

MAPA TOPOGRÁFICO Y GEOLÓGICO DE LA PROVINCIA
DE BUENOS AIRES

APUNTES DE VULGARIZACIÓN
SOBRE LA
DEPURACIÓN BIOLÓGICA
DE LAS
AGUAS CLOACALES

POR EL DOCTOR

Luciano Haumann Merk

Bacteriólogo botánico
del Mapa Topográfico y Geológico



CON UN PLANO

LA PLATA

TALLER DE IMPRESIONES OFICIALES

1910

48
—
E

La Depuración biológica de las aguas cloacales ⁽¹⁾

*Señor Director del Mapa Topográfico y Geológico
de la Provincia de Buenos Aires,
doctor Francisco P. Moreno:*

El desarrollo continuo de las ciudades de la provincia de Buenos Aires, de las cuales varias se aproximan ó pasan de los diez mil habitantes, así como la persistencia de la fiebre tifoidea que reina endémicamente ó reaparece periódicamente en más de una de ellas, llama la atención sobre las condiciones higiénicas en que se encuentran estas ciudades.

En efecto, tan pronto como alcanza una aglomeración humana cierto grado de importancia y sobre todo de densidad, se impone de una manera imprescindible, como cada uno lo sabe, la instalación de una red de cloacas. Pero esto no basta porque, una vez establecida esta red, hay que resolver el ingrato problema de la destrucción, utilización ó depuración de las aguas residuarias colectadas por ellas.

Pasaré rápidamente en revista los procedimientos más comúnmente empleados, pero el objeto del presente folleto

(1) Folleto de vulgarización.

será exponer el mecanismo y las ventajas del más moderno de ellos y que verdaderamente parece ser el procedimiento del porvenir, la *Depuración biológica*.

El procedimiento es de origen inglés y hace unos doce años que se publicaron los primeros trabajos sobre el asunto. Desde aquel entonces se modificó y se perfeccionó mucho, pero es solamente después del año 1900 que entró verdaderamente en la práctica. Hoy en día más de ciento veinte ciudades inglesas lo emplean, entre las cuales las hay de importancia muy diversa: unas, como Ivybridge de 2000 habitantes, con una producción de 550 metros cúbicos de aguas de cloacas por día; otras, como Manchester (550.000 habitantes) y Birmingham (800.000 habitantes) que tratan por epuración biológica respectivamente desde 1905 y 1900 cantidades de 140.000 y 115.000 metros cúbicos diarios. Siempre el sistema biológico dió los mejores resultados.

Sobre el continente europeo se generalizó menos y en Alemania hay sólo veintiuna ciudades que lo emplean.

En Francia, París y Tourcoing lo están estudiando y la ciudad de Tolón lo instala.

Tuve anteriormente la ocasión de ver funcionar y de estudiar la depuración biológica en Lille (Norte de Francia). El renombrado Instituto Pasteur de esta ciudad instaló una pequeña estación de depuración en uno de los suburbios, donde tratan 500 metros cúbicos por día, lo que equivale á la producción de una ciudad de 4—5000 habitantes. Desde cinco años, bajo la dirección del doctor Calmette, siguen sus investigaciones científicas y prácticas sobre la cuestión, y las importantes memorias que publicaron casi todos los años, permiten mantenerse al corriente de los progresos realizados.

El principio maravillosamente sencillo del procedimiento es el siguiente:

En la naturaleza los residuos orgánicos de la vida vegetal y animal son continuamente destruídos y reducidos en sus elementos, ácido carbónico, agua y sales minerales, por los microorganismos del suelo y de las aguas, y el hecho de que nunca, en circunstancias normales, se acumulan cantidades notables de materia orgánica, indica que existe el equilibrio entre la producción y la destrucción de la materia orgánica. Pero la reunión de gran número de seres vivientes en las ciudades, rompe dicho equilibrio, produciendo mucho más residuos orgánicos que lo que normalmente pueden destruir los microorganismos en tales condiciones de tiempo y espacio.

El procedimiento biológico tiende á restablecer el equilibrio y lo consigue por una *mejor utilización de las acciones destructoras de los microbios, puestos en condiciones verdaderamente ideales de actividad y de multiplicación.*

Sabemos, en efecto, que la destrucción de las materias orgánicas resulta de las acciones combinadas de los fermentos anaeróbicos y aeróbicos, los primeros destruyendo las moléculas más complicadas, sin poder llevar muy lejos su desagregación; los segundos, oxidando completamente los compuestos más sencillos, descomponiéndose las sustancias terciarias en ácido carbónico y agua, dando, además, las cuaternarias, nitratos y pequeñas cantidades de hidrógeno sulfurado. Veremos que se observa también desprendimiento de metano y de hidrógeno.

Se trata, pues, de poner una y otra clase de microbios en condiciones tan perfectamente adaptadas como posible á su manera de vivir.

