

Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 367

TRATAMIENTO Y EVACUACION DE DESECHOS

**Informe
de un Grupo Científico
de la OMS**

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

GINEBRA

1967

© Organización Mundial de la Salud 1967

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Ello no obstante, los organismos gubernamentales, las sociedades culturales y científicas y las asociaciones profesionales pueden reproducir ilustraciones, datos o extractos de esas publicaciones sin necesidad de pedir autorización a la Organización Mundial de la Salud.

Las entidades interesadas en reproducir o traducir íntegramente alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización de la División de Servicios de Edición y de Documentación, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que se presentan los datos que contiene no implican, por parte del Director General de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o del nombre comercial de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

PRINTED IN SWITZERLAND

INDICE

	Página
1. Introducción	5
2. Problemas actuales	6
3. Aguas residuales	7
3.1 Datos	7
3.2 Problemas relacionados con la evacuación de aguas residuales	10
3.3 Recogida y tratamiento simplificados de las aguas residuales	11
3.4 Desechos tóxicos y persistentes	11
3.5 Aprovechamiento de las aguas residuales	12
3.6 Materiales y procedimientos nuevos	12
3.7 Instalaciones y equipo	13
4. Desechos sólidos	13
4.1 Datos	13
4.2 Tecnología	15
4.3 Instalaciones y equipo	18
5. Administración y gestión	19
5.1 Investigaciones operativas	19
5.2 Gestión regional de los desechos	20
5.3 Gestión económica	21
5.4 Educación popular	22
5.5 Personal	23
5.6 Reunión y difusión de información	24
6. Investigaciones necesarias	25
6.1 Datos básicos	26
6.2 Tecnología	27
6.3 Instalaciones	28
6.4 Administración y gestión	28
7. Recomendaciones	29
Anexo. Bibliografía	31

**GRUPO CIENTIFICO DE LA OMS
SOBRE TRATAMIENTO Y EVACUACION DE DESECHOS**

Ginebra, 6-12 de diciembre de 1966

Miembros :

- Profesor J. M. de Azevedo Netto, Escuela de Salud Pública, Universidad de São Paulo, Brasil
- Sr. N. F. Guljaev, Jefe del Servicio de Evacuación de Desechos Urbanos, Academia de Economía Municipal, Moscú, URSS
- Sr. R. R. L. Harcourt, Subdirector (Higiene del Medio), División de Salud Pública, Departamento de Sanidad, Wellington, Nueva Zelandia (*Relator*)
- Profesor O. Jaag, Director del Instituto Federal de Abastecimiento de Agua, Depuración de Aguas Residuales y Lucha contra la Contaminación del Agua, Zurich, Suiza (*Vicepresidente*)
- Profesor D. A. Okun, Jefe, Departamento de Mesología e Ingeniería, Escuela de Salud Pública, Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill, N.C., Estados Unidos de América (*Presidente*)
- Profesor H. I. Shuval, Asesor de Ingeniería Sanitaria, Ministerio de Sanidad, Director del Laboratorio de Higiene del Medio, Escuela de Medicina Hadassah, Universidad Hebrea, Jerusalén, Israel
- Sr. J. Sumner, Inspector de Ingeniería, Ministerio de Vivienda y Administración Local, Whitehall, Londres, Inglaterra
- Sr. W. A. G. Westrate, Funcionario de Salud Pública, División de Higiene del Medio, Ministerio de Asuntos Sociales y Salud Pública, Ledischendam, Países Bajos

Secretaria :

- Sr. W. E. Gilbertson, Jefe, Servicio de Desechos Sólidos, Oficina de Servicios Estatales, Departamento de Sanidad, Educación y Asistencia Social, Washington, D.C., Estados Unidos de América (*Asesor temporero*)
- Sr. L. A. Orihuela, Jefe del Servicio de Evacuación de Desechos, División de Higiene del Medio (OMS) (*Secretario*)

TRATAMIENTO Y EVACUACION DE DESECHOS

Informe de un Grupo Científico de la OMS

Del 6 al 12 de diciembre de 1966 se reunió en Ginebra un Grupo Científico de la OMS sobre Tratamiento y Evacuación de Desechos. El Sr. C. H. Atkins, Director de la División de Higiene del Medio, abrió la reunión en nombre del Director General. Se eligió Presidente al Profesor D. A. Okun, Vicepresidente al Profesor O. Jaag y Relator al Sr. R. R. L. Harcourt.

1. INTRODUCCION

Ningún problema de higiene del medio ha tenido nunca tanta importancia como el de la evacuación de los desechos líquidos y sólidos de las colectividades humanas. La acumulación de basuras domésticas alrededor de los campamentos obligó sin duda a las antiguas tribus nómadas a desplazarse en busca de nuevos emplazamientos limpios y llegó a ser, en consecuencia, uno de los factores que determinaron la dispersión del género humano. Hasta el fin de la Edad Media era cosa corriente arrojar las basuras a la calle por la puerta y la ventana, e infinidad de personas eran víctimas de las epidemias propagadas por las ratas y moscas que se criaban en esos desechos.

Hoy día, el medio ambiente se está contaminando más que nunca por la acumulación de desechos líquidos y sólidos. Ello representa una carga abrumadora engendrada por la prosperidad creciente, favorecida por el aumento demográfico, reforzada por la tecnología y poco menos que ignorada por la sociedad.

Anteriores grupos científicos y comités de expertos de la OMS han examinado los aspectos generales de la contaminación del agua y la manera de combatirla. En sus informes han subrayado la necesidad de perfeccionar los métodos tradicionales de tratamiento de desechos, de adoptar procedimientos nuevos y más económicos y de emprender investigaciones sobre el aprovechamiento de los efluentes y de los productos resultantes del tratamiento. Atenta siempre a este problema, la OMS ha convocado un Grupo Científico sobre Tratamiento y Evacuación de desechos, encargado de pasar revista a los conocimientos actuales sobre el tratamiento de las aguas residuales y los desechos sólidos, de estudiar los problemas más importantes que se plantean a ese respecto y de formular recomendaciones sobre las investigaciones necesarias en esta esfera.

2. PROBLEMAS ACTUALES

El rápido aumento de la densidad de la población mundial provocado por la urbanización y la industrialización está convirtiendo la recogida, el tratamiento y la evacuación de desechos líquidos y sólidos en un vasto y complejo problema que puede tener graves consecuencias para la salud pública.

Las cantidades de agua que se destinan a usos municipales, agrícolas e industriales aumentan de manera tan considerable que al mayor volumen de aguas residuales hay que añadir una mayor concentración de contaminantes. La intensificación de la descarga de aguas residuales en corrientes cuyo caudal disminuye al aumentar el número de las captaciones, impide ya contar, en la misma medida que antes, con la capacidad de autodepuración de las aguas receptoras. La disminución de las posibilidades de dilución de los desechos, la necesidad cada vez más apremiante de utilizar de nuevo las aguas y el interés cada día mayor que manifiesta la población por mantener limpias las corrientes de agua, constituyen los elementos del problema que plantea el tratamiento y la evacuación de las aguas residuales. Es, por lo tanto, indispensable encontrar técnicas nuevas y perfeccionadas que permitan eliminar de esas aguas una proporción de contaminantes mucho mayor que por los procedimientos actuales. Están en curso investigaciones sobre los llamados métodos « terciarios » de tratamiento para disminuir la contaminación y sobre el aprovechamiento directo de las aguas residuales con fines agrícolas, industriales y recreativos e incluso para el abastecimiento de los municipios en las regiones donde escasea el agua.

Otro problema, cuya importancia aumenta de día en día, es el de la recogida de desechos sólidos, especialmente de las basuras municipales y de los cienos resultantes del tratamiento de las aguas servidas y de los efluentes industriales. Si no se eliminan de manera satisfactoria, los desechos sólidos, cuya producción es incesante, constituyen sin ningún género de dudas una amenaza para la salud pública, contribuyen a la contaminación del aire, del agua y del suelo, y favorecen la proliferación de moscas, roedores y otros vectores de enfermedades. A pesar de este peligro, lo que se ha hecho en materia de eliminación de desechos sólidos ha sido muy poco, en comparación con los progresos realizados en el tratamiento de las aguas residuales.

Es posible hacerse una idea de la importancia del problema si se piensa que, en los países muy industrializados, los municipios destinan a la recogida y evacuación de desechos sólidos hasta el 20 % de sus presupuestos, porcentaje que tendrán que aumentar para realizar adecuadamente esas operaciones.

La evacuación de desechos debe hacerse en un medio aislado que no comprenda más que tierra, aire o agua. Cuando se eliminan los residuos líquidos, sólidos o gaseosos procedentes del tratamiento de desechos deben descargarse en uno o varios de estos elementos del medio. Como ninguno de ellos está al abrigo de la contaminación, cualquier solución que haya de darse al problema general de la evacuación de desechos exige que antes se decida qué elemento del medio puede recibir los residuos con menor daño para el conjunto. Dicho de otro modo, cuando sea preciso elegir emplazamiento para la evacuación de residuos habrá que estudiar el efecto total de éstos sobre el medio. Los desechos no deben ya transferirse de un elemento del medio a otro sin hacer antes un estudio adecuado, precaución ésta que reviste una importancia particular, toda vez que algunos residuos subsisten de manera permanente. Teniendo en cuenta la movilidad del aire y del agua es evidente que la tierra constituye en la mayoría de los casos el receptáculo más seguro y más cómodo.

