

DISEÑO Y OPERACION DE TANQUES SEPTICOS¹

III SEMINARIO EUROPEO DE INGENIEROS SANITARIOS²

RESUMEN DE LAS DISCUSIONES

INTRODUCCION

Se acordó que la discusión se limitase al tema de la evacuación y tratamiento de las aguas del alcantarillado de casas aisladas o de pequeños grupos de casas (hasta cincuenta), siempre que, en cualquiera de los casos, tuvieran instalaciones de abastecimiento de agua. El problema del ingeniero sanitario, en este caso determinado, es cómo evacuar las aguas residuales de forma que vuelvan al suelo sin causar ningún perjuicio. En consecuencia, se plantean dos cuestiones principales: 1) ¿Pueden las materias residuales procedentes de las viviendas aisladas esparcirse directamente sobre la tierra y mezclarse con la tierra de determinada superficie?, o bien, 2) ¿Se necesita un tratamiento más elaborado si las materias residuales se diluyen en agua, como en el caso del tanque séptico? Si bien este problema trata de la distribución de las materias residuales y no de las instalaciones que se emplean, no puede arbitrariamente tratarse un aspecto sin tener en cuenta el otro.

Otra limitación de las discusiones del seminario surgió del hecho de que la instalación del llamado tanque "Imhoff" no es posible, ni desde el punto de vista técnico ni económico, en estas pequeñas agrupaciones de viviendas, que constituían el tema de discusión; y por ello, ésta tuvo que restringirse al tanque de un solo piso con uno o más compartimientos.

Para facilitar la discusión, fué necesario definir dos términos técnicos:

1. "Tanque séptico", que se empleó exclusivamente para designar tanques de un solo piso.
2. "Casa aislada", no aplicable a las casas situadas en distritos urbanos poco poblados,

¹ Tomado de *Monograph Series No. 18* de la OMS.

² Celebrado en Londres, Inglaterra, del 27 de octubre al 1º de noviembre, 1952.

sino a casas rodeadas de terreno suficiente para permitir el desagüe del efluente final.

PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE TANQUES

La discusión se concentró en los requisitos que deben reunir los tanques de un solo compartimiento en comparación con los de varios, así como con los pequeños tanques de dos pisos. También se examinaron, brevemente, el tiempo de retención, la alimentación y los sistemas de evacuación del tanque séptico.

Capacidad

Se consideró que uno de los principios directrices para determinar la necesaria capacidad de los tanques sépticos, es la ausencia o la presencia de tratamiento secundario. La experiencia obtenida en Alemania sirvió de ejemplo en este punto.

Cuando se dispone de una masa de agua para recibir el efluente del tanque séptico, se necesitan 33 galones (150 litros) por persona abastecida, y una mínima capacidad total del tanque de 650 galones (2.955 litros). Si las aguas residuales del tanque se tratan mediante filtros de arena, la capacidad debe ser de 44 galones (200 litros) por cabeza, y la capacidad mínima del tanque de 650 galones (2.955 litros). En el caso de que se traten las aguas residuales mediante la absorción del subsuelo, la capacidad por cabeza debe ser de 44-110 galones (200-500 litros), y de una capacidad mínima total de 650 galones (2.955 litros.). En Alemania se viene estudiando la introducción de tanques sépticos como un medio de completar el tratamiento de las aguas residuales. En este caso, debe proyectarse el tanque séptico basándose en principios más estrictos. La norma sería 440 galones (2.000 litros) por cabeza y una capacidad mínima total del tanque de 1.760 galones (8.000 litros).

Se mencionó, también, el tiempo de reten-

ción como otro factor que interviene en la cuestión de capacidad. En Suiza, el volumen que se recomienda actualmente para un tanque de tres cámaras es de 1 m³ (220 galones) por persona, y de un volumen mínimo de 4 m³ (880 galones). Para una retención de diez días, el tanque debe ser vez y media mayor, lo cual constituye otra razón para limitar el empleo de estos tanques a 50 personas como máximo. En Bélgica, el tiempo de retención se considera, en cierto modo, secundario en relación con el volumen del tanque (el cual se determina según las supuestas necesidades de la población); y, al parecer, el período de retención de diez o más días no se considera necesario. En Gran Bretaña, el tiempo de retención es menor de 10 días; sin embargo uno de los participantes británicos se expresó en favor de la ampliación de dicho período hasta donde sea posible a fin de que los componentes del líquido resulten más sépticos.