Por eso las aguas de cloacas, después de pasar á través de una reja que separa los cuerpos demasiado gruesos, piedras, sustancias minerales, corcho, etc., entran por una compuerta que se puede reglar, en un gran tanque de material, revocado con cemento, de tres metros, más ó menos, de

profundidad y cuyas otras dimensiones se determinan según las cantidades de aguas para tratar. La rapidez de la corriente se regla de manera que las aguas permanezcan unas 24 horas en el tanque. Al principio los tanques se construyeron cerrados, pero experimentos posteriores demostraron que abiertos daban los mismos resultados.

En este *tanque séptico* se producen rápidamente fermentaciones tan enérgicas, que se notan fuertes efervescencias con producción de hidrógeno y metano, pero sin que se produzcan olores más desagradables que los de una fábrica de gas. Separaciones transversales incompletas («chicanes»), obligan las aguas á mezclarse. Estas últimas, así fermentadas, pasan después sobre «*lechos bacterianos*», capas de escorias de 1,50 á 2 metros de espesor, y sufren una oxidación enérgica, favorecida por la porosidad y por las múltiples cavidades llenas de aire que presenta el filtro.

Las aguas todavía negras y de olor, pútridas cuando llegan á los lechos bacterianos, salen de éstos por la parte inferior completamente claras, inodoras é imputrescibles, y pueden sin inconveniente ninguno, al contrario, servir á la irrigación agrícola ó ser echadas á un río.

Para comprender las notables ventajas del sistemas biológico necesita recordarse los principales modos de destrucción ó utilización de las aguas residuarias, con sus respectivos inconvenientes.

I. Lo más sencillo y lo más económico es, incontestablemente, echar las aguas de cloacas en los ríos. La condición indispensable será forzosamente la presencia de un río de cauce suficiente en verano como en invierno. El inconveniente capital es la polución del río, cuyas aguas ensuciadas irán á contaminar las comarcas y pueblos de aguas abajo. Además, el valor fertilizante de los residuos queda completamente perdido.

II. Otro modo es la utilización agrícola, tal como se

emplea en los alrededores de Paris (península de Gennevilliers) con una pequeña parte de las aguas residuarias de la gran ciudad. Las aguas groseramente filtradas por una reja, sirven para la irrigación de campos entregados al cultivo (ordinariamente de legumbres, etc., que sirven al consumo de la ciudad vecina).

Lo más sencillo consiste en utilizar directamente las aguas sobre un terreno presentando cierta pendiente, conduciéndolas por canaletas. El valor fertilizante se aprovecha, pero los inconvenientes son numerosos. Por una parte, la seguridad higiénica no es completa, cuando se trata de legumbres ó frutas, como lechugas ó frutillas, que se comen crudas. Por otra parte, la capacidad filtrante del suelo es limitada y varía mucho con la clase de tierra, más ó menos arenosa ó arcillosa, á tal punto que en ciertos terrenos es imposible aplicar dicho procedimiento. Se admiten los términos medios siguientes:

Producción de aguas de cloacas por habitante y por día, 100 litros.

Capacidad filtrante de una tierra arena-arcillosa por m² y por día, 3,31. Necesita, pues, una área de 30 hectáreas (cifra de Berlín) para la utilización agrícola de las aguas de una ciudad de 10.000 habitantes.

No se puede aumentar la cantidad de agua, so pena de producir la saturación del suelo, cuyos poros se taparían por el exceso, no destruido, de la materia orgánica. Aunque no se exagere dicha cantidad, á menudo se impone la necesidad de suspender la irrigación y el cultivo para renovar la porosidad de la tierra. En efecto, el poder destructor de la tierra desnuda es más grande que el de la tierra cultivada, lo que hizo proponer otro método más seguro al punto de vista higiénico: dispuesto el terreno en terraza, y distribuidas las aguas residuarias sobre el piso superior, éstas filtran, se mineralizan y llegan por drenage al piso inferior, donde sirven

á la utilización agrícola, pero la superficie necesaria es todavía más grande. Además, para ser productivos, ambos métodos exigen un cultivo intensivo, lo que necesita condiciones económicas de mano de obra y de mercado que tal vez no se encuentren siempre en la provincia de Buenos Aires.

III. Llegamos al sistema biológico. Aquí no hay explotación agrícola, sino independientemente de las operaciones de depuración, las cuales pueden constituir un servicio municipal. La mano de obra es casi insignificante y la superficie necesaria muy reducida. En efecto, con el sistema últimamente estudiado en Lille y que da los mejores resultados, un metro cuadrado basta para la epuración diaria de 1000 litros.

Un terreno de 2000 metros cuadrados bastaría, pues, ampliamente, para la epuración de las aguas residuarias de una ciudad de 10.000 habitantes, es decir, 150 veces menos que en el caso anterior.

