

que ejecuta en dicho río, en Bárcena de Pie de Concha, provincia de Santander, la Sociedad Electra de Viesgo.

Se trata de un salto de 450 metros de altura, regularizado por un embalse cuya presa medirá 42 metros de altura y 145 metros de longitud. El canal tiene un desarrollo de 5.600 metros y se apoya sobre terrenos muy accidentados.

El aspecto técnico del asunto le había preocupado bastante, según pude apreciar por la naturaleza, variedad y número de los datos y referencias que más de una vez me pidió, pero llegó a plantearlo muy bien.

Se proponía realizar aquel trabajo con gran actividad y confianza en terminarlo en plazo muy breve. La casa y la familia le atraían más que nunca porque había realizado, ¡al fin! el anhelado deseo de tener una hija. ¡Todos sus hijos eran varones!

Por otra parte, su salud, bastante quebrantada en los últimos tiempos por el rudo trabajo de las obras y poco favorecida por el clima del Nervión, había mejorado bastante, se había fortificado en el tónico ambiente de la montaña santanderina.

Era feliz, completamente feliz. El nacimiento de la niña había colmado sus deseos. Le vivían los padres, que adoraban en el hijo único, y apegadas, como él, al terruño, las hermanas no le habían abandonado tampoco. Su vida, modesta, pero sin zozobras, porque no tenía ambiciones ni sentía más deseos que los satisfechos, era para él un placer y el porvenir una promesa, porque estaba en camino de asegurar el de sus hijos.

En esa época de plenitud, y en los mejores días de ella, es cuando hizo la muerte, siempre vigilante, su trágica e inevitable aparición. La traidora epidemia gripal, que tantas penas y dolores, viudeces y orfandades, ha sembrado en toda España y que tan duramente castigó a Bilbao en el pasado otoño, nos le arrebató certera.

Murió en Galdácano, en medio de los suyos, rodeado de todos los amores que tanto merecía y asistido por el anhelante deseo de un pueblo que pedía su vida a Dios con el mismo fervor con que después ha rogado por el eterno descanso de su alma.

Y ese pueblo—su pueblo—, todo él, sin distinción de clases ni de edades, unido por el sentimiento a la familia, como siempre lo estuvo en el corazón de Uriarte, acudió emocionado a rendirle en un acto memorable, de sobria e imponente austeridad, el último tributo de su sincera admiración y de su ferviente cariño.

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

EN RELACIÓN CON EL SANEAMIENTO DE LAS URBES

POR

D. FRANCISCO RICART Y GUALDO

(CONTINUACIÓN) (1)

Para el cálculo más aproximado, nunca exacto, he aquí la fórmula más admitida:

Dependiendo la evaporación de la temperatura y humedad del aire, es lógico admitir que es proporcional a $(F-f)$, siendo F la fuerza elástica del vapor emitido a la temperatura ambiente y f la del valor preexistente en el aire.

Respecto a la influencia de la acción del viento, empíricamente se establece:

$$E = \text{evaporación con viento} = e (\text{evaporación sin él}) + K \sqrt{v^2 \pm mv}$$

(1) Véase el número anterior.

en cuya ecuación v es la velocidad del viento y K un coeficiente que aumenta cuando crece el valor de $(F-f)$ y que viene representado por

$$K = K' \sqrt{(F-f)^2 + n(F-f)}$$

siendo K' , m y n coeficientes calculados para caso y lugar.

El cálculo de la evaporación en el terreno es más complicado que el que se acaba de mencionar y de resultados más inciertos todavía, ya que en aquél, de un modo más o menos exacto, poseíamos los datos suministrados por los evaporímetros, mientras que en éste, los datos que pueden proporcionar las observaciones son vagos, porque a las influencias del viento, humedad y calor, que son las mismas que en la evaporación en la superficie del agua, hay que sumar las de la naturaleza del terreno y de la capa de humus, sus pendientes, densidad y clase de vegetación, labores agrícolas, etc. Sólo la multiplicidad de experiencias en distintas zonas de la región podrá reportar utilidad, relativa solamente para el cálculo, a cuyo resultado no se le ha de dar más carácter que el de aproximado.

B) CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA POR EL TERRENO O DE INFILTRACIÓN.—La cantidad media anual se ha tratado de medir, bien con instrumentos de aplicación más o menos práctica, entre ellos el lisímetro de Wollny, bien por tubos de drenaje que recogen el agua que deja pasar una cierta capa de terreno; pero los resultados no corresponden a la realidad del fenómeno en la naturaleza y en una extensa región, fenómenos cuya complejidad es debida:

1.º A que el terreno no está constituido por una sola capa homogénea con canaliculos de calibre fijo, sino que lo está por una porción de estratos distintos, con intersticios, fisuras y cavidades diversas, y en muchos casos desconocidas.

2.º A que el colmataje de estos canículos, cavidades y fisuras, es variable con la duración e intensidad de las lluvias, el caudal de los manantiales inferiores, la evaporación superficial y la transpiración de las plantas.

3.º También la cantidad de agua de infiltración depende de la duración del contacto del agua de lluvia y el terreno, cuya duración, a su vez, viene influida por la configuración del suelo, y en especial de su pendiente.

4.º A las modificaciones que sufre la capa superficial del terreno, tales como las heladas, las labores de cultivo y la clase de plantas que en él viven.

En consecuencia, en un terreno dado existen la *potencialidad absoluta* de absorción, o sea la que corresponde a su grado de saturación o colmataje máximo en un momento dado, es decir, a la cantidad máxima de agua que puede absorber entre su estado de saturación y el de estado de desecación máxima; esta potencia absoluta depende del espesor, naturaleza y de las propiedades mecánicas de las capas que lo constituyen; la *potencia de absorción relativa* es la fracción de la potencia absoluta que resulta de restarle la cantidad de agua preexistente o el colmataje relativo del terreno en el momento de la observación.