Los sistemas de recogida y evacuación de desechos son complejos y su instalación y explotación resultan bastante costosas. Los métodos y las estaciones de tratamiento están concebidos para funcionar dentro de ciertos límites, pasados los cuales se corre el riesgo de que resulten excesivos los gastos, de que se recargue e inutilice el sistema y de que se causen daños al medio. Todos los servicios de explotación deben tomar las medidas administrativas y económicas necesarias para asegurar el funcionamiento eficaz de las instalaciones.

La evacuación de residuos suele correr a cargo de organismos públicos como un servicio cuyo costo puede compensarse en parte con el valor de los materiales recuperados o mediante la evacuación de los residuos de manera que reporten cierta utilidad. No hay que olvidar, sin embargo, que la recuperación de una parte de los desechos para su aprovechamiento, si bien permite reducir el volumen de los residuos, no hace más que diferir el problema de su eliminación definitiva.

Aunque la responsabilidad individual no cuenta mucho para la recogida y evacuación de desechos, es importante la actitud personal, puesto que está en manos de cada uno abstenerse de arrojar desechos a su alrededor. De la falta de responsabilidad individual proviene, en buena parte, la indiferencia del público y de las autoridades hacia la necesidad de mejorar la evacuación de desechos.

3. AGUAS RESIDUALES

3.1 Datos

Las instalaciones actuales de recogida, tratamiento y evacuación de aguas residuales presentan en los distintos países diferencias muy consi-

derables. Algunas colectividades de países muy desarrollados ofrecen a todos sus miembros — en los sectores público, privado e industrial — una red de alcantarillado satisfactoria, mientras que otros centros urbanos, sobre todo de los países en desarrollo, disponen de un alcantarillado público muy modesto y carente de estaciones de tratamiento. Por otra parte, en la mayoría de las aglomeraciones urbanas es sumamente urgente que los servicios públicos tomen las medidas necesarias para no dejarse distanciar por el rápido crecimiento. El aumento de la población mundial es considerable, pero las tasas de crecimiento urbano son superiores en más del doble a las tasas nacionales. Este crecimiento puede producirse verticalmente y resultar en una gran densidad de población, u horizontalmente y determinar la expansión de las aglomeraciones urbanas. Por eso, incluso las ciudades que actualmente disponen de servicios adecuados se ven obligadas a hacer cuantiosas inversiones en previsión del mañana.

A la vez que aumenta la producción de desechos como consecuencia del crecimiento demográfico, aumenta también la producción de aguas residuales por habitante. En muchas ciudades se ha llegado a los 600 litros por día, sin que se pueda prever un límite. Este aumento de la producción de aguas residuales por habitante se debe a la extensión de las instalaciones de agua corriente y a la elevación del nivel de vida. La utilización de ciertos aparatos que ahorran trabajo, como las máquinas lavadoras y los trituradores de basuras, contribuyen sensiblemente al aumento del consumo doméstico de agua. Desgraciadamente, el volumen de las aguas residuales de una colectividad no se conoce con exactitud hasta que no se ha terminado la construcción de la red de alcantarillado; de ahí que sea tan necesario obtener datos comparativos procedentes de colectividades análogas.

Además de ser muy considerable el volumen de las aguas residuales, es también importante su contenido de contaminantes orgánicos y minerales pues alcanza la cifra de 10 litros diarios de cienos por habitante, o sea 50 kg anuales de desechos sólidos secos por habitante, sin contar los desechos industriales. Tratados rápidamente con las técnicas más modernas, estos sólidos putrescibles no deben plantear ningún problema de estética ni de higiene en los centros urbanos; ahora bien, cuando los sistemas de alcantarillado y evacuación son insuficientes, representan un peligro para la salud y una fuente de molestias públicas que entorpecen el desarrollo ordenado de la colectividad.

La cuantía de los fondos destinados cada año al tratamiento de las aguas residuales pone de relieve la magnitud del problema. En algunos países se llega a la cifra de 15 dólares por habitante, lo que representa una inversión de 100 a 200 dólares por habitante. Las más de las veces, ni siquiera estos gastos tan considerables son suficientes para garantizar un servicio adecuado.

Para trazar un sistema racional de evacuación de desechos es preciso disponer de múltiples datos:

a) *Datos básicos* : población servida por los sistemas existentes y población de las zonas urbanas que carece de sistemas de evacuación de aguas residuales ; tendencias y estimaciones de la evolución demográfica ; volumen y composición de las aguas residuales y sus variaciones.

b) *Aguas receptoras* : datos básicos sobre el estado de las aguas naturales ; clasificación de las aguas receptoras en función del uso, de la contaminación etc.

c) *Instalaciones* : encuestas sobre las instalaciones existentes y datos sobre su rendimiento (en particular informes sobre las dificultades de funcionamiento y las deficiencias de los sistemas de tratamiento y evacuación de aguas residuales y cienos) ; datos sobre el costo de los sistemas de recogida, tratamiento y evacuación (especialmente sobre los gastos de construcción, conservación, explotación y amortización), presentados de forma que permitan la comparación entre regiones ; datos sobre la magnitud del aprovechamiento de las aguas residuales y sobre los problemas que plantea.

d) *Cienos* : datos sobre la cantidad y la calidad de los cienos procedentes de aguas residuales (con indicación del contenido de sustancias orgánicas, humedad, nutrientes vegetales y sustancias tóxicas, de sus propiedades caloríficas y de su valor para alegamar y fertilizar las tierras) ; datos sobre los métodos de desecación y eliminación de cienos y sobre el costo de su evacuación y utilización ; datos sobre la proporción de cienos eliminados con otros desechos sólidos por transformación en abonos orgánicos o incineración.

La reunión de datos cuantitativos y cualitativos sobre las aguas residuales y sobre los efectos de su descarga en el medio acuoso deja con frecuencia mucho que desear, en parte porque no se dispone de bastantes ingenieros químicos, biólogos y otros técnicos para la ejecución de las encuestas necesarias. Cuando se han recogido datos ha sido a costa de mucho trabajo y dinero, y con técnicas que hacen con frecuencia difíciles el análisis y la interpretación.

Muchas propiedades de las aguas residuales (por ejemplo el caudal, la presión, la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, la turbiedad, el color y la salinidad) se prestan al control automático y pueden analizarse y conservarse electrónicamente. Pero ni los medios técnicos disponibles se han aplicado en toda la medida posible ni las investigaciones son suficientes para adoptar métodos de observación automática de otras propiedades. El sistema de observación que se adopte debe ser compatible con un sistema de control y de alarma destinado a proteger el medio contra la posibilidad permanente de una nueva contaminación debida a un fallo de las instalaciones de tratamiento de desechos.

3.2 Problemas relacionados con la evacuación de aguas residuales

La aceleración constante de la urbanización y de la industrialización entraña un aumento todavía más rápido de la contaminación del agua que, en muchas regiones del mundo, ha comprometido seriamente la salud pública, y ha provocado un deterioro general de los recursos naturales. Los manantiales de agua potable están con frecuencia amenazados por concentraciones cada vez mayores de organismos patógenos y por muchos de los nuevos productos químicos tóxicos utilizados en la industria y en la agricultura.

Los ríos y los lagos reciben en muchos casos cantidades de sustancias orgánicas putrescibles que exceden con mucho de la capacidad natural de depuración de las aguas receptoras, lo cual provoca el deterioro de las aguas destinadas al consumo, crea graves molestias e inconvenientes y tiene importantes consecuencias de orden económico y sanitario. Con frecuencia el agua de los lagos receptores de aguas residuales « completamente tratadas » queda deteriorada por el aumento del contenido de nutrientes que, por un fenómeno de eutrofia, favorece la proliferación de algas y de otros vegetales. Los métodos clásicos de tratamiento sólo eliminan una parte de los nutrientes críticos, como el nitrógeno y el fósforo, que aceleran ese proceso.

Los desechos procedentes de la fabricación de insecticidas y los residuos de su aplicación han causado la muerte de gran número de peces y ponen además en peligro la salud del hombre y de los animales. Otros efluentes industriales pueden causar perjuicios estéticos, como ocurre, por ejemplo, con los tintes, las sustancias malolientes y los detergentes. Como muchos de estos productos químicos tóxicos y molestos sólo son eliminados parcialmente por los métodos de tratamiento actuales, se están estudiando técnicas de extracción más eficaces.

Diversos estudios han revelado que los nuevos métodos de tratamiento permiten eliminar del 97 al 99 % de los sólidos en suspensión, de los agentes tensioactivos y de los fosfatos, y reducir en igual proporción la demanda biológica y la demanda química del oxígeno, pero sólo permiten eliminar el 75 % del nitrógeno total. Además, muchos de estos métodos no han sido ensayados todavía en gran escala. Las técnicas de desmineralización permiten también eliminar de las aguas residuales, en la medida deseada, los sólidos disueltos.

Desde el punto de vista económico, la justificación de un tratamiento tan complejo depende del tipo de aprovechamiento previsto, así como del valor y de la importancia de la fuente de agua natural que se trata de proteger.

Otro problema que ha de tenerse en cuenta es la posibilidad de descargar en el sistema de recogida de aguas residuales los desechos sólidos pulverizados de origen doméstico e industrial. Esta solución, atractiva por

razones de comodidad, ha de estudiarse en función del problema general de la eliminación de desechos ; como las aguas residuales arrastrarían una mayor cantidad de sólidos, habría que contar con instalaciones de tratamiento adecuadas.