Las aguas epuradas son perfectamente claras, sin olor é imputrescibles, es decir, que puestas en un frasco y en la estufa á 30-35° C., no se alteran más; al contrario, su mineralización sigue su curso, y se puede constatar la disminución de la cantidad de materia orgánica que contenía todavía, y con aumentación del porcentaje de nitratos, bajo la influencia de los microbios activos que contiene en gran número.

Del punto de vista higiénico, se puede casi afirmar su inocuidad: las aguas así purificadas, naturalmente no son esterilizadas; pero hay muy pocas probabilidades para que microbios patógenos resistan á la acción de las activísimas fermentaciones anaerobias y aerobias de que hemos hablado. En efecto, es muy conocida y demostrada por numerosos experimentos, la acción bactericida de los procesos de putrefacción y fermentación sobre muchos bacterios patógenos, y en los laboratorios del Instituto Pasteur de Lille no se ha

podido nunca encontrar el bacilo de la fiebre tifoidea en las aguas purificadas. Añadiré que en Lille existe un acuario donde viven, en excelentes condiciones, pescados colorados y plantas, en las aguas que salen de los lechos bacterianos.

Entraré ahora en algunos detalles sobre la disposición de los lechos bacterianos. Existen dos sistemas: el primero, de doble contacto; el segundo, dicho de «percolación».

1º *Sistema de doble contacto con inmersión total intermitente:*

Al salir de los tanques sépticos las aguas conducidas por canaletas, son distribuidas sobre toda la superficie del lecho. Este se llena completamente, lo que necesita que sea contenido entre paredes de material presentando en su parte inferior pequeñas puertas para la salida del líquido. El fondo debe ser de mampostería, con unas canaletas para que corra más fácilmente el agua. Después de cierto tiempo de contacto se vacía el lecho y se deja descansar antes de llenarlo otra vez. Este período de descanso es el de más grande actividad para los microbios aerobios que lo aprovechan para oxidar las sustancias orgánicas retenidas por las escorias y por multiplicarse activamente.

Ordinariamente necesita una hora para llenarse, y dos de contacto; una para vaciar y cuatro de descanso; en todo ocho horas, lo que permite hacer tres operaciones por día.

La mineralización de la materia orgánica es ya muy adelantada, pero hay grandes ventajas en establecer otro lecho más abajo, donde pasan las aguas al salir del primero.

En este caso la superficie necesaria es más ó menos el doble de la que hemos calculado más arriba.

2º *Sistema de lechos percoladores:—*

Aquí se reemplaza la inmersión completa por ASPERSIONES automáticas, regulares y mucho más frecuentes.

El lecho se divide en cierto número de tablones de superficie determinada y dispuestos de preferencia en dos series. Entre estas dos pasa la canaleta de distribución. A la cabeza de cada tablón se encuentra un tanque metálico de capacidad determinada, capacidad suficiente para mojar no más, la masa entera de las escorias del tablón. Estos tanques se llenan automáticamente en un tiempo determinado, 10 ó 15 minutos por ejemplo, durante el cual se carga un sifón, el cual, una vez cargado, vacía el tanque muy rápidamente (en 1 ó 2 minutos) y el agua, con corriente bastante fuerte entonces, se distribuye por canaletas sobre la superficie del tablón. Estas canaletas pueden ser sencillamente tubos de drenaje en tierra, puestos de cabo á cabo, y por los intersticios de junción de los cuales sale el agua. Para aumentar la aeración del líquido, se usa á veces torniquetes hidráulicos, ó bien se reemplazan los tubos de drenaje por caños metálicos agujereados y tapados en su extremidad: la presión hace salir el agua en chorritos regulares por todos los agujeros.

Existen muchos dispositivos de tanques distribuidores automáticos, todos basados sobre el principio de un «remplissage» lento y de duración determinada, y de un «desagüe» rápido, produciendo una presión notable que permite una buena distribución del líquido.

Estos tanques pueden ser metálicos; pero en los últimos ensayos usaron en Lille, lo mismo que para las canaletas de distribución, el cemento armado, más económico, duradero y conveniente, según parece, que cualquier otra substancia.

Estos aparatos no resultan muy caros, no presentan dificultad de entretenimiento, y una vez arreglados, siguen funcionando meses enteros sin interrupción y sin ayuda ninguna.

El agua más regularmente distribuída y en pequeñas cantidades, gotea lentamente á través de las escorias, y una

segunda aspersión no se produce, sino después del tiempo necesario para llenar otra vez el tanque distributor y vaciar el lecho.

De tal régimen de aspersiones breves y repetidas, resulta una oxidación mucho más enérgica, luego una destrucción más intensa de la materia orgánica y una capacidad filtrante del terreno empleado, dos veces mayor que en el caso anterior.

Además de esta ventaja principal hay que mencionar una disminución notable de la mano de obra, reducida verdaderamente al mínimo, ya que todo se hace automáticamente, y una reducción del costo de las instalaciones en mampostería, que puede compensar en gran parte el costo de los aparatos distributores. En efecto, el perímetro de los lechos bacterianos de menor superficie será mucho más chico, y ya que no se llenan más de agua como en el caso anterior, sus paredes verticales no deberán ser tan altas: bastará un murallón bajo, para mantener, en su base, el montón de escorias.