Ultimamente, el dato de aplicación práctica será la cantidad efectiva de agua que absorbe el terreno bajo la acción de una lluvia o una serie de lluvias sucesivas de una época, o de un año; esta cantidad será la *absorción real*, que en algunos casos puede ser igual a la potencia relativa, siempre que con la lluvia o serie de lluvias que se observan se llegue al colmataje máximo o saturación del terreno, que ocurre pocas veces, debido o bien a que el agua caída es insuficiente, o que su contacto con la superficie del suelo no ha sido suficientemente duradero para obtener aquella máxima imbibición.

En realidad, no toda el agua de infiltración se resta de los

cursos de agua, sino que parte de ella, al salir a la superficie en forma de manantiales, se suma al caudal del curso de agua, que la reintegra al mar; otra parte del agua de penetración, en tiempo más o menos largo, se evapora, sumándose a la de evaporación superficial, evaporación que sólo se verifica en un espesor de terreno llamado zona de evaporación.

Hay que tener en cuenta, asimismo, que no toda el agua de infiltración reaparece en forma de manantiales al exterior de una cuenca, sino que hay capas profundas que pueden reintegrarse directamente al mar por manantiales suboceánicos, o que por esta misma topografía de los lechos de las capas subterráneas, afloran sus aguas en cuencas superficiales distintas de aquella en que ha tenido lugar la infiltración, es decir, que las divisorias de las cuencas superficiales no coinciden con las de las cuencas subterráneas. Ultimamente, considerando el terreno como un gran depósito de agua, la cantidad de ella que se almacena varía con las épocas, estaciones, número e intensidad de las lluvias; si al comenzar el año el depósito contiene poca cantidad de agua, la que caerá durante el resto del año no saldrá toda a la superficie, sino que se invertirá en llenar el depósito, de modo que el caudal de los ríos, por este concepto, no aumentará; en cambio, al año siguiente, con el régimen pluviométrico normal, los ríos se alimentarán con gran cantidad de las reservas del año anterior sumadas al caudal que proporcionen las lluvias de un modo inmediato.

De todo lo expuesto se deduce que el caudal del agua de un río en su desembocadura podrá expresarse del modo siguiente:

$$Q = C - e - a \pm r$$

siendo C la cantidad caída, según los datos de la red pluviométrica, $e = a$ la cantidad de agua evaporada en la superficie, $a = a$ las cantidades de evaporación interior y $r =$ las reservas retenidas por el terreno de que últimamente he hecho mención.

C) Para apreciar la cantidad de agua que corre por la superficie del terreno, parece que basta restar de la caída en lluvia la suma de la absorbida y evaporada. Este cálculo sería exacto si desde los primeros filetes que corren por la superficie del terreno, los arroyos, los torrentes y los ríos, fuesen tubos cerrados e impermeables. En la naturaleza, los filetes o corrientes superficiales mínimas desaparecen algunas veces, en todo o en parte, a causa de las evaporaciones y filtraciones; lo mismo ocurre en los cursos de más importancia, hasta en los ríos, pues muchos ejemplos existen, en los que se echa de ver la desaparición completa del agua en la superficie de un lecho, unas veces para no volver a reaparecer y otras emergiendo de nuevo, con notable disminución de caudal.

Para los efectos de abastecimientos de poblaciones, los aforos, en distintas estaciones del año, en los distintos tramos de los cursos superficiales que se crea que por su situación respecto a la urbe pueden proporcionar agua para su abastecimiento, dará los suficientes datos para apreciar la cantidad de líquido disponible.

Notables son los estudios de Ritter y Penck sobre esta cuestión; pero, aun sólo su exposición en líneas generales, daría un excesivo desarrollo a este trabajo.

Bástenos definir el *coeficiente anual* de un curso de agua, que es el cociente expresado por $\frac{D}{N}$ en el que D es el caudal total de un año, y N la altura total pluviométrica.

Estos coeficientes son poco semejantes en los distintos ríos, pues dependen de los climas, de la clase de terrenos de los valles y cuencas, de las pendientes, etc.; en una palabra, de las condiciones meteorológicas, topográficas y geológicas de cada caso. En 1889 M. Murray estudió los coeficientes anuales de varios

cursos, de los que sólo a título de curiosidad copio algunas de sus cifras. Para el Nilo halló la de 0,027, pasando por varios en orden creciente y de régimen torrencioso, hasta llegar al Ródano, que es, entre los que estudió, el que posee en más alto grado dicho carácter, y para el cual dedujo el coeficiente de 0,625. Aplicando el total del continente terrestre los resultados hallados para las 33 cuencas estudiadas, delujo que, de 122.500 kilómetros cúbicos de agua que en forma de lluvia se precipitan sobre la tierra, que corresponden a una altura media pluviométrica de 0,844 metros en 145 millones de kilómetros cuadrados, los ríos reintegran al mar 27.200 kilómetros cúbicos, o sea una fracción de la total de agua comprendida entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{3}$, reintegrándose el resto a la atmósfera por evaporación.

Cualidades físicas, químicas y micrográficas del agua de abastecimiento.

Es indudable que, como elemento de importancia suma para la resolución del problema del saneamiento de una urbe, la cantidad suficiente para todos los usos que antes he mencionado es condición *sine qua non*; con escasez de agua, el saneamiento será incompleto, defectuoso. Pero por grande que sea el caudal de abastecimiento, la salubridad de la población dejará que desear, si la calidad es inaceptable. En tiempos pasados, y no me refiero a fechas remotas, sino al anterior al descubrimiento de la teoría microbiana de Pasteur, no se tenía en cuenta para el agua de abastecimiento, más que sus cualidades físicas, químicas y organolépticas, es decir, su color (el azul en grandes masas), su sabor (sin sabor ni olor), su pureza química, su frescura y transparencia; y como reactivos, que cociese bien las legumbres y que disolviese bien el jabón. Cuando el agua emergía del interior del terreno se llamaba *agua de roca*, y por esta sola razón se la consideraba perfecta, ideal para el consumo. Si en las emergencias se criaban peces y berros se le extendía la patente de potable. El agua procedente de un manantial subterráneo se la consideraba aceptable, sin ulteriores investigaciones de su procedencia, pues no se distinguían para los efectos de su depuración natural los terrenos calizos de los de intersticios o permeables. La fuente de Vaucluse es ejemplo del error de nuestros antepasados; hoy las aguas de procedencia análoga a la de aquella, que por esta razón sus emergencias se titulan vauclasiánas, son objeto de horror de los higienistas.