3.3 Recogida y tratamiento simplificados de las aguas residuales

En los países en desarrollo, las disponibilidades de terreno, mano de obra, equipo y fondos suelen ser muy distintas de las que existen en los países desarrollados. Habida cuenta de las diversas condiciones locales se encuentran muchas veces soluciones técnicas diferentes para problemas análogos. Con demasiada frecuencia, sin embargo, se aplican sin ningún discernimiento a los países en desarrollo normas de construcción utilizadas en los países industriales, obligándoles a hacer inversiones de capital excesivas. La adquisición, la explotación y la conservación del material pueden ser difíciles y consumir inútilmente las escasas reservas de divisas. Es preciso, pues, organizar programas técnicos que tengan en cuenta las disponibilidades generales de terreno y mano de obra de los países en desarrollo. Los estanques de estabilización y los dispositivos manuales de extracción de cienos constituyen soluciones satisfactorias para esos países ; conviene por ello perfeccionar los métodos de ese tipo.

3.4 Desechos tóxicos y persistentes

Por lo general, la industria no se ha ocupado de los efectos que pueden tener sobre el medio líquido los desechos de los productos o de los procedimientos industriales nuevos. Es raro, también, que cuando se conciben proyectos industriales los gobiernos se ocupen de los posibles efectos a largo plazo de tales productos y procedimientos sobre el medio ambiente. Los detergentes, los plaguicidas y otros desechos tóxicos muy persistentes plantean en los países desarrollados un problema de creciente gravedad, con el que se enfrentarán un día los países en desarrollo.

Los productos químicos particularmente persistentes y tóxicos no deben descargarse en el sistema público de evacuación de aguas residuales. Hay que estudiar la posibilidad de establecer « terrenos de inhumación » regionales para esos desechos. Es preciso además que las industrias sometan sus desechos a un tratamiento previo a fin de que no causen daños en el sistema de evacuación y tratamiento de las aguas residuales ni deterioren las aguas receptoras.

Muchos contaminantes que antes se eliminaban en la atmósfera se descargan hoy día en el sistema de evacuación de aguas residuales. Como se ha dicho antes, los desechos no deben trasladarse de un elemento del medio a otro sin un estudio adecuado de sus efectos sobre el medio en su totalidad.

3.5 Aprovechamiento de las aguas residuales

Practicado desde hace muchos años, sobre todo en la agricultura, el aprovechamiento de las aguas residuales ha adquirido en los últimos años una importancia considerable, no sólo como medio de lucha contra la contaminación del agua, sino como recurso para aumentar los suministros de agua destinados a usos agrícolas, industriales y municipales. Ahora bien, la depuración de las aguas residuales destinadas al consumo humano presenta para la salud pública riesgos considerables que es preciso estudiar cuidadosamente a medida que se dispone de técnicas para llevar a cabo el alto grado de tratamiento necesario. Por ejemplo, no se conocen suficientemente los efectos a largo plazo de ciertos oligoelementos que se encuentran en las aguas residuales y hay también mucho que aprender acerca de la eliminación de las formas más persistentes de la contaminación microbiológica, por ejemplo, ciertos enterovirus. Dado el grave riesgo que puede presentar para la salud pública un fallo, aunque sea breve, de las instalaciones de tratamiento de agua, es preciso extremar las precauciones técnicas y prever para esas instalaciones márgenes de seguridad muy considerables.

Conviene señalar, sin embargo, que en realidad, el aprovechamiento de las aguas residuales para el consumo humano se practica mucho en todo el mundo, aunque no siempre de manera deliberada. Las colectividades que tratan las aguas superficiales contaminadas para hacerlas aptas para el consumo no hacen en efecto otra cosa que utilizar de nuevo aguas residuales más o menos depuradas. En esos programas no se ha explorado suficientemente la posibilidad de utilizar las aguas residuales así recuperadas para muchos usos municipales y domésticos y no sólo para el consumo. Se podría, por ejemplo, reservar para ese fin el agua de calidad superior y destinar a usos secundarios el agua de calidad inferior, una vez tomadas las disposiciones necesarias para hacerla biológicamente inocua y para impedir que se utilice por error como agua potable.

3.6 Materiales y procedimientos nuevos

Las modernas técnicas de ingeniería y los materiales nuevos permiten abordar de manera enteramente inédita el problema de la recogida y el tratamiento de las aguas residuales. Es preciso estudiar las posibles aplicaciones de los materiales nuevos (las tuberías de plástico, por ejemplo) y las innovaciones en los métodos de transporte de desechos como son, por ejemplo, los sistemas de evacuación en el vacío o a presión. Por otra parte, no se han desplegado suficientes esfuerzos para encontrar procedimientos económicos de tratamiento de aguas residuales que permitan acelerar el mejoramiento de las instalaciones de depuración tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo.

La construcción de instalaciones piloto y la ejecución de programas de demostración permitirían evaluar los aspectos técnicos, económicos y sanitarios de estas innovaciones urgentemente necesarias.

3.7 Instalaciones y equipo

Cada día es mayor la disparidad entre la producción de desechos domésticos e industriales resultantes de la civilización que vienen a aumentar la contaminación de las aguas, y el ritmo de construcción de nuevas instalaciones destinadas a reducir esa contaminación. La situación ha llegado ya a un punto crítico en los países industrializados, pero también plantea un problema cada vez más importante en los centros urbanos en rápida expansión de los países en desarrollo. En el mejor de los casos, el ritmo de construcción de estaciones de depuración sigue siendo lento en relación con las necesidades. Se ha calculado que manteniendo el ritmo actual se llegará todo lo más a proteger el agua contra una mayor contaminación, pero no a mejorar su calidad. En los países en desarrollo, el proceso de urbanización es tan rápido que los programas actuales de evacuación y tratamiento de aguas residuales van muy a la zaga de las necesidades de la colectividad y, en muchas regiones, el problema de la eliminación de los desechos, hoy todavía en segundo plano, llegará a ser pronto extremadamente grave. Si los países en desarrollo no intensifican sus esfuerzos a fin de adquirir el equipo necesario para el tratamiento y la evacuación de las aguas residuales es probable que los centros urbanos no se desarrollen de manera enteramente normal. La falta de medios adecuados de evacuación de aguas residuales puede, en efecto, tener repercusiones económicas mucho más amplias que las que se asocian generalmente a los aspectos sanitarios del problema, comprometiendo, en particular, el desarrollo industrial y el turismo.

4. DESECHOS SOLIDOS

4.1 Datos

Los desechos sólidos comprenden las basuras domésticas y todos los desperdicios sólidos procedentes de actividades comerciales, industriales y agrícolas.

Las basuras domésticas contienen papel, cartones, metales, cristales, restos de comida, cenizas, plásticos, maderas y otras sustancias desechadas de las casas, así como muebles viejos, utensilios domésticos, etc.

La elevación del nivel de vida va acompañada de un aumento de la cantidad de papel, cartones, plásticos, cristales y otros materiales de embalaje. Al propio tiempo, el mayor empleo del gas, el petróleo y la elec-

tricidad para la calefacción y la cocina ha reducido el contenido de cenizas en los desechos sólidos, mientras que la proporción de papel y de materiales análogos en las basuras domésticas alcanza ya más del 50 % en algunos países, y tiende a aumentar.

Los residuos comerciales provienen de los mercados, tiendas, restaurantes, oficinas, etc. Su volumen es cada día mayor, no sólo por la expansión de las actividades comerciales, sino por la dificultad de eliminarlos *in situ*.

Los residuos industriales comprenden una gran variedad de desechos : desde las materias completamente inertes, como el carbonato cálcico, hasta los compuestos sumamente tóxicos y explosivos. Entran también en esta categoría los recortes y chatarras de ciertas fábricas, los cienos y escorias de los procesos industriales y los desechos de la industria de elaboración de alimentos. Los desechos producidos en gran cantidad en las minas o en otras operaciones análogas suelen ser tratados por las propias industrias. En general, el desarrollo natural y la diversificación de la industria, unidos a los rápidos progresos de la tecnología, han provocado un aumento sensible no sólo del volumen de los residuos industriales sino de su complejidad.

Los desechos agrícolas proceden de la producción y elaboración de alimentos y de otros cultivos, así como de la cría y el sacrificio del ganado. En muchas regiones, el cultivo de la tierra en las proximidades de las zonas urbanas obliga a tomar en consideración este tipo de desechos, cuyo volumen va en aumento, como parte del problema general de la evacuación de desechos urbanos.

En general, los desechos de la colectividad comprenden los escombros de derribos y construcciones, las basuras municipales, los vehículos destinados a la chatarra y los residuos procedentes de servicios públicos como hospitales, mataderos, sistemas de transporte, parques, canales y puertos. La manipulación de los desechos que pueden ser peligrosos, procedentes, por ejemplo, de hospitales, puertos y aeropuertos internacionales y empresas que utilizan materiales radiactivos, exige precauciones especiales. Lo mismo que en las demás categorías, el volumen de estos desechos va en aumento.

