, el cual siempre resulta el más perjudicial, como ya la experiencia ha demostrado en este puerto. Esta es una de las razones que existen para exigir que los bloques de enlace se ciñan siempre en sus dimensiones perfectamente al hueco que han de rellenar.

ESTABILIDAD DEL MURO MONOLÍTICO.--No tiene, por lo demás, nada de extraño que el dique monolítico haya sufrido perfectamente los efectos citados, pues forma un todo homogéneo, y se pueden calcular las condiciones de estabilidad y de resistencia al deslizamiento, como los de una masa indeformable, lo cual no ocurre en los demás sistemas concertados.

Según indica el adjunto croquis, el momento del peso viene determinado de la siguiente forma (supuesto que las olas de 6 metros le dejan al descubierto en toda su altura).

$$Mp = \left\{ \begin{array}{l} 8,20 \times 7,50 \times 4,20 \\ 8,00 \times 2,60 \times 4,20 \\ 4,00 \times 3,30 \times 6,20 \\ 1,00 \times 1,20 \times 8,60 \\ 0,50 \times 1,00 \times 8,60 \end{array} \right\} \times 2,30 = 1.015 \text{ toneladas-metros.}$$

Para determinar el momento del empuje, hay que considerar que la dirección de los más fuertes temporales es la del EN, la cual determina un ángulo de 45° con el tramo 2. del dique, y admitiendo como valor máximo de la violencia de las olas 30 toneladas al nivel del mar, las pre-