Aunque la determinación de la capacidad del tanque parecía basarse en la diversidad de las condiciones y en la experiencia, se sugirió que algunos de los principios generales podrían obtenerse de un estudio hecho por el Centro de Investigaciones sobre el saneamiento del Medio, Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, en Cincinnati, Ohio. El promedio de acumulación, en el grupo de tanques estudiados, se halló en tanques de una capacidad líquida aproximada de 125 galones (568 litros) por persona beneficiada, lo que equivale a un tanque de 500 galones (2.273 litros) para una familia de cuatro personas. El efecto de la capacidad del tanque sobre la eliminación de partículas en suspensión se patentizó también en estudios de laboratorio de tanques sépticos de tamaño normal. Un grupo de tanques de 500 galones (2.273 litros) y de un solo compartimiento, eliminó el 60%, aproximadamente, de las partículas en suspensión, mientras que un tanque séptico de un sólo compartimiento y de 2.000 galones (9.092 litros) eliminó poco más o menos el 80% de las partículas en suspensión durante un año de funcionamiento y en una variedad de acumulaciones

de cieno. Los tanques de 289, 246 y 123 galones de capacidad (1.314, 1.118 y 559 litros, respectivamente) pronto alcanzaron la capacidad de depósito de cieno, disminuyendo, con ello, la eliminación de las partículas en suspensión. Todos estos tanques recibían la misma carga de aguas residuales: 250 galones (1.136 litros) por día. Puede añadirse también que, a igualdad de volumen, la forma del tanque produjo poco o ningún efecto sobre la eficacia de la eliminación de las partículas en suspensión.

Tanques de uno y varios compartimientos

Bajo este tema se hizo alguna referencia a un pequeño tanque de dos pisos que separa los cuerpos sólidos sedimentados de los líquidos, pero que no abarca las funciones digestivas de que están provistos los tanques de tipo Imhoff. La opinión de la mayoría pareció manifestarse en contra del empleo de dichos tanques para las viviendas aisladas de pequeños grupos de casas. Según estudios realizados, no se ha probado que el tanque de dos pisos tenga grandes ventajas. Si bien es cierto que uno de los tanques experimentales de dos pisos que se describe en el trabajo de Pettet y Jones³ dió mejores resultados que los de tipo corriente, sin embargo, de las cinco instalaciones estudiadas, tres de ellas eran tanques de doble piso, y el promedio de eficacia de las mismas no resultó mayor que el del tanque sencillo.

Los experimentos hechos en los Estados Unidos sugieren también, que dos tanques combinados proporcionan mejores resultados que un tanque solo. Esto lleva a la conclusión general de que, partiendo de la base de un tanque sencillo, era preferible utilizar dos tanques combinados, o un tanque de dos compartimientos, que un tanque de doble piso.

En Suiza, se recomiendan los tanques de sedimentación de tres cámaras, en lugar de los de dos pisos, incluso para las casas de una sola familia.

El mencionado estudio de Cincinnati

³ *Monograph Series No. 18* de la OMS, p. 57.

aportó su contribución respecto a la evaluación de los tanques de un solo compartimiento en comparación con los de varios. Durante los estudios preliminares, dos tanques de varias cámaras, de una capacidad total de 550 y 670 galones (2.500 y 3.046 litros), el primero provisto de dos cilindros verticales combinados, de 36 pulgadas (91 cm.), y el segundo, de cuatro cilindros verticales combinados, de 24 pulgadas (61 cm.), eliminaron las partículas en suspensión en un 78% y 84%, respectivamente. Los tanques de varios compartimientos parecían tener más ventajas sobre los de un solo compartimiento (eliminación de un 60% aproximadamente, 500 galones (2.273 litros).