Cabe afirmar que en todas partes las cantidades de desechos sólidos producidos por persona y por día aumentan como consecuencia de la evolución social, económica y técnica. Además, el mejoramiento de las encuestas permite actualmente obtener datos cuantitativos más exactos. Por ejemplo, las encuestas científicas emprendidas hace unos 20 años en algunas ciudades y que abarcaban todas las categorías de desechos sólidos han puesto de manifiesto una discrepancia sorprendente entre las estimaciones anteriores puramente conjeturales y el volumen real de desechos. Hasta 1945 más o menos, se calculaba que la producción de desechos sólidos oscilaba entre 350 y 400 kg por habitante y por año. Los minuciosos

muestreos y las pesadas efectuados con posterioridad en zonas representativas revelaron que en el medio urbano el peso de los desechos sólidos era del orden de 600 kg por habitante y por año.

La elevación del nivel de vida, el auge de la construcción, la generalización de los embalajes de los productos de consumo y el extraordinario aumento del uso del papel, de los materiales a base de papel y de las sustancias sintéticas han hecho aumentar de tal manera la cantidad de desechos urbanos, que el peso medio de éstos en los países industriales no baja probablemente de 700 kg por habitante y por año. El aumento anual oscila entre el 1 % y el 2 %. Por otra parte ha disminuido la densidad de las basuras y ha aumentado considerablemente su volumen, que con frecuencia llega a 5 m³ por habitante y por año.

Las cifras precedentes dan una idea de la producción de desechos en los centros urbanos muy desarrollados de los países industrializados donde el nivel de vida es relativamente elevado. Las cifras correspondientes a otras regiones son por ahora más bajas, pero probablemente llegará un día en que esa diferencia desaparezca. En los países en desarrollo, en cambio, las cantidades de desechos sólidos representan probablemente una proporción muy pequeña de las cifras indicadas.

Aun así, estos datos no reflejan exactamente la masa suplementaria de desechos sólidos producidos por los trabajos agrícolas y por las grandes operaciones industriales, ni tienen tampoco en cuenta los contaminantes sólidos que, en cantidad cada día mayor, son separados de los desechos gaseosos y líquidos por técnicas de tratamiento perfeccionadas que ha sido preciso adoptar para responder a normas más estrictas en materia de higiene del medio.

4.2 Tecnología

El considerable aumento de la producción de desechos, además de crear dificultades de almacenamiento, recogida y transporte, plantea problemas de tratamiento y eliminación. Las casas y los apartamentos modernos no suelen disponer de espacio para el depósito en condiciones satisfactorias del volumen y del tipo de desechos que hoy se producen. Además, en muchos países es difícil encontrar personas que se encarguen de la recogida de basuras y, por otra parte, la congestión creciente de la circulación obstaculiza y retrasa los transportes. Los sistemas inadecuados de depósito y recogida de basuras pueden comprometer la salud y la seguridad y tener consecuencias nocivas para todo el vecindario.

Los sistemas de eliminación sobre el terreno permiten superar hasta cierto punto estas dificultades, pero pueden plantear — y de hecho han planteado — otros problemas. Por ejemplo, los incineradores *in situ* reducen considerablemente el volumen de las basuras, pero pueden contaminar la atmósfera hasta un grado inaceptable si no se construyen y utilizan racio-

nalmente. Por desgracia, los resultados obtenidos en algunos países revelan que la construcción, la utilización y el rendimiento de estos incineradores dejan mucho que desear. Estos dispositivos sólo son aceptables cuando han de servir a una colectividad suficientemente grande que justifique las inversiones necesarias para la adquisición de un equipo adecuado y los gastos del personal de inspección.

Los trituradores de basuras domésticos contribuyen a reducir el volumen de residuos putrescibles que han de evacuarse, pero así y todo es preciso recoger, tratar y eliminar el 85 % o más del volumen total.

Los procedimientos actuales de evacuación de residuos son generalmente los vertederos, la descarga controlada o terraplén higiénico, la incineración, la transformación en abono compuesto y la descarga en el mar; en algunos casos el volumen de las basuras se reduce mecánicamente antes de depositarlas en vertederos o en un terraplén.

Los vertederos, de uso muy extendido, son sumamente antihigiénicos, ponen en peligro la salud pública, ocasionan molestias y provocan una grave contaminación del medio. Convendría prohibirlos y reemplazarlos por procedimientos más racionales.

El terraplén higiénico o descarga controlada es un método aceptable si se practica en un lugar adecuado y si se elimina toda posibilidad de contaminación de las aguas superficiales y de las aguas subterráneas. En determinadas circunstancias, este método permite bonificar terrenos para usos urbanos. Pero, generalmente, es difícil encontrar terrenos convenientes dentro o cerca de las aglomeraciones urbanas. En las zonas superpobladas, la falta de terrenos suficientes para esta operación ha hecho necesaria la adopción de otros sistemas.

La incineración se practica con éxito en diversos países industrializados, en particular en las grandes ciudades. Este método reduce a un 20 y hasta a un 15 % el volumen inicial las basuras domésticas que han de eliminarse, generalmente por descarga controlada. Sin embargo, en muchas instalaciones antiguas, los dispositivos empleados para eliminar los contaminantes de los efluentes gaseosos no responden a las normas establecidas, o que pronto se adoptarán, en relación con la contaminación atmosférica.

Las cantidades cada vez mayores de desechos voluminosos, como los muebles viejos y otros artículos domésticos, plantean asimismo problemas en la mayoría de los incineradores actuales. Algunas instalaciones están provistas de máquinas especiales que trituran esos desechos antes de la incineración.

La transformación de las basuras domésticas en abono compuesto junto con los cienos de las aguas residuales y otros desechos orgánicos, como desperdicios de mercados y desechos agrícolas, es una solución que ha sido adoptada en algunas ciudades de varios países. Ese abono es útil empleado como humus o fertilizante del suelo, pero su contenido de

nutrientes vegetales no suele ser muy grande. En muchos casos, la proporción de basuras domésticas susceptible de transformarse en abono compuesto disminuye, al paso que aumentan las cantidades de materiales (a veces hasta el 50 %) que han de tratarse por otros medios. La evolución de la naturaleza de las basuras domésticas como consecuencia del empleo creciente del papel y de los plásticos acelerará esa tendencia. Se teme, además, que el abono compuesto de origen municipal tenga ciertas propiedades tóxicas. Esta cuestión necesita ser estudiada más a fondo.

La experiencia enseña que cada vez es más difícil dar salida al abono compuesto, salvo quizá en los países de clima subtropical donde las basuras contienen una elevada proporción de restos de comida y residuos vegetales, y donde el abono compuesto puede utilizarse para combatir la erosión del suelo. En cambio, en los países desarrollados la experiencia ha demostrado que ese abono compuesto de origen municipal ofrece muy poco interés para los agricultores; en ciertos casos se utiliza en horticultura, silvicultura y viticultura, así como en los parques y en los jardines particulares, y a veces para la recuperación de tierras abandonadas. En algunas instalaciones de tratamiento de basuras se han instalado incineradores para eliminar los objetos muy voluminosos y los desechos que no se prestan a la preparación de abonos compuestos.

La reducción del volumen de los desechos por medios mecánicos (pulverización, maceración, trituración, etc.), operación que también se efectúa a veces en las instalaciones de fabricación de abono compuesto, se practica actualmente en ciertas regiones para favorecer la introducción de métodos satisfactorios de descarga controlada o en terraplén higiénico. Así ocurre sobre todo en los distritos pequeños y en las zonas donde los lugares que convendrían para la aplicación de estos procedimientos se encuentran muy cerca de tierras en vías de revalorización. Después de su estabilización en un vertedero o terraplén, los residuos pulverizados pueden utilizarse para cubrir desechos recientemente depositados, con lo cual no es necesario buscar otro material adecuado de cubrimiento.

La descarga controlada o terraplén higiénico, así como la incineración y la preparación de abono compuesto son aceptables desde el punto de vista sanitario a condición de que el equipo utilizado esté racionalmente concebido y se emplee correctamente en lugares adecuados.

La descarga de basuras en el mar, a cierta distancia del litoral, se practica en algunas importantes aglomeraciones costeras. El mar puede ser un receptáculo conveniente para los desechos sólidos, pero es necesario proceder, en cada caso, a las investigaciones necesarias para cerciorarse de que las corrientes y los vientos de alta mar no arrastrarán esos desechos a la costa destruyendo las playas y causando molestias. No parece probable, en cambio, que la evacuación en el mar de residuos de incineradores plantee problemas de este género.

4.3 Instalaciones y equipo

A medida que se eleva el nivel de vida, aumenta y cambia de carácter la producción de desechos urbanos y, al mismo tiempo, es cada vez más difícil encontrar mano de obra suficiente. Por otra parte, la congestión creciente del tráfico impone la necesidad de mejorar los métodos de almacenamiento y recogida de desechos. Por todas estas razones, es preciso mejorar radicalmente los métodos de tratamiento y evacuación de residuos a fin de impedir o reducir sensiblemente la contaminación del medio.

La utilización de sacos especiales de plástico o de papel en las casas y viviendas de uno o dos pisos y de cubos colocados en los inmuebles de varios pisos ha permitido mejorar el depósito y la recogida de basuras. El empleo de trituradores de cocina, de incineradores adecuados *in situ* y de dispositivos de compresión en los vertederos domésticos facilita igualmente la solución del problema.

Ahora bien, en todas o en casi todas estas esferas, es necesario emprender investigaciones más detenidas y encontrar nuevas técnicas a fin de evitar los riesgos para la salud y de cumplir las normas relativas a la lucha contra la contaminación. Las condiciones de la vida moderna, sobre todo en las zonas urbanas con gran densidad de población, han impuesto el estudio de nuevos métodos de evacuación de desechos, tales como los sistemas de cañerías de funcionamiento hidráulico o neumático que llevan los desechos desde su origen a un punto intermedio de tratamiento o de transbordo, o al lugar donde son eliminados definitivamente.