En resumen, el sistema biológico de epuración de las aguas necesita:

1° Un terreno de una superficie máxima de 2000 m² por cada 10.000 habitantes, terreno que debe presentar cierta pendiente variable con el dispositivo empleado.

2° La construcción de un tanque séptico de unos 3 metros de profundidad y de canaletas de conducción de las aguas.

3° La instalación de lechos bacterianos de escorias, provistos ó no de aparatos distributores automáticos.

Las ventajas que presentan son las siguientes:

1° Epuración completa de las aguas de cloacas con obtención de un líquido incoloro, inodoro é imputrecible, eminentemente favorable á la irrigación.

2º Resultados higiénicos superiores á los de cualquier otro sistema.

3º Costo muy reducido de las instalaciones en razón de la extensión muy exigua de terreno que necesita.

4º Reducción extrema de la mano de obra en el curso del trabajo.

5º Gran sencillez y seguridad absoluta de las operaciones.

En presencia de estas ventajas notables, he pensado que el sistema biológico de epuración de las aguas residuarias pudiera presentar un gran interés para tal ó cual ciudad de la provincia de Buenos Aires. Varias, en efecto, llegan á tal punto de desarrollo, que se hace cada día más peligroso conservar el sistema demasiado primitivo de pozos absorbentes. Se impone entonces la construcción de cloacas, y en el caso general que no exista río atravesando la ciudad ó pasando por sus alrededores, no creo que haya mejor procedimiento que el que acabamos de estudiar.

Saluda al señor director con toda consideracion.

Luciano Haumann Merk,

Bacteriólogo botánico
del Mapa Topográfico y Geológico
de la Provincia.

Buenos Aires, Abril 25 de 1909.

APÉNDICE

I

Notas sobre diversos sistemas de cloacas

Los sistemas de cloacas pueden clasificarse según dos tipos: el sistema unitario—el «tout à l'égout» de los franceses—y el sistema separativo.

En el primero, las aguas de lluvias recogidas en las calles y sobre los techos se reúnen en los mismos canales que las aguas de cloacas propiamente dichas (aguas domésticas y de letrinas).

En el segundo, las aguas de cloacas tienen su canalización particular sin ninguna comunicación con las que pudieran ser necesarias para la evacuación de las aguas pluviales.

Bajo todo punto de vista, y especialmente si se quiere hacer epuración biológica, este último sistema debe ser elegido en razón de sus importantes ventajas. He aquí, según el doctor Calmette y sus colaboradores, los principales inconvenientes del sistema unitario:

Su instalación necesita grandes trabajos en las calles porque las canalizaciones han de ser siempre de gran diámetro, en razón del volumen crecido del agua que en ciertas ocasiones tendrán que conducir.

Su costo, por estas mismas razones ya muy elevado, se aumenta todavía por la necesidad de establecer en todas partes dispositivos especiales para evitar la salida de malos olores por las bocas de entrada de las aguas en las calles, así como numerosas aberturas para limpieza.

Obliga, por tiempos secos, en razón del gran diámetro de los caños, á gastos enormes de agua corriente para asegurar la evacuación de las materias fecales y la oclusión hidráulica de los sifones. En caso de faltar el agua, estos se desarman, y las materias fecales estacionadas en los caños desprenden en la atmósfera sus olores pestilentes.

En fin, como caños esmaltados, como los de Daulton, ó metálicos de gran diametro, resultan demasiado caros, y que los de mampostería ó de cemento, no pueden ser completamente impermeables, no se puede, pues, evitar con el sistema unitario, la infección paulatina del subsuelo.

Además, si se quiere hacer epuración biológica, los inconvenientes son más graves todavía: primero, habrá que prever instalaciones mucho más importantes en razón del mayor volúmen de las aguas; luego, siendo muy inconstantes el volúmen y la concentración de estas últimas, la epuración se hará con menos regularidad y perfección y la tierra, piedras, etc., llevadas de las calles, irán á acumularse á los tanques en cantidades exageradas; en fin, los días de lluvias excepcionales, habrá que mandar directamente y sin epurarlas, sobre campos ó al río, las aguas en exceso.

Con cloacas separativas se salvan estos inconvenientes: se pueden emplear caños de pequeño diámetro, perfectamente impermeables, de colocación más fácil y menos costosa. En razón de la mayor pendiente que se puede dar á tales caños, necesitará muy poca agua para entretenir su limpieza; unos pozos con molino y depósito de agua bastarán, pues, perfectamente en los puntos más elevados de la ciudad, lo que demuestra que cloacas y aguas corrientes

no son forzosamente inseparables. En fin, este sistema permite la epuración biológica en las mejores condiciones.