Desde aquella época, el criterio de éstos relativo a las aguas de abastecimiento, ha evolucionado hasta tal punto, que un agua sólo se considera pura, cualquiera que sea su mineralización, en el caso en que no contenga sustancias procedentes de materias orgánicas en descomposición, o sea de los productos procedentes de la vida del hombre, de los animales y de las plantas, que al sufrir la putrefacción o fermentación, por el eterno ciclo de la transformación de la materia, descomponen la molécula orgánica en sus más simples elementos. En cambio, la mineralización para el agua, de bebida (excluyendo la de ciertos usos industriales y la necesaria para el lavado), ha decrecido en importancia para los higienistas, se toleran mayores dosis de sales hasta cierto límite, tolerancia exclusiva para la mineralización natural, que se deriva del contacto del líquido con el terreno, pues la que es debida a causas accidentales, como la causada por la presencia de cloruros, nitritos y nitratos, fosfatos y demás sales procedentes de la descomposición de materias orgánicas de origen animal, constituyen un indicio de contaminación que pondrá en guardia al bacteriólogo que ha de dictaminar sobre su potabilidad.

Al darse hoy importancia primordial a las cualidades biológicas, o mejor dicho bacteriológicas del agua de alimentación,

cualidades que si no se ajustan a los preceptos de la higiene, pueden dar lugar a las endemias y epidemias, ha hecho considerar como secundarias las cualidades físicas, químicas y micrográficas, que, si bien producen anormalidades en el organismo, en ciertos casos y en general a largo plazo, no revisten tanta importancia para la salud pública, sin que esta afirmación encierre la de que puede prescindirse de las investigaciones y análisis sobre la potabilidad por estos conceptos del agua de abastecimiento, y de aplicar los modernos y siempre eficaces procedimientos de corrección química y de purificación micrográfica.

El color y limpidez, la frescura, el sabor y el olor, son cualidades físicas que merecen la atención del higienista, ya que en muchas ocasiones tienen relación con las cualidades bacteriológicas y con las químicas. La temperatura de 17 a 15 grados hace agradable el agua, y aun ejerce no despreciable influencia en la reducción del alcoholismo, así como temperaturas más bajas o mayores podrán dar lugar a desarreglos fisiológicos y hacen repulsiva la bebida.

La composición química, en lo que a riqueza calcárea o grado hidrotimétrico se refiere, puede influir en el funcionamiento normal de ciertos órganos, por ser indigesta o dura, como vulgarmente se la llama, es decir, si está sobrecargada de carbonato de cal. En todas las naciones se fijó el máximo grado hidrotimétrico para las aguas de abastecimiento; pero, como antes he manifestado, actualmente, por los médicos e higienistas, se ha concedido mayor tolerancia, debido a la escasa influencia que ejerce en la salud pública y a que ya instintivamente la rechaza el hombre si su alcalinidad es excesiva.

El concepto que debe tenerse de la pureza química no es el que el agua contenga sólo oxígeno e hidrógeno como únicos componentes, sino, por el contrario, debe tener en disolución ciertas sales, tales como las de cal, de magnesia de sodio, etc., en proporciones que fijarán los competentes en esta materia. En cambio, el agua potable no debe contener ni ácido sulfúrico, ni amoníaco, que dan sospechas de infiltraciones de materias fecales y de ciertas aguas industriales; tampoco será aceptable si, por ejemplo, procediendo de terrenos dolomíticos y basálticos, contiene excesiva proporción de magnesia o materias orgánicas, que tanto influyen en la pululación microbiana, como acontece con las aguas turbosas: el cloro y los cloruros indican contaminaciones de agua de estercolero, de aguas sucias domésticas, etc.; los nitritos dan indicios de contaminación, porque, en general, proceden de la incompleta oxidación de la materia orgánica.

Del examen micrográfico del agua, se deduce que la que ha estado expuesta al aire contiene una multitud de corpúsculos, unos en suspensión, otros flotando en su superficie y algunos formando depósito, que examinados al microscopio resultan ser, o de procedencia animal, restos o elementos de vegetales y muchas partículas minerales, tales como óxido de hierro, caliza, arcilla, etc., y, últimamente, aparte de las bacterias, un gran número de seres vivientes microscópicos, constituyendo una fauna y una flora características y sumamente complejas; estos organismos y aquellas partículas pueden considerarse inofensivos y fácilmente eliminables por medio de una buena filtración, si bien merecen especial mención los parásitos intestinales en estado de huevos, embriones o larvas, cuya presencia hará sospechosa al agua de haberse contaminado con aguas negras, ya que, por ejemplo, los huevos de ciertos nemátodos, puestos por el gusano adulto que se aloja en los intestinos, son expulsados con las materias fecales, dispersados, y por su pequeñez pueden ser arrastrados por las aguas superficiales y aun a las profundidades en los terrenos de fisuras. El agua constituye un vehículo y un medio apropiado para la metamorfosis de esos minúsculos seres.

Reintegrados, una vez convertidos en gusanos, al organismo humano, pueden dar lugar a anormalidades hasta tal punto, que, según Metchinkoff y Guiart, los helminthes, por las lesiones que producen en la mucosa intestinal, pueden ser los agentes inoculadores de bacterias patógenas y constituir una causa indirecta de enfermedades infecciosas.

Esta sucinta enumeración de las cualidades físicas, químicas y micrográficas del agua, considero que es suficiente, porque los límites de este trabajo no permiten ser más prolijo, y por la razón de que su estudio es de secundaria importancia para el saneamiento de las poblaciones, comparado con la trascendental o, mejor dicho, capital del estudio de las cualidades microbiológicas, que por su influencia en la salubridad, entiendo merece preferente atención.