Los problemas de la evacuación de basuras deben estudiarse en función de las condiciones locales a las que habrá que adaptar los métodos empleados. Algunos países seguirán tal vez utilizando los desechos en ciertos sectores para la preparación de abonos compuestos, pero es probable que el aumento continuo del volumen de los desechos urbanos, que cada vez contienen más materiales de embalaje y menos restos de comida, obligará a un número creciente de ciudades a adoptar la incineración, sobre todo en los países desarrollados. Es, por lo tanto, necesario intensificar las investigaciones teóricas y prácticas en materia de construcción de hornos refractarios o con un sistema de humectación, así como sobre los métodos de tratamiento de desechos voluminosos, enfriamiento y limpieza de efluentes gaseosos y aprovechamiento del calor desprendido.

En algunas regiones, sobre todo en los países en desarrollo, el terraplén higiénico es — y seguirá siendo — el sistema más corriente por no disponerse del capital y de la mano de obra que exigen la construcción y la explotación de instalaciones mecánicas.

Se carece en general de datos fidedignos para evaluar el coste de los diversos métodos de evacuación de basuras. El terraplén higiénico suele ser el menos caro. Pero precisamente por falta de datos es difícil a veces determinar en qué casos resultará más económico construir un incinerador

que reduzca el volumen de los desechos que habrá que enterrar, para prescindir así de la descarga controlada, procedimiento que supone el transporte de los residuos (y tal vez la construcción de una estación de transbordo) a un lugar de evacuación cada vez más distante.

Es también sumamente escasa la información acerca de los costos comparados de la incineración y de la transformación en abonos compuestos. El costo depende en gran parte de la concepción de los distintos tipos de instalaciones, de su grado de complejidad y de la calidad de la construcción. En algunos casos, las inversiones de capital y los gastos de explotación de la incineración son más elevados que los de la transformación en abonos compuestos; en otros casos, los costos son análogos y en otros la transformación en abonos compuestos es más cara que la incineración. Por lo general, la simple trituración resulta menos costosa que cualquier otro método de tratamiento mecánico, pero también en este caso los costos varían considerablemente según el tipo de equipo y otros factores conexos.

Es necesario establecer una norma común para la evaluación de los costos, no sólo de los diversos métodos mecánicos de evacuación de basuras, sino de las diferentes instalaciones del mismo tipo construidas en distintas regiones de diversos países. No hay ningún método que sea siempre el mejor. En cualquier caso, al decidirse por un método habrá que tener en cuenta los factores locales, como el costo aproximado y la disponibilidad de mano de obra y de terrenos.

5. ADMINISTRACION Y GESTION

5.1 Investigaciones operativas

Como ya se ha dicho, los desechos tienen orígenes muy diversos y son conducidos por múltiples vías antes de ser eliminados en el suelo, el aire o el agua. Por otra parte, la gestión de los desechos y la lucha contra la contaminación exigen considerables gastos de construcción y explotación de instalaciones que deben estar justificados en relación con otras inversiones que reclama el desarrollo económico y social. Por consiguiente, para determinar el mejor método de tratamiento de desechos, incluido el control en su origen, es preciso estudiar un número casi ilimitado de soluciones posibles. Se ha creado un nuevo sector de « investigaciones operativas » o « de análisis de sistemas » que abarca el estudio de las complejas relaciones recíprocas entre una gran diversidad de problemas que pueden ser analizados por medio de la calculadora electrónica. Ahora bien, la aplicación de estas nuevas técnicas al problema de los desechos está todavía en sus comienzos y es preciso intensificar los esfuerzos en esta esfera.

Los elementos esenciales de este método son : 1) evaluación sistemática de la importancia de los diferentes aspectos del problema : factores técnicos, económicos, sociales, políticos y culturales, y de sus relaciones mutuas ; 2) evaluación de las diversas posibilidades de acción y 3) análisis de los beneficios y de los costos para determinar la política que conviene seguir y tomar las decisiones oportunas.

El método del análisis de sistemas parte de la noción del estudio de « costos y beneficios ». Ahora bien, la aplicación de este análisis tropieza con la dificultad de atribuir valores a factores tan importantes como la salud, la estética, las posibilidades recreativas, las molestias y la comodidad. ¿ Se puede, por ejemplo, evaluar la ventaja de disponer de agua potable naturalmente limpia en lugar de tener que utilizar aguas residuales depuradas de calidad aparentemente igual ? ¿ Cómo apreciar la ventaja de una corriente de agua limpia que atraviesa la ciudad, incluso cuando sólo sirve para embellecer el medio ? Como se ha dicho en otra sección del presente informe, se carece de los datos de base necesarios para evaluar los beneficios y los costos de las diferentes soluciones posibles.

La complejidad de las relaciones entre las « corrientes de desechos » no sólo obliga a tratarlas como un sistema, sino que exige, sin ningún género de dudas, el establecimiento de normas coordinadas de calidad aplicables al medio ambiente.

5.2 Gestión regional de los desechos

La gestión de los desechos incumbe actualmente a numerosos servicios, situación que tiene sus inconvenientes. Los recursos financieros y, por consiguiente, técnicos y administrativos, de una colectividad determinada son con frecuencia insuficientes para resolver los complejos problemas que plantea la urbanización. Una colectividad puede, con su sistema de evacuación de desechos, contaminar el medio de otra colectividad vecina, y viceversa. Por éstas y otras razones del mismo orden, es necesario adoptar un sistema regional de gestión de desechos. Las ventajas de una gestión coordinada de toda clase de desechos — con inclusión de la recogida, el tratamiento y la evacuación — son evidentes.

Las inversiones de capital y los gastos de administración y explotación pueden reducirse al mínimo organizando servicios regionales e incluyendo en el sistema los desechos industriales, siempre que sea técnicamente posible. Las ventajas económicas de las operaciones en gran escala son muy considerables en lo que respecta a la recogida, el transporte, el tratamiento y la descarga de desechos.

Otras ventajas no menos importantes de la gestión regional son la posibilidad de emplear personal técnico y administrativo más competente y la administración de una zona geográfica muy extensa en lugar de pequeñas circunscripciones.

Pese a las ventajas evidentes y a la necesidad de un sistema regional de evacuación de desechos, el éxito de su aplicación está supeditado a la solución de ciertos problemas. Las diversas subdivisiones políticas locales deben ponerse de acuerdo para cooperar y delegar sus actividades en esta esfera en un organismo superior. Ello exige un análisis claro de las ventajas y de los inconvenientes inherentes al sistema regional. Por otra parte, como la urbanización es un proceso dinámico, la delimitación de una región para la gestión de desechos está estrechamente vinculada a los planes de la región en materia de desarrollo económico, social, etc. Las consideraciones técnicas son en cierta medida un factor restrictivo, aunque una organización regional no debe limitarse a una sola instalación o a un solo sistema. Normalmente, la topografía, las comunicaciones y los transportes, así como los principales factores económicos, desempeñarán un papel preponderante en la determinación de los límites regionales.

La contaminación del medio no respeta líneas de demarcación arbitrarias, ni fronteras nacionales. Esta circunstancia obliga, por supuesto, a tomar en consideración los aspectos políticos, jurídicos y administrativos del problema.

Es alentador observar, en las regiones industrializadas, una tendencia cada vez más acusada a la coordinación regional de los servicios públicos, sobre todo en materia de abastecimiento de agua y de gestión de desechos. Una evolución administrativa análoga es todavía más importante para la conservación de los recursos en las regiones en desarrollo.

5.3 Gestión económica

Hasta ahora, los gastos de gestión y control de los desechos han corrido a cargo de las administraciones locales y provinciales. Mientras se trataba de un problema de poca monta los gobiernos podían hacer frente a los gastos y nada inducía a la busca de soluciones económicas. Hoy día, el problema ha adquirido tales proporciones que es indispensable proceder a un detenido análisis económico para corregir las negligencias del pasado y prever las necesidades del porvenir. Como la importancia del problema de los desechos de un país refleja generalmente su capacidad económica, hay que suponer que el país de que se trate posee los recursos financieros necesarios para resolverlo. En cambio, no siempre es seguro que cuente con las instituciones administrativas adecuadas ni que posea la clarividencia política suficiente para hacer las inversiones necesarias.

Hacen falta métodos para determinar los gastos que han de soportar los responsables de la producción de desechos y los que sacan provecho de ella. Es también necesario fijar un gravamen para los que crean desechos sólidos fabricando, utilizando o embalando productos. Han empezado a tomarse medidas administrativas de este tipo en materia de aguas resi-

duales. Esas medidas incitan a los fabricantes y otros responsables de la producción de aguas residuales a reducir éstas en su origen, evitando así lentos y costosos procedimientos de inspección oficial. En todo caso, la amenaza de una reglamentación produce un efecto saludable en las industrias, que prefieren establecer ellas mismas un sistema de inspección antes que someterse a las disposiciones oficiales.

Es preciso analizar la eficacia de los diversos tipos de control económico, extender su aplicación e introducirlos en la esfera más compleja de la evacuación de desechos sólidos.