Se notará que estas ventajas é inconvenientes van hasta el extremo en una región como la provincia de Buenos Aires, donde lluvias fuertes y cortas alternan con periodos muy largos de sequía completa.

Añadiré que cloacas separativas son las únicas posibles en los pueblos en que la mayoría de las calles no son adoquinadas, y que casi siempre obras de poca importancia asegurarán una evacuación suficiente de las aguas de lluvia.

Creo, pues, que en caso de instalarse cloacas en una ciudad que no las tenga todavía, habrá que elegir sin la menor hesitación el SISTEMA SEPARATIVO.

II

Proyecto de instalación de epuración biológica para una ciudad de 15.000 habitantes

(Véase el plano adjunto)

El presente proyecto se estableció para una ciudad de unos quince mil habitantes y provista de cloacas separativas.

En tal ciudad la cantidad de aguas de cloacas por día puede evaluarse en 1500 metros cúbicos.

En efecto, resulta de cálculos corroborados por la práctica, que se puede aceptar la cifra de cien litros como término medio por habitantes y por día.

Elección del terreno: —

Es de gran importancia. En la medida de lo posible el terreno elegido habrá que reunir las condiciones siguientes:

a) Estar en los suburbios inmediatos de la ciudad, de manera de poder realizar economías sobre el costo del terreno sin aumentar demasiado los gastos de conducción de las aguas.

b) Encontrarse lo más cerca posible de un río, arroyo ó desagüe, ó de campos irrigables donde se mandarían las aguas epuradas.

c) Presentar en uno de sus sentidos y en el largo necesario una desnivelación de más ó menos dos metros.

A) DETALLES DE LA INSTALACIÓN

Llegada de las aguas:—

Estas, cuando llegan, no deben tener una corriente muy rápida. Habrá, pues, que dar un ancho suficiente á la canaleta de entrada un metro sobre cincuenta centímetros de profundidad.

En su extremidad estableceremos dos rejas de fierro (*a*) susceptible de retener todos los objetos de más de 5 cm. de diámetro, pedazos de maderas, de latas, etc.

Tanque de decantación:—

Antes que entren en el tanque séptico conviene hacer pasar las aguas en un tanque poco profundo y provisto de obstáculos (*b b*) para romper la corriente y favorecer la decantación de la tierra. El fondo se establecerá con una pendiente total de 0,50 cm. en sentido contrario de la corriente, disponiendo una pequeña cantidad (*a* corte *a b*) al pie de la pendiente donde se acumula el barro depositado y de donde más facilmente se le extraerá. Con este objeto, los obstáculos inferiores no tocarán al fondo (10 cm. de distancia).

Según observaciones prácticas conviene dar á estos tanques una capacidad igual á la vigésima parte del volumen total tratado por día, sea 75 m³. Para permitir una limpieza completa, ó reparaciones, sin necesitar por eso interrumpir el trabajo, conviene separarlo en dos tanques independientes.

Las aguas pasan entonces á los tanques sépticos por intermedio de una canaleta que permite la alimentación de los dos tanques, aun estuviera en servicio uno solo de los tanques de decantación. Las aguas pasaran por arriba de un vertedero (*c*) dispuesto de manera que haya 10 cm. de nivelación entre el nivel en el tanque de decantación y en el tanque séptico.

Volumen útil de los tanques de decantación	75 m ³
Dimensiones: largo	7.50 m.
Ancho interno de cada uno	3.75 »
Profundidad útil mediana	1.25 »

Tanques sépticos:—

Conviene que las aguas permanezcan á lo menos 24 horas en fermentación en el tanque séptico; habrá pues que darle un volumen útil igual al de las aguas tratadas diariamente. Habrá que proveerlo de obstáculos como en el tanque de decantación, pero no tan cerca uno de otro.

Para las mismas razones que anteriormente conviene disponer dos tanques al lado uno de otro, y dar al fondo cierta pendiente. Esta será de 0,02 cm., por metro en 5/6 del largo total y 0.10 cm. por metro en el primero sexto, como tambien una excavación al pie de la pendiente. En caso que se prevearía la presencia de mucho barro se podría disponer un sifón para la extracción automática del barro. En caso de preveer al contrario una gran pureza de las aguas se podría disponer el fondo sencillamente horizontal.

Volumen útil total	1.500 m ³
Largo	30 m.
Ancho interior de cada tanque	8.50 »
Profundidad mediana	3 »

Antes de salir las aguas atraviesan un filtro de escorias (*d*) de abajo arriba, como lo indica el corte (según *A B*) del tanque séptico. Esto asegurará la ausencia completa de materia insoluble en las aguas cuando llegan á los lechos bacterianos, hecho importante para evitar el colmataje de de estos últimos.

Para salir pasarán las aguas por un vertedero cuyo nivel será de 10 cm. inferior al nivel del vertedero de entrada. La desnivelación con la superficie de las aguas en la canaleta de de conducción á los lechos bacterianos, será de unos 3 cm.