Más recientemente, se han emprendido investigaciones experimentales sobre el efecto del número y proporciones de los compartimientos. La capacidad total de cada instalación de tanques fué de 500 galones (2.273 litros). En las instalaciones de forma rectangular, se vió que la distribución en dos compartimientos iguales es más ventajosa que el tanque de un solo compartimiento; sin embargo, la instalación rectangular de tres compartimientos iguales no ofrece ninguna ventaja sobre el tanque de un solo compartimiento.

Por consiguiente, se podrá obtener mayor rendimiento, bien sea aumentando la capacidad total, o por medio de compartimientos múltiples. Con respecto a estos últimos, la instalación de dos compartimientos, bien sean iguales o bien el primero de ellos tenga las dos terceras partes de la capacidad total, parece presentar buenas perspectivas.

Esto no quiere decir que el tanque de un solo compartimiento, bien diseñado y con amplia capacidad, no proporcione un buen rendimiento. En terrenos bien desecados, un sistema de absorción a continuación de este tanque tendría una duración bastante larga. Sin embargo, en relación con suelos menos permeables, debe tenerse en cuenta la mayor eliminación de partículas en suspensión y la mejor estabilidad de un tanque de mayores dimensiones de un solo compartimiento, o de un tanque de varios compartimientos.

Puesto que el tanque de un solo compartimiento ofrece bastante buen rendimiento, se planteó la cuestión de si las ventajas del tanque de dos compartimientos justifican el exceso de costo sobre el del primero.

Un participante belga se expresó en favor de los tanques de compartimientos múltiples. Según esta opinión, las condiciones hidráulicas necesarias para mejorar la sedimentación exigen un mínimo de dos compartimientos. Si el desagüe en el tanque de las aguas residuales domésticas afectara el proceso digestivo, dichas aguas deberían separarse.

Se señaló también el hecho de que los fabricantes insisten en algunas características que no tienen sentido desde el punto de vista hidráulico. Es indudable que algunos de estos sistemas producen demasiada agitación en el primer compartimiento. Se podría obtener un caudal de aguas residuales más uniforme en el segundo compartimiento y en los sucesivos de cualquier sistema mediante la utilización de ranuras de conexión en lugar de tubos T y de codos. Teóricamente, se podría diseñar una conexión que diera casi todos los grados de compensación del desagüe en el segundo y tercer tanques.

En las discusiones de los factores que influyen en el tratamiento y en el funcionamiento podrán encontrarse otras consideraciones relativas al diseño.

Estándares

La discusión general puso de relieve la necesidad de recopilar los diversos estándares vigentes en los distintos países. En el Cuadro No. 1 figuran los datos presentados en el seminario durante las conferencias y discusiones, como una pequeña contribución preliminar a dicho objeto.

FUNCIONAMIENTO, TRATAMIENTO Y CONTROL DEL TRATAMIENTO

Factores que influyen

Se insistió especialmente en que la acción del tanque séptico es esencialmente biológica y que, por consiguiente, los factores principales que influyen en el tratamiento son

los efectos de ciertas aguas residuales o de diversos líquidos en las propiedades del efluente. Estos efectos pueden ser debidos tanto a la composición de las aguas residuales como a su temperatura. El diseño del tanque puede también constituir un factor modificador, que afecta, por ejemplo, el grado y el origen de la turbulencia: por un lado, la forma de entrar el agua residual en el tanque puede producir turbulencia, lo cual ocasiona trastornos; y por otra parte, la turbulencia, mediante las burbujas de gas que surgen a la superficie, puede ser favorable a la acción del tanque.

Fueron discutidos más concretamente los siguientes puntos. En ciertos países, se separa determinado tipo de agua, tal como la de lluvia, el agua grasienta o la de lavado en general, y se descarga únicamente en un compartimiento particular. Por consiguiente, todas las sustancias descargadas no entran en el primer compartimiento. Esto se aplica, particularmente, al tipo de tanque suizo.