Para que sea satisfactoria, toda solución debe tener en cuenta la realidad política del momento y el proceso de la planificación urbana y económica moderna. La integración de pequeños servicios administrativos en servicios de ejecución suficientemente importantes exige una gran sagacidad política y económica.

5.4 Educación popular

En general, el público se preocupa muy poco de la limpieza fuera de su domicilio. Son muchas las administraciones que se cuidan poco del saneamiento y que buscan generalmente las soluciones más baratas, sobre todo en lo que se refiere a los problemas de evacuación de desechos. Es ésta una de las principales causas de la disminución de la limpieza en las ciudades, los terrenos de juego, parques, etc. Algunos servicios de saneamiento, sin embargo, han empezado a educar al público por medio de folletos, carteles, artículos de prensa, emisiones de televisión y charlas en escuelas y otros lugares, acompañadas a menudo de proyecciones de películas o de diapositivas. Los resultados han sido bastante mediocres. Más eficaz es, al parecer, que la policía se encargue de hacer respetar las leyes.

No se ha hecho ningún estudio sobre los medios de fomentar el interés y la cooperación de la población. La realización de investigaciones sociales y psicológicas completas permitiría conocer mejor la actitud del individuo con respecto a la limpieza de su medio ambiente y adoptar una política más racional en materia de evacuación de desechos.

Es posible que sólo una pequeña proporción de la población sea responsable de la mayor parte de las basuras arrojadas al azar en el campo. Varios estudios han revelado la existencia de una situación análoga en lo que respecta a los accidentes de la circulación.

Es necesario en muchos casos enseñar a la población a respetar al personal de los servicios de limpieza y saneamiento, y evitar cualquier acto que pueda herir su amor propio. Convendría a este respecto estudiar los sentimientos de ese personal con respecto a su trabajo.

5.5 Personal

5.5.1 *Profesionales y administradores*

La evacuación de desechos es un problema de ingeniería sanitaria que exige el mismo tipo de análisis que cualquier otro proyecto de ingeniería importante, sobre todo para unificar la construcción y el funcionamiento de los sistemas de evacuación. La gestión de los desechos exige un estudio intensivo en el que la industria, los ingenieros consultores, las universidades y las autoridades han de desempeñar un importante papel. En muchos lugares, la evacuación y el tratamiento de los desechos no están a cargo de ingenieros o de otro personal profesional competente. Hay que hacer un gran esfuerzo para mejorar la instrucción y la formación de los profesionales existentes así como para contratar a otros decididos a especializarse y a prestar servicio en este sector de actividad.

Los mayores adelantos en materia de gestión de desechos se han registrado en los países que han desplegado un esfuerzo especial para dar una preparación universitaria y postuniversitaria a sus ingenieros de saneamiento así como a los técnicos especializados en otras disciplinas. Es preciso intensificar los programas de formación en todas las regiones, y particularmente en los países en desarrollo.

La falta de personal profesional competente se deja sentir sobre todo en la gestión de los desechos sólidos, materia ésta en la que conviene favorecer la formación universitaria de personal profesional. Son muy pocas, en todo el mundo, las escuelas que organizan cursos de evacuación de desechos sólidos para ingenieros y administradores. Esta situación se ha traducido en una escasez de personal competente y en una falta de interés científico por las investigaciones necesarias.

Los países en desarrollo se contentan todavía con demasiada frecuencia con enviar jóvenes ingenieros e investigadores a países industrializados para que se especialicen en el abastecimiento de agua y en el tratamiento de aguas residuales. En realidad, lo que hace falta para disponer del personal competente necesario es organizar programas locales y regionales de formación.

5.5.2 *Personal técnico*

Además de administradores e ingenieros, las instalaciones de recogida y evacuación de desechos exigen técnicos, operarios y auxiliares bien preparados. Como se trata de un personal especializado cuyo concurso es indispensable para la buena marcha y conservación de los servicios, cada vez es más apremiante la necesidad de organizar programas especiales de formación. Conviene a ese respecto aprovechar todos los medios posibles de enseñanza, o sea, cursillos, adiestramiento en el servicio, y cursos universitarios normales.

5.5.3 *Mano de obra*

En los países muy desarrollados la contratación de trabajadores manuales para los servicios de evacuación de desechos tropieza cada vez con más dificultades y puede ser con el tiempo uno de los principales obstáculos para el buen funcionamiento de estos servicios, a menos que se introduzcan nuevas técnicas que permitan ahorrar mano de obra. Esta situación afecta particularmente a los desechos sólidos cuya recogida se ha basado casi universalmente en el empleo de mano de obra. La técnica moderna aporta a este problema posibles soluciones que han de evaluarse desde el punto de vista de la ingeniería, la economía y la salud pública. Aun así, la mayoría de los sistemas de recogida de desechos seguirán necesitando mano de obra durante muchos años, por lo cual es necesario facilitar su contratación mejorando las condiciones de trabajo y aumentando los salarios.

Hay, en cambio, muchos países que disponen de abundante mano de obra. Estos países deben servirse de ella en lugar de hacer inversiones excesivas en la adquisición de una maquinaria que, además de ser costosa y de difícil conservación, no está justificada desde el punto de vista económico dadas las condiciones locales.

5.6 Reunión y difusión de información

Puestos a resolver los problemas planteados por la eliminación de desechos y contaminantes, los países llegan con frecuencia a soluciones muy diversas. Pero sólo el análisis permite determinar si las soluciones adoptadas convienen o no a las condiciones locales de orden geográfico, climático, administrativo, económico, etc.

En muchos casos, los métodos adoptados y los resultados de las investigaciones efectuadas en un país ofrecen un interés general para todos los demás. Ahora bien, la falta de comunicación entre unas naciones y otras, sobre todo cuando existen barreras lingüísticas, ha entorpecido la aplicación en ciertos países de los resultados de las investigaciones emprendidas en otros. Un obstáculo no menos importante ha sido la falta de contacto entre especialistas de las distintas disciplinas. Por ejemplo, los progresos realizados en las industrias químicas y biológicas pueden presentar un gran interés para el tratamiento de las aguas residuales. Es preciso, pues, estimular a los técnicos y especialistas de esas disciplinas para que apliquen sus conocimientos a la solución de los problemas planteados por la evacuación de desechos y persuadir al personal que trabaja en esta esfera de la necesidad de documentarse sobre los adelantos registrados en una gran diversidad de técnicas. Conviene también establecer en el plano nacional e internacional sistemas de archivado automático de la información para que los frutos de la investigación puedan aprovecharse plenamente y sin demoras excesivas. Están ya en uso algunos sistemas de este tipo.

Es muy importante que cada país establezca lo antes posible un sistema para el acopio de datos y organice intercambios de impresiones sobre las investigaciones efectuadas y sobre las prácticas seguidas en otros países.¹ De esta manera será posible evitar una duplicación inútil de las investigaciones, aplicar los resultados de los estudios de forma que puedan aprovecharlos todos los países interesados, evaluar plenamente y a fondo las técnicas propuestas o ya aplicadas y, finalmente, establecer criterios racionales que puedan ser aplicados por los servicios administrativos encargados de la planificación, de los anteproyectos y de la construcción.

La publicación de los resultados de las investigaciones depende con harta frecuencia de la propia iniciativa de los especialistas, ya que las organizaciones científicas no están obligadas a publicarlos en el país y mucho menos a darles una difusión internacional.

Conviene que las administraciones nacionales y municipales, el personal técnico y científico, los institutos especializados y los laboratorios continúen reuniendo información sobre todo lo relativo a la evacuación de desechos. Esa información deberá comunicarse a la OMS para que la transmita a sus Estados Miembros. La OMS ocupa una posición excepcional para estimular las investigaciones y difundir los resultados obtenidos. El Grupo Científico recomienda además que la Organización siga procurando el asesoramiento de consultores sobre diversos problemas científicos y técnicos relacionados con la evacuación de desechos y que, en casos especiales, ponga los servicios de esos expertos a disposición de los países en desarrollo.

6. INVESTIGACIONES NECESARIAS

Es preciso intensificar las investigaciones sobre los principios físicos, químicos y biológicos que intervienen en la recogida, el tratamiento y la evacuación de las aguas residuales y sobre la aplicación práctica de esos principios. Es particularmente necesario emprender investigaciones análogas sobre la evacuación de desechos sólidos, que hasta ahora han sido objeto de menor atención, y estudiar los problemas administrativos y económicos que plantea el tratamiento de las aguas residuales y de los desechos sólidos.

Teniendo en cuenta la importancia de los fondos públicos y privados que se destinan cada día al tratamiento de los desechos, y las inversiones considerables de capital que se necesitarán en el futuro, las investigaciones actualmente en curso son verdaderamente insignificantes.

¹ En el Anexo al presente informe, pág. 31, figura una bibliografía de las publicaciones que tratan de esta cuestión.

Incluso en los países muy industrializados las investigaciones relativas a los servicios públicos están bastante abandonadas. Por eso, las técnicas de evacuación de desechos progresan con relativa lentitud, mientras que las técnicas industriales evolucionan, por el contrario, con mucha rapidez. Las grandes empresas industriales, sean públicas o privadas, consideran necesario dedicar una parte de sus beneficios a la investigación, pero sólo se emprenden investigaciones sobre evacuación de desechos cuando se han despachado las tareas corrientes. La organización de investigaciones figura rara vez entre las principales obligaciones de los organismos encargados de la evacuación de aguas residuales; en cuanto a las investigaciones sobre los desechos sólidos son prácticamente inexistentes. Sin embargo, es posible estimular la investigación; los trabajos pueden efectuarse en las instituciones existentes o en instalaciones piloto. Los organismos reguladores deben ser suficientemente flexibles para permitir las innovaciones y las investigaciones que se revelen necesarias a medida que se emprendan programas de evacuación de desechos. Las investigaciones deben contar con el apoyo de los gobiernos, de las universidades y de los laboratorios especializados. Los fondos necesarios deben formar parte integrante de los créditos previstos para la construcción y el funcionamiento de instalaciones de tratamiento de desechos.