Contaminación microbiana del agua.

I. ORIGEN DE LA MATERIA ORGÁNICA.—Puede afirmarse que toda la materia orgánica tiene su origen en los vegetales; éstos, bien directamente, bien sufriendo transformaciones diversas dentro del organismo de los hombres y de los animales, la restituye a la tierra en forma de residuos de todas clases, tales como excreta, aguas residuales, cadáveres, basuras, estiércoles, etc., de modo que la materia orgánica animal no es otra cosa que una transformación de la vegetal, o lo que es lo mismo, las células vegetales de distintos órdenes, desde las plantas a las bacterias, son capaces de crear la materia orgánica.

He aquí, aunque sólo sea descrito de un modo esquemático, el proceso de la formación de esta materia orgánica: sobre los elementos minerales del suelo los vegetales la depositan, extrayendo de la atmósfera sus componentes constitutivos, que son el carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el ázoe.

Por efecto de la influencia de la luz, las plantas descomponen el ácido carbónico de la atmósfera, apoderándose del carbono por la acción de ciertas materias colorantes y desprendiendo el oxígeno resultante de esta descomposición; de la comparación de la cantidad de ácido carbónico desaparecido del aire con la de oxígeno desprendido por la respiración vegetal se deduce la acción purificadora de las plantas bajo la influencia de la luz.

Asimismo los vegetales se amparan de los dos elementos constitutivos del agua, el oxígeno y el hidrógeno, y esta asimilación es simultánea a la del carbono, si bien la cantidad de hidrógeno asimilada es mayor que la necesaria para constituir su materia carburada, utilizándose este exceso para la formación de ciertos cuerpos poco oxigenados de procedencia vegetal, tales como carburos, resinas, etc.

Del aire atmosférico también procede el ázoe de los vegetales, cuya asimilación, según observaciones de Berthelot, es debida en gran parte a influencias eléctricas, que hacen aquel gas más asimilable, oxidando una pequeña cantidad y produciéndose de este modo ácidos nitroso y nítrico.

Sabido es el gran poder fijador del ázoe en la tierra por el cultivo de las gramíneas y leguminosas, debido, sin duda, a la presencia de ciertos gérmenes en sus nudosidades, que juegan un papel análogo al del clorofilo para la asimilación del carbono, sin cuyos gérmenes la asimilación del ázoe no se verifica o tiene efecto de un modo defectuoso.

Así han comprobado Berthelot y Winogradski la presencia en el terreno de gérmenes aerobios y anaerobios, que son los agentes principales para ampararse del ázoe del aire.

Las plantas, al asimilarse los cuatro elementos, los sintetizan, los combinan, creando la materia orgánica, pudiéndose dar por cierto el principio de Schloesing (*Principios de química*

agrícola) de que toda materia orgánica está constituida por la *synthesis vegetal* de elementos de la atmósfera.

El sinnúmero de materias orgánicas que por esta causa o acción sintética se originan, de distinta constitución molecular todas ellas, se esparcen por el terreno al morir las plantas originarias o con el desprendimiento de algunos de sus órganos al hacerse necesaria la renovación, transformándose durante su permanencia en él por acciones atmosféricas y químicas, formando esa capa indeterminada llamada de materia orgánica, o sea el *humus*.

En presencia de las sales básicas, como carbonato de cal y de magnesia, la reacción del humus es alcalina y constituye un medio de cultura para los gérmenes que le transforman en productos oxidados.

En ausencia de las bases, la reacción del humus es ácida, y aquellos gérmenes por esta razón no viven, y de aquí que la solubilización y oxidación no tienen lugar. Esta es la razón por qué en esta clase de terrenos, al ser inundados, pueden subsistir materias imputrescibles como la turba.

II. LOS MICROBIOS EN EL TERRENO Y RESISTENCIA DE LOS PATÓGENOS. — El depósito de toda clase de gérmenes es el terreno; los saprófitos tienen en él su medio normal de vida; los patógenos o nocivos, los específicos de las enfermedades de carácter infeccioso, de los hombres y de los animales se depositan en él por medio de las materias fecales, las aguas residuales, las ropas sucias, las expectoraciones, las desquematones, las secreciones, los cadáveres, etc., etc.

Una parte de estos microorganismos se difunde en la atmósfera si el terreno por su sequedad no los fija, arrastrados por las corrientes de aire; otra parte se introduce en el terreno o es llevada a los cursos de agua, según la distribución de este líquido al caer en lluvia.

Si bien la materia orgánica del suelo es medio apropiado de vida más o menos larga de los gérmenes, cierto es también que las diversas condiciones del terreno contribuyen a su aniquilamiento; tales son la competencia vital de los gérmenes entre sí, que se destruyen mutuamente, la luz, la sequedad, etc., aniquilamiento que se compensa por nuevos depósitos de materia orgánica, por otros nuevos productos contaminados de origen animal y por la humedad que estimula la polifерación.

Al tratar de determinar el número de gérmenes del terreno se ha llegado a la conclusión de que disminuyen, aunque de un modo no uniforme, con la profundidad; así Reimers halló en un campo de cultivo:

	Gérmenes por centímetro cúbico.
En la superficie.....	2.564.800
A 2 metros (arcilla).....	23.100
A 3,50 ídem (grava).....	6.170
A 4,50 ídem (arena).....	1.580
A 6 ídem (gres).....	0

Kremer, en un terreno arcilloso con capa de humus, halló:

A 0,20 metros de profundidad.....	650.000 por gramo.
A 1,65 ídem de íd.....	Sólo algunos.

Monsieur Miquel contó 1.000 millones de gérmenes por centímetro cúbico en el barro de las calles de París y 10.000 millones en el terreno del jardín de Montsouris, a 20 centímetros de profundidad.

En la superficie del suelo de Turín encontró Maggiora 32 millones de gérmenes por centímetro cúbico y 18.000 gérmenes a 3 metros de profundidad; de estas cifras se deduce que la pululación máxima reside en la superficie.