La experiencia obtenida en Bélgica con los detergentes indica que únicamente los de tipo amonio cuaternario ofrecen dificultades. Se han hecho experimentos con detergentes aniónicos y no aniónicos, y con derivados de amonio cuaternario, y se han elaborado unas tablas con los resultados sobre la base de dosificación y naturaleza química de cierto número de estos detergentes. Los datos muestran que existe una relación entre estos detergentes y la detención de algunos tipos de descomposición anaeróbica, aunque no de todos, y que esto es lo que complica el problema: pueden detenerse determinados procesos de descomposición mientras otros continúan.

Al estudiar los tanques sépticos para pequeños grupos de viviendas, debe tenerse en cuenta el desagüe industrial que se introduce en ellos, aunque se trate de pequeñas cantidades. En el sur de Italia, por ejemplo, existen numerosas prensas de aceite que, instaladas junto a granjas aisladas, descargan un porcentaje relativamente elevado de materias de desperdicio en las aguas residuales con que se mezclan. Además, la alta temperatura de la región

CUADRO No. 1.—Estándares de los tanques sépticos para casas individuales o aisladas.

País	Galones* (mínimo)	Compartimientos	Retención (días)
Alemania.....	650	3	5-10
Bélgica.....	330	2	2
Estados Unidos....	500	2	2-3
Finlandia.....	270	1 a 2	1-2
Francia.....	450-600	1 a 3	5-10
Gran Bretaña . . .	650	1 ó 2	2-4
Grecia.....	330	2	—
Italia.....	—	3	3
Suiza.....	880	3	3-4

* 1 galón = 4,54 litros.

produce considerable turbulencia en el sedimento básico, de tal forma que el efluente contiene partículas de sedimento. Esto ocurre principalmente en los tanques de un compartimiento.

Uno de los problemas urgentes fué decidir lo que se puede dejar penetrar en los tanques y lo que no. Naturalmente, este es un asunto que hay que investigar, pero, de todas formas, se mencionaron algunos principios orientadores, que se citan a continuación.

No es conveniente un exceso de agua de dilución en el compartimiento de digestión. Las sustancias grasas retrasan considerablemente la digestión, por formar una capa sobre ciertas materias y organismos. Se debe prestar especial atención al desfavorable papel que desempeñan ciertos detergentes y antibióticos, demostrado, no sólo por su efecto en las pruebas de control, sino también por su influencia en el proceso de descomposición biológica que se produce en el tanque. Por regla general, no se debe obstaculizar el mecanismo de las reacciones que tienen lugar en cada compartimiento; deben evitarse ciertas mezclas prematuras; y, en el último compartimiento, en donde sólo se produce sedimentación, o procesos muy leves, deben entrar gradualmente los líquidos que no tienen prácticamente otro efecto que el de diluir los efluentes ya digeridos.

Tratamiento primario

En el curso de las discusiones apenas se hizo referencia al tratamiento primario y a lo que él implica. Las cuestiones que despertaron el mayor interés fueron las del tratamiento secundario y, más aún, las relativas a las pruebas para medir la eficacia total del tratamiento. Se reconoció que quedaba poco por discutir acerca de los métodos de mejorar la reducción a un mínimo de la concentración de elementos sólidos en suspensión durante el tratamiento primario.

Las recomendaciones formuladas por diversas fuentes nacionales discreparon no sólo en cuanto a la naturaleza de las aguas residuales que había que tratar, sino también respecto a las técnicas de tratamiento, a los aparatos, dimensiones, etc. Debido a dichas divergencias, hubo que llegar a la conclusión de que, en el caso de pequeñas instalaciones para una casa o para un pequeño grupo de ellas, deben considerarse factores importantes como: el grado de higiene personal en la localidad, el clima, la naturaleza del suelo y las costumbres del país.