Entre los innumerables sectores donde las investigaciones son necesarias, el Grupo Científico ha considerado sumamente importantes los que se enumeran a continuación.

6.1 Datos básicos

a) Datos básicos esenciales procedentes de diferentes regiones del mundo sobre la cantidad, por habitante, de los desechos de todas clases, su composición y sus características, con objeto de poder evaluar las tasas de variación en cantidad y calidad. Convendría también estudiar la posibilidad de reducir la proporción entre los desechos producidos y los bienes utilizados.

b) Medición de la calidad de los desechos y adopción de métodos más rápidos de muestreo y de análisis y de técnicas más sensibles para medir los oligoelementos contaminantes. El establecimiento de métodos uniformes de análisis debe ser objeto de atención particular.

c) Mejoramiento de los métodos de vigilancia automática de la calidad de los desechos y utilización de equipo adecuado para la ordenación y el análisis de datos.

d) Criterios para determinar la calidad de las aguas naturales, y en particular indicadores físicos, químicos y biológicos de la contaminación.

e) Obtención de indicadores más precisos de la presencia de virus o bacterias patógenas en el agua.

f) Estudios epidemiológicos sobre los efectos de la exposición prolongada a oligoelementos contaminantes presentes en el medio, especialmente en los alimentos, el aire, el agua y el suelo.

g) Determinación de la dosis infectante mínima de enterovirus.

6.2 Tecnología

a) Investigaciones comparadas sobre la construcción, la explotación y el costo de las instalaciones de tratamiento de desechos.

b) Sistemas simplificados de recogida, tratamiento y evacuación de desechos que permitan sacar el mayor partido posible de los recursos locales en materia de mano de obra, materiales, terrenos y fondos.

c) Estudios de laboratorio y sobre el terreno de materiales y métodos nuevos de evacuación de desechos.

d) Perfeccionamiento del equipo, de los instrumentos y de los medios de inspección que permitan economizar mano de obra en las regiones donde es escasa.

e) Perfeccionamiento de los métodos de tratamiento de las aguas residuales a fin de mejorar la calidad de los efluentes. Esos métodos deben eliminar una gran proporción de los nutrientes y otras sustancias orgánicas e inorgánicas.

f) Prevención y corrección de los fenómenos de eutrofia.

g) Riesgos del aprovechamiento de las aguas residuales y de los sólidos extraídos de ellas, especialmente desde el punto de vista sanitario.

h) Compatibilidad de los desechos industriales derivados de los procesos de fabricación y de los residuos resultantes de la utilización de productos con las instalaciones de tratamiento de aguas residuales domésticas y con el medio ambiente.

i) Tratamiento de los sólidos procedentes de aguas residuales e integración de esos sólidos en los desechos de las colectividades y de las empresas industriales.

j) Estudios económicos, por medio de técnicas de análisis de sistemas, de diversas combinaciones de operaciones de recogida, tratamiento y evacuación de desechos, de su incorporación a otros sistemas de evacuación de desechos y de la descarga final de los desechos en el suelo, el mar o el aire. Será preciso tener en cuenta los efectos que pueden ejercer sobre el medio ambiente la recuperación o la eliminación de los residuos líquidos, gaseosos y sólidos, así como el calor que desprenden las instalaciones de tratamiento.

k) Utilización en agricultura, horticultura, etc., de los desechos y residuos y del calor desprendido por su tratamiento.

l) Perfeccionamiento del equipo empleado para reducir el volumen de los desechos sólidos.

m) Mejoramiento de las técnicas de extracción de los contaminantes que contienen los efluentes gaseosos de las instalaciones de tratamiento de desechos sólidos.

n) Recogida, tratamiento y aprovechamiento o evacuación de los distintos componentes de los desechos en su lugar de origen, o eliminación de los mismos mezclados con basuras heterogéneas.

6.3 Instalaciones

a) Utilización de las instalaciones existentes para estudiar el efecto de la carga y de otras variables sobre la eficacia del tratamiento.

b) Estudios sobre las instalaciones de funcionamiento defectuoso o nulo y publicación de las conclusiones.

c) Estudios comparados sobre las características técnicas y el costo de las instalaciones de tratamiento de desechos sólidos de todo el mundo que por su concepción y funcionamiento se consideran satisfactorias.

d) Estudios sobre las dimensiones óptimas de las instalaciones y de sus elementos esenciales.

e) Adopción de métodos nuevos y creación de estaciones piloto para demostrar su utilidad, especialmente en el tratamiento de los desechos que cambian constantemente de calidad.

f) Periodo de duración probable de una instalación de tratamiento. Este punto es particularmente importante en los países en desarrollo.

g) Métodos de tratamiento de desechos *in situ*, en particular: construcción y funcionamiento de incineradores, habida cuenta de los riesgos de contaminación del aire; métodos de reducción del volumen de desechos por compresión y métodos de conducción hidráulica y neumática de los residuos por tuberías.

6.4 Administración y gestión

a) Métodos aplicables para que la eliminación de desechos pueda ser estudiada por el análisis de sistemas. Las investigaciones deben versar sobre lo que cuestan y reportan los factores llamados intangibles, tales como la salud, las actividades recreativas, la estética, las molestias y las comodidades.

b) Instituciones administrativas y políticas necesarias para favorecer la eficaz gestión de los desechos, particularmente en el plano regional.

c) Métodos económicos para mejorar la gestión de desechos, especialmente por medio de gravámenes sobre los efluentes, impuestos e incentivos financieros.

d) Aspectos administrativos, jurídicos y educativos del tratamiento de desechos con inclusión de las medidas de lucha contra la degradación del medio provocada por las basuras arrojadas por los servicios públicos y los particulares.

7. RECOMENDACIONES

El Grupo estima unánimemente que el problema de los desechos ha adquirido tales proporciones en todo el mundo, y sobre todo en las zonas metropolitanas, que la OMS debe tomar la iniciativa de los esfuerzos encaminados a resolverlo.

La falta de datos comparativos sobre todos los aspectos de la gestión de desechos se puso de manifiesto repetidas veces en el curso de la reunión. Se destacaron también las deficiencias en la aplicación de los conocimientos sobre los métodos y técnicas actuales en condiciones muy variables. Deberían ponerse a disposición de los Estados Miembros de la OMS todos los datos que pudieran reunirse sobre la experiencia adquirida en el mundo entero en materia de tratamiento de desechos. El Grupo recomienda que se intensifique el acopio de datos sobre esta cuestión, teniendo en cuenta las diferencias existentes entre los países en desarrollo y los países desarrollados sobre todo en lo que respecta a los recursos de mano de obra, materiales, terrenos y fondos. En particular habría que estudiar más a fondo y con toda urgencia las siguientes cuestiones :

a) aplicación de la tecnología de las aguas residuales y de los desechos sólidos a determinadas situaciones características de las zonas urbanas en los países en desarrollo ;

b) situación y evolución de las técnicas modernas de recogida, tratamiento y evacuación de desechos sólidos ;

c) aplicación de las investigaciones operativas, especialmente de los análisis de costos y beneficios, a la evacuación de desechos ;

d) normalización de la terminología y de las unidades de medida en materia de desechos.



Anexo

BIBLIOGRAFIA

- Akademija kommunal'nogo hozjajstva, Moscú (1965) *Instrukcija po organizaciji i tehnologii mehanizirovanoj uborki gorodskih territorij*, Moscú, Strojizdat
- Akademija kommunal'nogo hozjajstva, Moscú (1965) *Instrukcija po polevomu kompostirovaniju gorodskogo musora dlja ispol'zovanija v kačestve udobrenija*, Moscú, Otdel naučno-tehničeskoj informacii
- Akademija kommunal'nogo hozjajstva, Moscú (1964) *Sanitarnaja očistka gorodov* [Naučnyj redaktor : A. A. Kipričnikov] Moscú, Otdel naučno-tehničeskoj informacii (Naučnye trudy, vyp. 25)
- American Public Health Association (1965) *Standard methods for the examination of water and wastewater, including bottom sediments and sludges*, 12^a ed., Nueva York
- American Public Works Association, Research Foundation (1966) *Solid wastes in perspective. Proceedings of a Symposium on Research Needs, Philadelphia, Pa., January 1966*, Chicago
- American Society of Mechanical Engineers (1966) *Proceedings of 1966 National Incinerator Conference, New York*, Nueva York
- Askew, J. B. (1965) *Microbiological content of waters used for recreational purposes*, Sacramento, California State Water Quality Control Board (Publication N^o 32)
- Conference on the problems associated with the purification, discharge and re-use of municipal and industrial effluents (1964) *Proceedings . . . Pretoria*, Council for Scientific and Industrial Research
- Coyle, R. G. (1966) Computer study of some refuse collection problems, *Publ. Cleans.*, **56**, 432-437
- Davies, A. G. (1966) Public health aspects of refuse storage and disposal, *Sanitarian, Lond.*, **69**, 84-93
- Dorfmann, M. R. (1966) Les problèmes posés par l'évolution de la nature des ordures ménagères pour leur collecte et leur traitement, *Techqs Sci. munic.*, **61**, N^o 1, 2-13
- Dubos, R. (1966) *Man adapting*, New Haven, Yale University Press
- Estados Unidos, President's Science Advisory Committee, Environmental Pollution Panel (1965) *Restoring the quality of our environment*, Washington, D.C.
- Fair, G. M., Geyer, J. C. & Okun, D. A. (1966) *Water and wastewater engineering*, Nueva York, Wiley
- Fraja Frangipane, E. de (1965) *Present condition and forecast for the future of refuse disposal in Italy*, Milán, Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria
- Frankel, R. J. (1965) Water quality management: engineering-economic factors in municipal waste disposal, *Water Resources Res.*, **1**, 173-186
- Gilbertson, W. E. (1966) Solid waste disposal: a worsening urban problem, *Publ. Hlth News* (Trenton, N.J.), **47**, N^o 11, 255-258