La cantidad de gérmenes de las capas superficiales del terreno viene influida por la temperatura, el soleamiento, el estado higrométrico, la intensidad de los vientos, etc.

También varía con la naturaleza del terreno; los porosos retienen mayor cantidad que los compactos.

He aquí las cifras halladas por Maggiora para algunas clases de terreno:

	Gérmenes por centímetro cúbico.	
Rocas antiguas.....	2.800 a	10.600
Rocas terciarias.....	1.650 a	1.500
Rocas volcánicas.....	27.500 a	29.000
Terreno turboso.....	17.200 a	160.000
Terreno de aluviones.....	45.000 a	128.000
Terreno cultivado.....	60.000 a	11.275.000

Los cadáveres que depositan en el terreno gran cantidad de materia orgánica, son estimulantes para la polifерación de los gérmenes; así Miquel ha hallado en el cementerio de Montparnase, de París, 29 millones de gérmenes por centímetro cúbico en la superficie, y 5.900.000 a 2,50 metros de profundidad. En cambio, Bonjean encontró en un cementerio rural a 50 metros de altitud, constituido por terreno arcilloso y ferruginoso, las cifras siguientes:

	Gérmenes por centímetro cúbico.
En la superficie.....	1.200.000
A 0,50 metros.....	28.000
A 1,00 ídem.....	700
A 1,50 ídem.....	10

La pequeña cantidad de gérmenes en la superficie de este caso, y el rápido descenso de la cantidad al aumentar la profundidad, se explican por la acción bactericida o antiséptica de las sales de hierro y de alúmina, y prueba de esto es que en terrenos arcillosos y ferruginosos los cadáveres sufren una descomposición muy lenta, llegándose en algunos casos a la momificación.

Para los efectos de este estudio sólo interesan los gérmenes patógenos del suelo, que son los únicos que pueden contaminar las aguas que por él corren, por cuya razón sólo de éstos daremos las cifras de su resistencia.

BACILO EBERTH (tífico). — Según Grancher, este bacilo puede vivir hasta cinco meses y medio en la tierra esterilizada y a una profundidad de 20 a 50 centímetros.

Otros bacteriólogos, de sus experiencias dedujeron: a) Que el bacilo tífico no penetra más de 50 a 60 centímetros por debajo de la superficie del terreno. b) Que el bacilo tífico muere en menos de tres días, cuando la capa freática de agua está en contacto con él.

Una porción de experimentos han dado resultados muy diversos, algunas veces contradictorios, debido indudablemente a que el bacilo Eberth se confunde a menudo con otros de caracteres parecidos. Monsieur Macé resume los resultados del mayor número de las experiencias que ofrecen garantías, diciendo que cuando coinciden todas las condiciones convenientes, el bacilo tífico puede conservarse mucho tiempo en el suelo, especialmente en las capas profundas.

BACILO DE KOCK (*tuberculosis*). — Desde la indeterminada cifra de muchos meses hasta noventa y cinco y cuarenta y nueve días, han señalado como duración de vida de este germen, diversos bacteriólogos, en los estercoleros y materias fecales.

BACILO DEL TÉTANOS. — Miquel le ha atribuido virulencia a los dieciséis años. Lösenner, en los cadáveres enterrados lo halló virulento a los doscientos treinta y cuatro días y muerto a los trescientos sesenta y un días.

CARBUNCLO.—Después de diecisiete años del enterramiento de un animal muerto de esta enfermedad, Pasteur y Roux han encontrado su germen en la tierra próxima al cadáver.

BACILO DEL CÓLERA.—Se ha comprobado que este germen en el terreno seco muere a los tres o cuatro días; que vive de veintiocho a sesenta y ocho días si la tierra es húmeda; en verano se multiplica a 3 metros de profundidad y a 1,50 metros en las demás estaciones; en los cadáveres enterrados se ha hallado a los veintiocho días y a los diecisiete días en los no enterrados; este germen es uno de los más frágiles y más fácilmente destruido por los saprofitos que de ordinario pululan en el terreno.

BACILO DE LA PESTE.—Vive en el polvo del aire, que al ser aspirado puede dar lugar a la enfermedad. En los cadáveres enterrados subsiste durante quince a veinticinco días.

PNEUMOBACILO FIEDLANDER.—En los cadáveres enterrados vive hasta veintiocho días.

BACILO DE LA DIFTERIA.—En el terreno muere a los veintiocho días.

La defensa natural contra los gérmenes patógenos son los gérmenes saprofitos del terreno; esta es la razón principal de la poca vida de aquéllos, si bien los esporos de algunos de ellos difícilmente destruibles, no es fácil eliminarlos; tal ocurre con el bacilo del carbunclo y del tétanos. Las infecciones producidas por los gérmenes patógenos en las aglomeraciones urbanas y en sus proximidades, se inician por contaminaciones del agua, de los alimentos, etc., y se continúan por contaminaciones sucesivas en las mismas poblaciones, y esta es la razón de porque anulada la causa de la contaminación inicial y evitadas por el aislamiento y la desinfección las contaminaciones ulteriores, desaparecen rápidamente las epidemias; las de larga duración, especialmente las de origen hídrico, se deben a que generalmente los puntos contaminados de largos viajes de aguas han tardado en ser conocidos. Por la corta duración de la vida de los gérmenes patógenos, sólo puede subsistir una epidemia por nuevas contaminaciones en el origen.

Las cifras que se han mencionado de resistencia de los gérmenes puede servir de norma al ingeniero que ha de explorar el terreno para obtener una captación de agua higiénica, si bien no se les puede atribuir exactitud matemática, porque en general la coincidencia de los resultados de los análisis no existe.

Aguas superficiales.

Parte de los gérmenes saprofitos y patógenos y las materias orgánicas de origen animal y vegetal que impurifican la superficie del terreno, son arrastrados por el agua que no es absorbida por él, yendo a parar a los ríos y a los lagos.