Tratamiento secundario

Se observó una marcada división de opiniones en la cuestión de si el tratamiento proporcionado por el tanque séptico es suficiente, o bien si se necesita un tratamiento secundario antes de la distribución final del efluente. Las autoridades de Gran Bretaña no autorizan que el efluente descargue directamente del tanque séptico a una corriente o cualquier masa de agua. En Francia, se considera también insuficiente el tanque séptico como sistema de purificación y, por consiguiente, es obligatoria cualquier forma de tratamiento secundario. Por otro lado, en Alemania, se considera demasiado difícil el tratamiento secundario para una casa sola. En Bélgica, se utiliza algunas veces el tratamiento de lechos bacterianos, pero no es, en modo alguno, obligatorio, especialmente cuando el efluente puede descargarse en una corriente de agua que garantice una considerable dilución.

En Italia, al parecer, se considera conveniente el tratamiento secundario (se han realizado experimentos con pequeños filtros), pero no se ha establecido como medida obligatoria.

En los países en que es obligatorio el tratamiento secundario, se efectúa la oxidación del efluente en lechos que retienen las bacterias o bien mediante la absorción del subsuelo. En Francia, cuando se utiliza este último procedimiento, se lleva a cabo de tal forma que nunca se excede el coeficiente de saturación, teniendo en cuenta el promedio de precipitación pluvial de la región en que se esparcen las aguas residuales. Esto significa que el tratamiento de líquido por el subsuelo no es una filtración en las capas geológicas sino una adsorción del efluente en los coloides de la capa vegetal, de forma que los elementos nutritivos contenidos en él vuelvan al ciclo vegetativo general.

En la discusión relativa al funcionamiento eficaz de los lechos bacterianos se señalaron ciertos requisitos. Estos lechos deben estar lo suficientemente aireados, tener determinada altura mínima y no estar sobrecargados. Además, el primer efluente que entra en el lecho bacteriano debe estar en condiciones de experimentar la purificación biológica aeróbica; y, por consiguiente, deberán tomarse precauciones contra sustancias antibióticas, orgánicas e inorgánicas, que pueden obstruir por completo el proceso.

Pruebas de control

Fueron considerables las divergencias de opinión con respecto a los dos métodos de control más comúnmente utilizados, es decir, las pruebas de las materias en suspensión y las de las necesidades bioquímicas de oxígeno (BOD).

En relación con esta última, se llamó la atención hacia la intervención de excesivos factores en la prueba, particularmente al ensayar efluentes cargados de detergentes. Por ejemplo, los compuestos de amonio cuaternario, que detienen el proceso biológico, dieron resultado negativo en la prueba de la necesidad bioquímica de oxígeno, incluso en efluentes que son bastante pu-

trescibles. Se señaló que la interpretación de la necesidad bioquímica de oxígeno respecto a los efluentes finales podía mejorarse considerablemente si, en vez de tomar un punto en la curva, se tiene en cuenta el consumo en relación con el tiempo. Por comparación con la clásica curva de consumo, se podrá determinar el grado de purificación a que se ha llegado, incluso con una necesidad bioquímica de oxígeno débil.

La prueba de putrescibilidad con azul de metileno—medición de la reducción potencial de oxidación—se utiliza en Francia de preferencia a la de la necesidad bioquímica de oxígeno, especialmente por su sencillez y rapidez. Los participantes franceses pusieron de relieve la importancia de probar el contenido de nitrógeno, lo cual parece que indica más claramente que todas las demás pruebas, la calidad del efluente y, en particular, el grado de contaminación sucesiva que puede ocasionar.

Por lo que se refiere a las materias en suspensión, algunos participantes en las discusiones atribuyeron gran importancia al procedimiento de centrifugación, pero admitieron que era prematuro todavía recomendarlo como método único. Se consideró que la estandarización de la medición de materias en suspensión, sedimentales o no sedimentales, constituye un requisito previo para una mayor utilización de la prueba.

Se hizo la importante sugestión de que es preferible el muestreo continuo al análisis completo de una sola muestra.

Se observó cierto acuerdo en cuanto al hecho de que la prueba de necesidad bioquímica de oxígeno no se debe utilizar sola, sino en combinación con una prueba del nitrógeno orgánico, y con otra de las materias en suspensión.