- Gloyna, E. F. (1965) *Waste stabilization pond concepts and experiences – Bassins de stabilisation des déchets : notions théoriques et données d'expérience* (documento tirado en multicopista) Ginebra (Document WHO/Wastes Disposal/1.65 Rev. 66.1)
- Gotaas, H. B. (1965) *Composting : sanitary disposal and reclamation of organic wastes – Compostage et assainissement*, Ginebra (Organización Mundial de la Salud : Serie de Monografías, N° 31)
- Gran Bretaña, Ministry of Housing and Local Government, Technical Committee on the Experimental Disposal of House Refuse in Wet and Dry Pits (1961) *Pollution of water by tipped refuse*, Londres, H.M. Stationery Office
- Gran Bretaña, Privy Council Natural Resources Technical Committee (1954) *The use of town' wastes in agriculture*, Londres, H.M. Stationery Office
- Guljaev, N. F., ed. (1966) *Sanitarnaja očistka gorodov ; sbor, udalenie, obezvreživanie i ispol'zovanie tverdyh otbrosov*, Moscú, Izd. literatury po stroitel'stvu
- India, Central Public Health Engineering Research Institute (1964) *Proceedings of Symposium on Waste Treatment by Oxidation Ponds, Nagpur, 1963*, Nagpur
- Inter-American Association of Sanitary Engineering (1962) *Proceedings of the VIII Congress ... Washington, D.C., June 1962*, Washington, D.C.
- International Conference on Water Pollution Research (1965) *Advances in water pollution research. Proceedings of the Second International Conference, Tokyo, 1964*, Oxford, Pergamon
- International Research Group on Refuse Disposal (1965) *Treatment and disposal of refuse and sewage sludge. Proceedings of the Third International Congress, Trento, Italy, May 1963*, Milán, Associazione Nazionale di Ingegneria Sanitaria
- Kampschulte, J. (1965) Accumulation and disposal of domestic refuse and industrial waste, *Local Government (La Haya)*, 4, 8-12
- Kehren, L. & Vaillant, J. (1962-63) *Les méthodes de traitement des ordures ménagères et l'intérêt du compostage aérobie en milieu tropical*, París, Bureau Central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer, Service de l'Habitat et de l'Urbanisme (Bulletin N° 23)
- Kneese, A. V. (1964) *The economics of regional water quality management*, Baltimore, Johns Hopkins
- Krige, J. F. (1964) *The utilization of municipal wastes ...* Pretoria, Council for Scientific and Industrial Research (Research report N° 211)
- Kupchik, G. J. (1966) Economics of composting municipal refuse in Europe and Israel, with special reference to possibilities in the U.S.A., *Bull. Wld Hlth Org. – Bull. Org. mond. Santé*, 34, 798-809
- Liebmann, H. (1962) *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*, Bd. I, 2. Aufl., Munich, Oldenbourg
- McKee, J. E., ed. (1961) *100 problems in environmental health ; a collection of promising research problems*, Washington, D.C., Jones Composition
- Merrell, J. C., Jr., Katko, A. & Pintler, H. E. (1965) *The Santee Recreation Project, Santee California. Summary Report, 1962-1994*, Washington, D.C., US Department of Health, Education and Welfare (US Public Health Service Publication N° 999-WP-27)
- Miller, M. (1964) The treatment of refuse in the Soviet Union, *Compost Sci.* (Rodale Press, Emmaus, Pa.), 5, 17-19

- Montes de O., M. (1962) Disposición de basuras en México, *Bol. Ofic. sanit. panamer.*, **52**, 287-292
- Naciones Unidas, Consejo Económico y Social (1958) Usos industriales del agua, Nueva York (Documento E/3058 ST/ECA/50)
- National Academy of Sciences, National Research Council (1966) *Waste management and control*, Washington, D.C. (Publication 1400)
- National Conference on Solid Wastes Management (1966) *Proceedings ... University of California, Davis Campus, April 1966*
- National Symposium on Animal Waste Management (1966) *Management of farm animal wastes, Proceedings of the National Symposium ... East Lansing, Mich., May 1966*, East Lansing Mich., American Society of Agricultural Engineers (ASAE Publication N° SP-0366)
- Nesbitt, J. B. (1966) *Removal of phosphorus from municipal sewage plant effluents*, University Park, Pa., The Pennsylvania State University (Engineering Research Bulletin B-93)
- Neveux, M. & Mesnil, M. (1966) Aspect actuel de la transformation des ordures ménagères en vue de leur utilisation agricole, *Techqs Sci. munic.*, **61**, N° 1, 39-49
- Nueva Zelandia, Inter-Departmental Committee on Utilization of Organic Wastes (1965) *Third interim report*, Wellington
- Organización Mundial de la Salud (1964) *Modificaciones del medio y sus consecuencias para la salud. Informe de un Comité de Expertos de la OMS (Org. mund. Salud Ser. Inf. técn., 292)*
- Organización Mundial de la Salud (1965) *Cuestiones de higiene del medio relacionadas con la ordenación urbana y la urbanización. Informe de un Comité de Expertos de la OMS (Org. mund. Salud Ser. Inf. técn., 297)*
- Organización Mundial de la Salud (1966) *Lucha contra la contaminación del agua. Informe de un Comité de Expertos de la OMS (Org. mund. Salud Ser. Inf. técn., 318)*
- Rogus, C. A. (1966) Refuse collection and refuse characteristics, *Publ. Wks, N.Y.*, **97**, N° 3, 96-99
- Santos, Z. L. dos (1966) *Contribuição ao estudo da problemática do lixo urbano ; referência especial à situação em Santa Maria*, Santa Maria, Editora Pollotti
- Shults, F. (1965) Refuse disposal in Great Britain : Survey and prophecy, *Publ. Cleans.*, **55**, N° 1, 39-62
- Shuval, H. I. (1962) The public health significance of trace chemicals in waste water utilization, *Bull. Wld Hlth Org. - Bull. Org. mond. Santé*, **27**, 791-800
- Spadaro, M. (1961) Risultati di una inchiesta sui sistemi di raccolta, allontanamento e smaltimento dei rifiuti solidi eseguita nella Provincia di Messina, *Riv. ital. Ig.*, **21**, 513-529
- Stirrup, F. L. (1965) *Public cleansing : refuse disposal*, Oxford, Pergamon
- Suecia, Kommunalrättskommittén (1963) *Kommunala renhållningsavgifter*, Estocolmo, Beckman
- Sulzer, M. (1966) Influence sur l'incinération des ordures ménagères de l'évolution de leurs caractéristiques, *Techqs Sci. munic.*, **61**, N° 1, 27-38
- Sumner, J. (1964) Technical developments in refuse collection and disposal, *Publ. Cleans.*, **54**, N° 4, 822-840
- Symposium on Modern Methods of Municipal Waste Utilization (1961) *Town waste put to use ; a symposium on modern methods ... London, 1960*, ed. P. Wix. Londres, Cleaver-Hume

- United States Dept. of the Interior, Federal Water Pollution Control Administration (1966) *Delaware River Estuary : comprehensive study, preliminary report and findings*, Filadelfia, Pa.
- United States Public Health Service, Division of Sanitation (1963) *Refuse collection and disposal : an annotated bibliography 1960-1961*, Washington, D.C., Govt. Printing Office (Public Health Bibliography Series N° 4, Supplement E)
- United States Public Health Service, Division of Water Supply and Pollution Control, Basic and Applied Sciences Branch (1965) *Summary Report, The Advanced Waste Treatment Research Program, January 1962 - June 1964* (U.S. Public Health Service Publication N° 999-WP-24)
- Vincent, J. L., Algie, W. E. & Marais, G. von R. (1963) *A system of sanitation for low cost high density housing*. En : *Symposium on Hygiene and Sanitation in Relation to Housing, CCTA/WHO, Niamey, 1961*, Londres, Commission for Technical Cooperation South of the Sahara (Publication N° 84), pp. 135-172
- Whetstone, G. A. (1965) *Re-use of effluent in the future, with an annotated bibliography*. Austin, Texas Water Development Board (Report 8)
- Wuhrmann, K. (1964) Stickstoff- und Phosphorelimination. Ergebnisse von Versuchen im technischen Masstab, *Schweiz. Z. Hydrol.*, **26**, 520-558
- Wylie, J. C. (1959) *The wastes of civilization*, Londres, Faber & Faber
-