Canaletas de conducción á los lechos bacterianos:—

Como todas las canaletas necesarias en esta instalación, podrán construirse de cemento.

Ancho.....	0.80 m.
Profundidad.....	0.30 »

Lechos bacterianos:—

Se puede aceptar el término medio de 1 m³ por m² y por día, como capacidad filtrante en el sistema de percolación.

Dispondremos pues dos lechos paralelos de 750 m² cada uno.

En el plano se los ha dispuesto paralelamente á los tanques pero podrían instalarse lo mismo perpendicularmente.

En caso de resultar imposible el empleo de escorias, los lechos podrán construirse de cascotes. Habrá solamente que hacer unos ensayos para determinar la capacidad filtrante de un lecho de cascotes y establecer la superficie del lecho, basándose sobre los resultados obtenidos. Pero siempre será indispensable cubrir el lecho con una capa delgada de escorias finas, en un espesor de 20 centímetros, por ejemplo, que servirán de protección á los cascotes y mejorarán mucho la filtración.

Como necesita siempre desmontar el terreno, en el caso que la tierra lo permitiera, creo que hubiera grandes ventajas en fabricarlas en el sitio mismo de la instalación, co-
ciendo los ladrillos de la manera que experimentos prelimi-
nares hubieran demostrado la mejor para el uso particular
á que se la destinan:

Dos lechos paralelos:

Superficie total.....	1500 m ²
Largo.....	50 m.
Ancho de cada uno.....	15 m.
Profundidad.....	2 m.

Entre los dos lechos, sobre un murallón, la canaleta de distribución de cada lado con un espacio de 20 centímetros de ancho para poder ir á inspeccionar, etc.

Tanques distributores.

Hay varios sistemas entre los cuales hubiera que elegir después de detenidos estudios y poniéndose al corriente de los últimos experimentos y perfeccionamientos. He tomado, por ahora, el sistema Doultón que he visto funcionar perfectamente en Lille. Es muy sencillo y necesita gastos de instalaciones menores.

Sobre todo, con lechos de cascotes, no convendría regarlos más de una vez cada 12 minutos. Cada aparato, tomándolos de 1 m^3 de volumen útil, distribuirá, pues, 5 m^3 por hora, 120 m^3 por día, y necesitaremos, pues, $1500/120$ ó sean 12 aparatos distribuidores.

Los pondremos en dos filas de cada lado de la canaleta de conducción central y en comunicación con ella, por pequeños vertederos, dispuestos de tal manera que dejan pasar 1 m^3 de agua cada 12 minutos.

Un sifón central se carga mientras llena el tanque y, una vez cargado, el agua pasa con gran rapidez (1 minuto el máximo) en la canaleta (*f*, corte según *E F*) de donde pasan en los caños de distribución formados por caños de drenaje, dispuestos unos al lado de otros sobre las escorias, donde forma filas distantes de 50 centímetros. El líquido sale con notable regularidad por los intersticios y se distribuye así en la superficie del lecho. El último caño de cada fila se tapa con concreto para evitar la salida del líquido en gran masa.

Sobre el plano sólo se figuró completamente al dispositivo correspondiente á un tanque distributor.

Dimensiones de los tanques distribuidos:—

Capacidad útil.....	1 m ³
Ancho y largo	1,75 m.
Alto	0,38 »
Altura del agua.....	0,33 »

Dimensiones de las canaletas de distribución:—

Largo	8 m.
Ancho.....	0,40 »
Alto	0,20 »

Caños de drenaje:—

Diámetro 3 ó 4 cm. (como se los encontrarán)	
Largo de cada fila	14 m.
Distancia entre dos filas	0,50 »

Cantidades de cascotes necesarias:—

1500 × 1,80	2700 m ³
-------------------	---------------------

Cantidades de escorias necesarias:—

150 × 0,20	300 m ³
------------------	--------------------

Paredes del sostén de los lechos:—

Bastará que tengan 1 m. de alto.

En su parte inferior habrá que dejar cada metro una abertura de un ladrillo para permitir la salida de las aguas epuradas.

En la pared misma, convendrá disponer dos hileras de aberturas para aeración del lecho.

Suelo de los lechos:—

Habrà que ser de concreto con pendiente débil, 10 cm. en todo, para cada uno en el sentido transversal.

Sobre el fondo no es inútil disponer un sistema de drenaje para facilitar la salida del líquido epurado: hileras paralelas de ladrillos dispuestos sin mortero, en forma de tunel, cada dos metros, bastarán perfectamente. Se han figurado dos en m., en la mitad inferior del plano.

Canaletas de salida de las aguas epuradas:—

Al pie de la pared de sostén de los lechos bacterianos, hay que disponer canaletas donde se juntarán las aguas epuradas que saldrán por las aberturas dejadas á la base de dichas paredes.