SUPERVISION Y MANTENIMIENTO

De un modo general se aceptó que aun las más sencillas instalaciones requieren atención y mantenimiento. Parece ser que, por lo que se refiere a las casas verdaderamente aisladas y a las situadas a gran distancia de las demás en una comarca poco

poblada, no existe otra alternativa que la de que el dueño o sus empleados se encarguen del mantenimiento. En ciertos casos, la empresa constructora de las instalaciones se ocupará de su mantenimiento. De todas maneras, si las casas se encuentran a una distancia razonable resulta más económico y satisfactorio, por lo que a conservación de las instalaciones se refiere, un esfuerzo común, valiéndose de un contratista, o bien, mediante ciertos arreglos hechos por las autoridades municipales correspondientes.

Se expresó interés en los costos relativos de mantenimiento, pero se señaló que no era posible hacer una comparación de los diversos métodos de tratamiento de las aguas residuales. Se pudo comparar, sin embargo, el costo relativo sobre la base de condiciones locales similares de un grado de tratamiento también similar (véase el Cuadro No. 2).

Comentarios concretos pusieron de relieve que la causa del funcionamiento insatisfactorio de los pequeños tanques sépticos podía ser el hecho de que se vacían completamente, por lo que no quedan restos suficientes de cieno para promover la fermentación del cieno virgen y, en consecuencia, el proceso de la digestión dura mucho más.

Parece que, el ritmo o coeficiente de precipitación de cieno y el de la formación de espuma fueron estudiadas de una manera muy completa en los países anglosajones, en donde existen métodos e instrumentos para medirlos. Incluso se obtuvieron fórmulas matemáticas que expresan la cantidad de espuma formada por unidad de tiempo y los intervalos de extracción del cieno o de la espuma. En otros países los círculos científicos prestan más atención a los problemas de la formación del cieno que los que se benefician de los tanques sépticos. Según la experiencia de Francia, los tanques sépticos utilizados en el país no necesitan vaciarse más que cada tres o cuatro años. Los malos olores se evitan mediante la ventilación de los tanques con escapes de gas situados en lo alto de los edificios.

En general, se consideró que la supervisión

CUADRO No. 2.—Costo comparado de las obras de tratamiento de las aguas residuales de diversos tamaños bajo condiciones locales similares.

Tamaño del proyecto	Costo por casa (en libras esterlinas)			Costo total anual
	Costo total	Gastos anuales de amortización	Gastos anuales de conservación	
Una casa sola, con 20 yardas (18,28 m) de cañería de desagüe de 4 pulgadas de diámetro (10 cm)	120	8 (compra en un plazo de 20 años)	7	15
Grupo de 10 casas, con 15 yardas (13,72 m) de cañería de desagüe de 4 pulgadas (10 cm) por casa e instalaciones de tratamiento de aguas residuales en el propio lugar	80	2,5 (préstamo por 60 años)	2 (inspección cada 15 días)	4,5
Grupo de 100 casas, con 15 yardas (13,72 m) de cañería de desagüe de 4 pulgadas de diámetro (10 cm) y 20 yardas (18,28 m) de alcantarillado de 6 pulgadas (15 cm) por casa. Instalaciones de tratamiento de aguas residuales, situadas fuera del contorno de las viviendas	100	5 (préstamo por 30 años)	1,5 (inspección semanal)	6,5
Proyecto centralizado para 1.000 casas, con 15 yardas (13,72 m) de cañería de desagüe, de 4 pulgadas (10 cm) de diámetro, 20 yardas (18,28 m) de alcantarillado de 6 pulgadas (15 cm), 10 yardas de alcantarillado de 9 pulgadas (23 cm) por casa y 2 instalaciones auxiliares de bombeo.	200	10 (préstamo por 30 años)	1 (personal señalado)	11

de los tanques tenía menos importancia en los de un piso que en los de dos.

DESAGÜE FINAL DEL EFLUENTE

La discusión evidenció la falta de unanimidad sobre si el efluente debe desaguar en una corriente, ser utilizado en el regadío o absorbido por el subsuelo. En cuanto a lo primero, se planteó la cuestión de si dicha corriente, aun cuando el efluente hubiera sido objeto de tratamiento secundario, podría proporcionar un grado suficiente de dilución.