El abastecimiento de agua de este origen ha sido y es aún en general reputado de antihigiénico, ya que los ríos y lagos naturales y artificiales (pantanos), en los países pocos celosos de salubridad, reciben directamente, sin tratamiento previo, las aguas residuales, las industriales y demás inmundicias que constituyen el flujo de las poblaciones ribereñas de los cursos principales y sus afluentes. Cuando se consideraba axiomático que toda agua captada a gran profundidad del terreno, por esta sola circunstancia, presentaba garantía de ser higiénica, es decir, bacteriológicamente pura, había muchos recursos para adquirir agua subterránea suficiente para las necesidades de las aglomeraciones urbanas; pero hoy que estos centros poblados crecen constantemente, formando urbes de muchos cientos de miles de habitantes; hoy que la educación higiénica y el desarrollo de la industria crecen, y, por consiguiente, es mayor la cantidad de agua por habitante, que se reputa necesaria para llenar todas las necesi-

dades, y desde que los estudios geológicos y bacteriológicos han demostrado que no toda el agua subterránea es higiénicamente potable, ni está exenta de materias orgánicas que puedan fermentar en ella, es difícil, dentro de los recursos económicos normales, abastecer a una gran aglomeración urbana, y no ha quedado otro recurso que echar mano del agua de superficie, que, dados los procedimientos modernos de esterilización puede llenar todas las condiciones de potabilidad.

Como principio, se puede afirmar que el agua de los ríos, de los lagos y de los pantanos no debe emplearse tal como de ellos se deriva para el abastecimiento de las poblaciones, salvo casos muy excepcionales, que contadas veces ocurren en la práctica, que son aquellos en que por su situación con relación a otros centros poblados o productores de materias orgánicas y de gérmenes, no los recoge en toda la cuenca o superficie que los alimenta; a pesar de los modernos y eficaces procedimientos de esterilización, siempre será, no sólo conveniente, sino necesario, proteger los cursos de agua contra las contaminaciones, por el vertido en ellas de las aguas residuales y de las industriales, porque, a más de ocasionar una contaminación exagerada difícil de anular, la enturbian con gran cantidad de materias en suspensión; la gran dosis de materias orgánicas con que la cargan la hacen a propósito para que en ella se desarrollen multitud de gérmenes, y llegan a aniquilar la fauna y la flora del río, y aun la flora de los terrenos que las utilizan para riego, porque las originadas por ciertas industrias y las residuales son pobres en oxígeno; y, finalmente, por los depósitos que aportan a las orillas, que pueden ser causa determinante del desarrollo de epidemias en las poblaciones próximas.

Por estas razones, el aprovechamiento de las aguas superficiales para las distintas necesidades del hombre, y especialmente para la alimentación, exige que su protección se estudie con atención preferente por el higienista y por el legislador; de este estudio, de cuantas medidas y preceptos se establezcan para conservar y aumentar la pureza de las aguas conducidas por los ríos, dependerá el estado sanitario de extensas comarcas, no sólo situadas en sus valles, sino también apartadas de ellos, las cuales, gracias a los modernos progresos de las ciencias, puedan abastecerse de agua procedente de los cursos lejanos.

La mezcla de las aguas residuales de una urbe sin previa depuración, con las de un río, es evidente que aportará elementos nocivos, no sólo para hacerlas inadmisibles para la alimentación, sino para los habitantes de las orillas aguas abajo, que sufrirán los perjuicios de las putrefacciones, de las impurezas que floten en los remansos y puntos muertos, y las emanaciones determinadas por las descomposiciones de los sedimentos orgánicos.

Sin embargo, esta contaminación de los cursos de agua cesa en cierto punto, a partir de distancias variables aguas abajo de aquel en que se verifica el vertido; en este trayecto la *autodepuración* ha tenido lugar, en cuyo proceso han intervenido decantaciones, reacciones químicas, degradaciones microbianas, que por su complejidad es difícil precisar. Las acciones físicas, químicas y biológicas son los agentes depuradores; la luz solar, con sus rayos de corta longitud de onda, que son eminentemente bactericidas; el calor, estimulante de fermentaciones aerobias, facilitando la acción nitrificadora de los gérmenes; la velocidad del río, en lecho más o menos rugoso, que favorece la aeración, y, por consiguiente, la oxidación de las materias orgánicas; el caudal, que las diluye, son los elementos activos de la depuración; es innegable que su carácter es biológico, es decir, que los verdaderos agentes mineralizadores son esos gérmenes o fermentos aerobios, cuya acción viene facilitada por las causas físicas y mecánicas; gérmenes que, al parecer, una vez determinada la depu-

puración, desaparecen, destruidos a su vez y arrastrados al fondo de los ríos por las partículas sólidas a que están adheridos, destrucción debida también a la falta de elementos nutritivos que han disminuido con la dilución.

Cierto es que existe un límite para que la depuración sea un hecho, límite que viene determinado por la cantidad de oxígeno, bien libre, bien combinado, pero fácilmente reductible, que contienen las aguas del río, comparada con la cantidad de materia orgánica que es preciso oxidar. Cuando esta relación no llega al límite necesario, la oxidación es incompleta, produciéndose, en cambio, reducciones y fermentaciones, con el correspondiente desprendimiento de gases fétidos, como el hidrógeno sulfurado, gas de los pantanos, etc.; en una palabra, en vez de la depuración se verifica la putrefacción, notándose en los puntos en que ésta es más intensa, como ocurre en los próximos al del vertido, la ausencia de plantas acuáticas verdes, vense los fondos de color negruzco por la adherencia a ellos del *Leptomitris* gris o negro; cuando la dilución aumenta, cuando por distintas causas el oxígeno crece en proporciones, la depuración va efectuándose progresivamente, apareciendo ya las algas verdes alimentadas por los nitratos formados; las especies animales acuáticas viven y se multiplican normalmente cuando la autodepuración es completa. La distancia a que ésta se verifica a partir del punto del vertido, depende de la variabilidad de los agentes que intervienen, de las circunstancias especiales de cada caso; en general, la autodepuración es muy lenta, y en rarísimos casos será permitido aprovecharse ella para evitar la depuración previa de las aguas residuales antes de verterlas a los cursos de agua, pues, en general, los puntos habitados agua abajo estarán a menor distancia que aquella en la que la autodepuración tiene lugar, y estos poblados, a su vez, aportarán nuevas impurezas al curso del río. Las inmundicia, líquidas de Chicago, vertidas al Illinois, han de recorrer más de 500 kilómetros antes de depurarse, en un caudal diez veces mayor que ellas.