Para vigilar más fácilmente la transparencia del agua epurada, convendrá, frente á cada abertura, poner en el fondo de la canaleta un mosaico de cerámica blanca. Bastará en estas condiciones, dar una vuelta alrededor de los lechos para comprobar en cada momento si la epuración se hace bien, y en caso que haya sucedido algo, determinar la zona exacta del lecho donde la epuración se hace mal.

Dimensiones: 25 cm. de ancho sobre 20 de profundidad.

En fin, nada impide, para la edificación de los visitantes, disponer un pequeño acuario con plantas acuáticas y pescados, cerca de la salida de las aguas epuradas (*g*).

Estas podrán utilizarse entonces para riego de chacras ó ser echadas á un arroyo, tan insignificante ó irregular que pueda ser el volumen de sus aguas.

Superficie total del terreno:—

Ampliamente calculada y con espacios sobrantes para caminos, casita del guarda, refugio para instrumentos y hasta para un pequeño laboratorio, el terreno necesario para la instalación descrita mide 57 m. sobre 55, ó sea 3135 metros cuadrados.

B) GASTOS DE PRIMERA INSTALACIÓN

En razón de la gran variabilidad de muchos precios según las condiciones de la mano de obra, y de la extrema dificultad de elegir un término medio para el valor de ciertas clases de materiales y trabajos, no se darán sino las ba-

ses para calcular fácilmente en cada caso, el costo de la instalación, y sólo para fijar las ideas se agregará un ejemplo concreto de dicho cálculo.

Un terreno de 3.200 m. c. situado en los suburbios de la ciudad.

Desmante:—

Para el tanque de decantación	90 m ³
Para el tanque séptico.....	1560 »
Para los lechos bacterianos: admitiendo una pendiente de 0,03 por metro é incluso los caminos alrededor	2158 »
Total.....	3808 m ³

Mampostería:—

Para el tanque de decantación.....	14,4 m ³
Para el tanque séptico	60,5 »
Para los lechos bacterianos.....	129,8 »
Total.....	204,7 m ³

Canaletas:—

Canaleta de conducción á los tanques: 90 m. con 0.80 de ancho sobre 0,40 de alto.
 Canaleta de distribución, en cimiento: 12 de 8 m., ya sea 86 m., con 0.40 de ancho sobre 0.20 de alto.
 Canaletas de recolección de las aguas epuradas: 130 m. de 0.25 de ancho sobre 0.20 de profundidad, en baldosas.

Tubos de drenaje:—

200 filas de 14 m. de largo, ó sea..... 2800 metros

Lechos bacterianos de escorias ó cascote:—

Lecho de escorias, 1500 × 1,50..... 2260 m³

Lecho de cascotes, con escorias en la superficie:—

Escorias: una capa de 0,20, 1500 m² × 0,20. 300 m³
 Cascotes, 1500 × 1,80 2700 m³

Tanques distribuidores, compuertas, vertederos, etc.:—

El doctor Calmette y sus colaboradores admiten, en Francia, 10 francos por m³ tratado diario, para la compra de este material. Como habrá que comprarlo en Europa, podemos admitir la cifra de \$ 6 ^{m/n}, (incluso flete, etc.)

Suelos de concreto de los tanques y lechos:—

Para el tanque de decantación.....	49,25
Para el tanque séptico	510,00
Para los lechos bacterianos	1500,00
Total	2059,00 m ²

Admitiendo para las diversas clases de obras y de materiales los precios que se encontrarán á continuación ⁽¹⁾—y entre los cuales varios pudieran probablemente sufrir en muchos casos una sensible reducción—se consigue los siguientes resultados:

Desmante: 3808 m ³ á \$ 3 c. u.....	11 424
Mampostería: 205 m ³ á \$ 28 c. u.....	5 740
Canaletas de conducción: 90 m. á \$ 22 c. u....	1 980
» » distribución: 96 m. á \$ 18 c. u....	1 548
» » recolección: 1.30 m. á » 9 c. u....	1 170
Caños de drenaje: 2800 m.	
Escorias y cascotes 2150 m ³ á \$ 7 c. u.....	15 750
Tanques distribuidores, compuertas, etc. para 1500 m ³ de aguas tratadas por día, á \$ 6 c. u.....	9 000
Suelos de concreto para tanques y techos 2050 m ² á \$ 8 c. u	16 400
	63 088

á lo cual necesita añadir el valor del terreno (unos 3000 m²) valor demasiado variable, según las situaciones, para que sea posible hacerlo figurar en este cálculo.

⁽¹⁾ Agradezco al señor ingeniero D. Selva, quien tuvo la amabilidad de indicármelos.

GASTOS DE EXPLOTACIÓN

a) *Mano de obra:*—

En marcha normal es insignificante, ya que las aguas se distribuyen automáticamente.

Necesita únicamente vigilar el funcionamiento regular de los vertederos y sifones y la limpieza de las canaletas, pero si funciona bien el tanque séptico, no hay razón para que se produzcan irregularidades en el trabajo.