Se expresó la opinión de que debe dedicarse mayor atención al desagüe de efluentes de instalaciones pequeñas, pues el peligro de transmisión de enfermedades es mayor que en el caso de los efluentes de grandes instalaciones.

La conveniencia de su absorción por el subsuelo depende de la naturaleza del suelo.

Se recomendó tomar precauciones, tratándose de suelos de grava gruesa y de suelos agrietados. Se aceptaron en general las precauciones recomendadas respecto a estos últimos suelos, pero no se llegó a un acuerdo en relación con los suelos de grava gruesa. En Inglaterra se considera el suelo de grava como una excelente materia de purificación de las aguas residuales.

En Bélgica, aunque se utiliza el drenaje subterráneo, el método preferido es el de desagüe en una zanja.

Se sugirió que se podría obtener cierta orientación sobre este problema en algunas de las interesantes investigaciones llevadas a cabo en los Estados Unidos y en Bengala, en el delta del Ganges, sobre el alcance de la contaminación de la capa subterránea. En ambos lugares existen tierras de aluvión o arenosas. El método de experimentación consistió en la distribución de cantidades conocidas de materias fecales en hoyos que,

a veces, llegaban hasta el agua del subsuelo, y, a continuación, se medía el grado de contaminación del agua de las proximidades, así como la dirección y longitud del flujo. La longitud inicial del flujo de contaminación, determinada por medios químicos, fué bastante modesta, de unos doscientos pies (60 m. aproximadamente); pero la determinación por medios bacteriológicos (el recuento de *Escherichia coli*), dió una longitud bastante menor. Tras emplearse este método por largo tiempo o por un período relativamente largo, el grado de contaminación del agua del subsuelo disminuyó más aún, por formarse un lecho filtrante alrededor del hoyo, del mismo modo que se forma un filtro biológico en los filtros de arena de acción lenta. Al poco tiempo, la contaminación bacteriológica quedó reducida a distancias de 2, 3 y 5 pies (0,61, 0,91 y 1,52 m., respectivamente) del verdadero punto de contaminación. Si este fenómeno puede confirmarse por nuevas investigaciones en otros suelos, se facilitará muchísimo el problema del desagüe de instalaciones pequeñas, y se aclarará en gran medida los problemas afines de instalación de letrinas y pozos.

Cieno

La discusión concedió particular atención a la desecación del cieno y su utilización como abono, por no considerar apropiado desde el punto de vista sanitario, esparcir

el cieno recién sacado sobre las tierras de cultivo de los países europeos.

El cieno bien digerido se puede secar muy bien en lechos secadores de desagüe inferior, y lo que queda se puede utilizar como fertilizante de tierras de labor y de jardines. El cieno puede mezclarse con sustancias vegetales que, fermentadas, constituyen un abono de calidad aceptable, fácil de manejar y de esparcir. Es de utilidad como acondicionador del suelo y se puede vender a precios que cubren los gastos de producción.

Los agricultores se quejan, en ocasiones, del escaso contenido nitrogenado del cieno para abono. Pero lo que ocurre es que si bien el cieno fresco contiene más materias nitrogenadas que el cieno preparado para abono, este nitrógeno no es totalmente asimilable por las plantas. Estas sólo pueden utilizar el nitrógeno en forma de amoníaco o de nitritos o nitratos, de modo que las materias nitrogenadas del cieno crudo se tienen que descomponer en otras más simples para que sean asimilables por las plantas. Cuando se aplica el cieno recién extraído a la tierra, gran parte del nitrógeno se transforma por descomposición aeróbica, y pasa a la atmósfera, en vez de ir a las plantas. En Alemania se considera que gran parte del valor del cieno para abono depende del contenido de humus, y que el mejoramiento del suelo producido por la mezcla es mucho más importante que el valor fertilizante del cieno medido por su contenido en nitrógeno.