Las aguas del alcantarilla de Breslau, vertidas al Oder, a la distancia de 32 kilómetros contienen aún un 5,22 por 100 de amoníaco, que atestigua la existencia de materias orgánicas, de la cantidad que contenían al hacerse el vertido. He aquí por qué es difícil y expuesto a errores determinar las circunstancias en que las aguas residuales podrán verterse a los cursos de agua.

Pettenkofer establece que el vertido podrá ser tolerado siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- 1.ª Que la dilución en el estiaje sea de 15 a 20 veces.
- 2.ª Que la velocidad del río sea superior a la del vertido o de un modo general de 0,60 metros por segundo.
- 3.ª Que no se viertan materias de origen industrial de tal composición química, que impidan o entorpezcan los procesos biológicos de la autodepuración.

Todos los higienistas coinciden en la conveniencia y en la utilidad, para facilitar la autodepuración, de someter las aguas residuales antes de su vertido a los cursos de agua, a un tamizado o decantación, que impidan que vayan a ellos las materias en suspensión.

En Inglaterra la 2.ª *Rivers Pollution Comission* acordó que no podía verterse a los cursos de agua ningún líquido:

- 1.º Que contenga más de 30 miligramos por litro de cuerpos minerales en suspensión, o más de 10 miligramos de cuerpos orgánicos no disueltos.
- 2.º Que contenga más de 20 miligramos de carbono orgánico o más de 3 miligramos de ázoe orgánico disuelto.
- 3.º Que a la luz del día, en recipiente de porcelana de 35 milímetros, no sea incoloro.

4.º Que contenga más de 20 miligramos de un metal distinto del potasio, sodio, magnesio y calcio, o más de medio miligramo de arsénico.

5.º Que después de la acidificación por el ácido sulfúrico, contenga más de 10 miligramos de cloro libre.

6.º Que contenga más de 10 miligramos de azulre en forma de gas sulfhídrico o sulfuro soluble.

7.º Que tenga una acidez superior a 2 gramos de ácido clorhídrico, o una alcalinidad mayor de un gramo de hidrato de sodio.

Rideal ha propuesto una fórmula para determinar la capacidad depuradora de un río, mejor dicho, las condiciones que éste y las aguas residuales han de cumplir, para que la autodepuración sea posible; estas condiciones se cumplirán siempre que se verifique la siguiente igualdad:

$$XO = G(M - N)S + C$$

siendo:

O = cantidad de oxígeno disuelto en el agua del río por unidad de volumen.

S = volumen de las aguas residuales.

M = oxígeno consumido por unidad de volumen de ellas.

N = cantidad de oxígeno utilizado bajo la forma de nitratos y nitritos.

C = constante.

Stearn deduce de algunas observaciones prácticas, que cuando el caudal del río es menor de 57 litros por segundo, para las aguas residuales producidas por 1.000 habitantes, siempre habrá contaminación. Si el caudal es superior a 225 litros por segundo para el mismo volumen de inmundicias líquidas, no habrá contaminación posible.

Johnson resume las conclusiones de Hering, diciendo que cuando las aguas de alcantarilla se diluyen en un volumen de agua de río de 35 a 44 veces mayor que ellas no hay que temer, ni es posible, la contaminación; pero que si esta dilución se hace en 16 a 23 volúmenes, la contaminación es probable.

Todas las reglas indicadas se han verificado y comprobado por la experiencia, sin que esto signifique que pueda dárseles carácter general, pues hay factores variables en cada caso, como presión atmosférica, horas del día, temperatura, etc., que influyen de un modo notable en el poder depurador de un curso de agua y en la velocidad en que la autodepuración se verifica.

Como medio de apreciar *a priori*, la conveniencia de verter a un curso de agua las de alcantarilla, sin perjuicio de comprobar, una vez verificado el vertido, la putrescibilidad y grado de depuración obtenidos, la regla de Pettenkofer será de uso práctico.

La clarificación previa será siempre conveniente, porque facilitará la autodepuración y evitará los depósitos de materias sépticas en los remansos y orillas.

Alemania, que tan caudalosos cursos de agua posee, somete, en general, las aguas residuales que a ellos quiere verter, a un tamizado a través de malla de 3 milímetros, en algunos casos a decantación y precipitación química, y, finalmente, hace el vertido atendiéndose a las reglas de Pettenkofer:

En la Exposición de Higiene de Dresde, la ciudad de Hamburgo expuso el modelo de la prolongación de su emisario o colector, hasta el lecho del Elba, por medio de tres tubos de 2 metros de diámetro, provistos en su entrada de rejas articuladas para la retención de materias sólidas, todo ello para lograr que el vertido se haga en los filetes centrales y profundos del curso de agua. El estudio de las reglas y preceptos que han presidido al vertido a los ríos de las aguas residuales de multitud de ciu-

dades alemanas, constituye el mejor tratado de esta importante rama de la ingeniería sanitaria.

De todo lo que se acaba de exponer, se deduce lo incierto que es la depuración del agua de los ríos, aun en el caso de que las poblaciones que vierten en ellos su flujo, la depuren, pues es evidente que la autodepuración, si bien eliminará multitud de gérmenes patógenos y materias orgánicas, no alcanzará la destrucción completa, aparte de que las innumerables causas de contaminación que existen en los recorridos de los ríos, se sumarán a las inherentes al vertido de las aguas residuales. En consecuencia, con lo dicho se comprueba el principio higiénico de que para el abastecimiento de las urbes, las aguas de río deben siempre esterilizarse.