Esta vigilancia la podrá asegurar un guardián viviendo en el establecimiento, ayudado tal vez por un peón.

Si las aguas llevan tierras en cantidad bastante grande, necesitará cada mes algunas jornadas de peones para sacarlas de los tanques de decantación y sépticos. Este barro se extiende en depósitos poco profundos que habrá que disponer en un espacio disponible á lo largo de las paredes ó en un rincón inutilizado, donde secarán y de donde se las sacarán una vez secas pudiendo entregarlas á chacareros ó jardineros como abono (tierra vegetal, «resaca»). Con un sistema de cloacas separativo, este servicio será muy reducido.

b) *Control científico:*—

Este control muy sencillo no necesitará instalaciones ni personal especial, pudiendo ser á cargo de la oficina de higiene ó química de la ciudad, sin que sea por eso necesario de tomar ningún empleado suplementario.

En efecto, el control consiste en lo siguiente:

1º *Prueba de transparencia:*—

El agua purada bajo un espesor determinado debe permitir de leer un texto impreso, con un tipo convenido.

2º *Prueba de imputrescibilidad:* —

El agua puesta en un frasco en la estufa á 30º, después de 5 ó 6 días, no debe desprender olor ninguno.

3º *Oxidabilidad:* —

De vez en cuando, habrá que hacer una prueba de oxidabilidad con permanganato de potasio, no debiendo éste exceder de por .

En fin, los pescados del acuario constituirán por su presencia la prueba que el agua epurada no mata á los pescados.

C) REPARACIÓN, CONSERVACIÓN DEL MATERIAL, AMORTIZACIÓN: —

Los primeros años, los gastos de esta categoría serán nulos, y, en razón de la gran sencillez y rusticidad del material empleado, quedaron siempre mínimos.

Las escorias, después de 5 ó 6 años no pierden nada absolutamente de su porosidad primitiva, y no hay posibilidad de fijar el plazo después del cual podría ser necesario reemplazar en parte ó en totalidad.

La amortización podrá, pues, calcularse sobre un plazo bastante largo y no vendrá, pues, á aumentar mucho los gastos mínimos de explotación.

III

La depuración biológica en la República Argentina

En la República Argentina, sólo en la ciudad de Salta, existen instalaciones comparables á las de cuya descripción antecede.

Estas instalaciones constan:

1º De un tanque séptico de corte vertical trapezoidal, de 2,80 m. de profundidad, de 23,50 m. de largo y 17,50 m. de ancho en la parte superior, con un volumen de cerca 100 m. c. Se proyectan dos tanques iguales y se construirán á medida que se vaya completando la red de cloacas. Estos son del sistema separativo;

2º De un tanque colector donde se almacenan las aguas al salir del tanque séptico, de manera á poder regularizar el riego de los lechos bacterianos, aquí constituídos por filtros de arena;

3º De filtros de arena que reemplazan los lechos de escorias ó cascotes. Son cinco, de 80 m. sobre 25. Cuando se ha llenado el tanque colector, un timbre accionado automáticamente advierte al guardián, quien procede entonces á la irrigación de los filtros. Las aguas filtradas recolectadas por una red de drenaje son echadas á un arroyo.

La instalación funciona desde más de tres años con los mejores resultados.

Se notará que debido al poder depurador mucho menor de los filtros de arena, la superficie necesaria es en este caso mucho mayor que la que hubiera necesitado un filtro de escorias ó cascotes, pero este inconveniente lo compensó la gran facilidad con la cual, en esta región podía conseguirse la arena necesaria.

En Córdoba también existe una instalación de depuración biológica, pero hasta ahora sólo funcionan los tanques sépticos (son dos, con una capacidad total de 7000 m³); el agua sirve después á la irrigación de campos de alfalfares. Cuando se completen las obras proyectadas, éstas constarán de cuatro tanques y de catorce hectáreas de filtros de arena, pudiendo tratar unos 14 000 m³ de agua diarias.

Aquí también la circunstancia de existir en los alrededores de la ciudad terrenos arenosos extremadamente porosos, determinó la elección del sistema con filtros de arena.

Iguals obras están proyectadas para la ciudad de Jujuy.

En fin, necesito agregar que algunos establecimientos particulares, militares ó de beneficencia, adoptaron también la depuración biológica, no siempre, según parece, con éxito completo; pero se puede afirmar que los inconvenientes que se hayan notado no pueden imputarse al sistema biológico mismo, sino á circunstancias particulares, como errores cometidos en la construcción (desproporción entre la dimensión de los tanques ó de los filtros y las cantidades de agua para tratar, por ejemplo), conducción deficiente de las operaciones (variaciones excesivas del volumen de las aguas), ó mala conservación de las obras.

Proyecto de una instalacion de Depuracion Biologica
de las aguas de cloacas, para una ciudad
de 15000 habitantes.