Los pantanos o lagos artificiales, cuya construcción modernamente tanto se intensifica para atender a numerosas necesidades, tales como la producción de fuerza motriz y de aquí la energía eléctrica de gran voltaje que tan fácilmente es transportable a grandes distancias, la alimentación de canales navegables, el riego cultural y el abastecimiento de poblaciones, necesitan cumplir condiciones especiales cuando a este último objeto se les destina y tomar durante su construcción algunas precauciones para obtener la mejor agua posible. Los pantanos, al igual que los lagos naturales, gracias a su gran capacidad, permiten una gran sedimentación de microbios y demás materias en suspensión. Sus aguas si se derivan a gran profundidad serán frescas, pero en cambio la gran producción en sus fondos de protozoarios y de algas y las contaminaciones que sufren los ríos que alimentan a estos grandes depósitos, exigen la esterilización antes de ser empleadas sus aguas para el abastecimiento.

(Continuará.)

EN LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE ZARAGOZA

INICIATIVAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL DE ARAGÓN

«El Ebro y Zaragoza. Horizonte de las posibilidades de Aragón». — Conferencia del ingeniero D. Manuel Lorenzo Pardo.

En la penúltima conferencia del curso organizado por la Academia de Ciencias disertó el ilustre ingeniero D. Manuel Lorenzo Pardo acerca del tema «El Ebro y Zaragoza. Horizonte de las posibilidades de Aragón». Con verdadera sugestión fué escuchado tan profundo estudio, cuyo extracto ofrecemos a continuación:

La conferencia viene a ser una prolongación de la anterior, de la que sirvió de inauguración al curso académico actual y está dedicada a reforzar los argumentos y ampliar las explicaciones que sirvieron de base a las categóricas afirmaciones hechas en aquélla.

Las dos reposan sobre un mismo principio y obedecen a una misma idea, la de que los factores geográficos imperen sobre todas las manifestaciones de la actividad humana. España en Europa y Aragón en España tienen una personalidad muy vigorosa porque los rasgos geográficos correspondientes están muy acusados.

La historia de Aragón gira alrededor de tres elementos naturales, el Pirineo, la estepa y el Ebro. El Ebro ha sido el límite, la suprema aspiración de todo movimiento de avance, lo mismo en el terreno político que en el militar y en el económico. Conquistar el Ebro equivale a redimir el suelo aragonés, a la creación de un Aragón nuevo, rico, floreciente y expansivo. Los rie-

gos pirenaicos han ido avanzando de Este a Oeste y van conquistando la estepa, pero la labor redentora ha quedado detenida al llegar el Ebro.

A continuación hizo un estudio de conjunto de los riegos de la región indicando la gran fuerza hidroeléctrica disponible.

La gran extensión de los primeros y la enorme abundancia de la segunda, señalan las características de la industria aragonesa, industria que exige el movimiento de grandes masas. Por esta causa los transportes tienen más en Aragón que en parte alguna, una importancia decisiva.

España, país de cultura tradicional, es joven desde el punto de vista del aprovechamiento de sus riquezas; las vías de comunicación y los ferrocarriles, particularmente, pueden desempeñar aquí una misión colonizadora impulsora de riquezas latentes y desconocidas.

Mas para evitar la repetición de fracasos, hay que seguir concienzudamente, con verdadero fervor, las imposiciones de los factores geográficos en su más amplio sentido, no limitados a la orografía local o a exigencias circunstanciales.

Las líneas de comunicación obedecen a influencias mundiales y no son una excepción las de España, antes al contrario, nuestro país está llamado a servir de paso a líneas de excepcional importancia.

A Zaragoza, por su situación, le interesa vivamente este problema. La línea natural de comunicación colectiva del tráfico peninsular es la del Ebro; dicha línea ha de servir de apoyo con el tiempo a todas las demás.

En relación con ella, como más importante pueden señalarse otras longitudinales y transversales, incluyendo entre éstas a las de paso, las pirenaicas; las primeras serían de instrumento de la exportación, las segundas el elemento más valioso de la comunicación interior.

En el Ebro se navega hoy a la vela, a la sirga y a vapor. Antes era el medio más cómodo y rápido para comunicar Zaragoza con el mar. La historia de la navegación en el Ebro encierra muy provechosas enseñanzas, que los historiadores aragoneses, Abizanda, Valenzuela, Giménez Soler y Miral deben poner de manifiesto haciendo un estudio crítico de la cuestión.

El tráfico era muy importante en la época romana, subiendo las embarcaciones hasta cerca de Logroño; continuó el movimiento de transportes durante la dominación árabe, pero a fines de la Edad Media, la codicia de los señores feudales dificultó la navegación y con ellos se perdieron las obras realizadas. En 1401 el Concejo de Zaragoza señaló una cláusula en la construcción del puente de Piedra, dispuesto en forma que se pudiera adaptar una puerta corrediza.

Jordán de Asso dice que con Juan I era Tortosa la escala comercial con Cataluña. En 1391 se hicieron obras muy costosas en el Ebro: Zaragoza proyectó una gran acequia de navegación en tiempo de los Reyes Católicos. En 1528 pidió la ciudad apoyo al Emperador: el Rey aceptó la concesión y éstos fueron los primeros pasos de la construcción, que se acordó en 1637, y en 1678 se acordó hacer del Ebro un río navegable con puerto de salida al mar.

Expuso el Sr. Lorenzo Pardo notas gráficas demostrativas de la antigua importancia de la navegación.

Como intentos más recientes figuran el canal marítimo de Conrad, el hecho por la Empresa de transportes de Zaragoza a Barcelona, de Misley, y la solicitud de D. Juan Bruil.

Se hizo después una concesión a M. Pourcet y un traspaso a la Compañía anterior a la actual, Real Compañía de Canalización y Riegos del Ebro. El Sr. Lorenzo Pardo estudió la ejecución de las obras, escalonamiento del perfil, construcción de esclusas con