

NACIONES UNIDAS
CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



Distr.
LIMITADA
E/CEPAL/SEX/1982/L.1
29 de enero de 1982

ORIGINAL: ESPAÑOL



TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA SANEAMIENTO BASICO

Trabajo preparado por el señor Fernando Tudela, experto del CNUAH, destacado en la subse de la CEPAL en México. Las opiniones expresadas en este documento son de la exclusiva responsabilidad del autor.

INDICE

	<u>Página</u>
Presentación	v
I. Caracterización inicial del problema	1
1. Producción de excreta humana	1
2. Características básicas de las excreta	1
a) Composición química de las excreta	1
b) Características biológicas de las excreta	2
3. Problemas sanitarios relacionados con las excreta	2
4. Descomposición aeróbica y anaeróbica de las excreta	3
II. Procesamiento de excreta: Situación actual	5
1. Interrelación entre los subsistemas de saneamiento	5
2. El paradigma dominante en la ingeniería sanitaria	5
3. Situación actual y tendencias respecto del procesamiento de excreta	8
4. Evacuación hidráulica de excreta	11
a) Problemas económicos	11
b) Problemas ambientales	12
5. Necesidad de transformación del paradigma tecnológico dominante	15
6. Acciones de saneamiento	16
III. Alternativas tecnológicas para el procesamiento de excreta	19

PRESENTACION

Este documento intenta una primera aproximación al problema del saneamiento básico de los asentamientos en lo que respecta al procesamiento de excreta humanas, tal y como se manifiesta especialmente en la región latinoamericana. En él se enfatiza la necesidad de ampliar el margen de opciones tecnológicas para superar las limitaciones impuestas tanto en el orden económico como en el ambiental por la solución convencional, basada en el alcantarillado público. El contenido del documento se verá posteriormente complementado por una detallada reseña de índole técnica de las tecnologías no convencionales de procesamiento de excreta humanas. El trabajo estuvo a cargo del señor Fernando Tudela, quien fue contratado por el Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (CHUAAH) para, en colaboración con la CEPAL, abordar en su vertiente tecnológica, algunos problemas de los asentamientos precarios, urbanos o rurales.

SECRET

The following information was obtained from a confidential source who has provided reliable information in the past. It is being furnished to you for your information and use. The source has advised that the information is true and correct to the best of his knowledge.

The information pertains to the activities of certain individuals who are active in the area of [redacted]. The source has advised that these individuals are engaged in activities which are of a nature which is of a serious nature and which may be of a nature which is of a serious nature.

The source has advised that the information is being furnished to you for your information and use. It is being furnished to you for your information and use. It is being furnished to you for your information and use.

The source has advised that the information is being furnished to you for your information and use. It is being furnished to you for your information and use. It is being furnished to you for your information and use.

I. CARACTERIZACION INICIAL DEL PROBLEMA

1. Producción de excreta humana

A efectos de saneamiento, el concepto de "excreta" se refiere al conjunto de los residuos evacuados tanto por el aparato digestivo del hombre como por su aparato urinario. Las excretas están constituidas pues por heces y orina. El adulto medio produce diariamente entre 135 y 270 gramos de heces (35-70 g. peso desecado) y entre 1,0 y 1,3 litros de orina (50-70 g. sólidos secos) ^{1/}, aunque estas magnitudes varían considerablemente en función sobre todo de la dieta y del clima. A efectos de diseño, puede considerarse una producción media total de excreta de 450-600 litros anuales por persona.

2. Características básicas de las excretas

a) Composición química de las excretas. (Véase el cuadro siguiente): ^{2/}

	Heces (porcentaje)	Orina (porcentaje)
Contenido de humedad	66 - 80	93 - 96
Contenido de materia orgánica (en seco)	88 - 97	65 - 85
Nitrógeno (en seco)	5,8 - 7,0	15 - 19
Fósforo (en P ₂ O ₅) (en seco)	3,0 - 5,4	2,5 - 5,0
Potasio (en K ₂ O) (en seco)	1,0 - 2,5	3,0 - 4,5
Carbono	40 - 55	11 - 17 (en seco)
Calcio (en CaO)	4 - 5	4,5 - 6 (en seco)
Cociente C/N	5 - 10	—

Las excretas humanas contienen pues elementos que potencialmente son valiosos como fertilizantes del suelo.

Las heces tienen un pH entre 7 y 8, es decir, son neutras o ligeramente básicas. El pH medio de la orina en cambio oscila entre 5 y 7, por lo que este líquido tiende hacia la acidez.

^{1/} Datos de H.B. Gotsas : Composting: sanitary disposal and reclamation of organic wastes, Geneva OMS, 1956. Monografía No. 31. En los países asiáticos la dieta parece determinar una producción de heces (200-400 g) mayor que en los países de Europa y América (100-150 g). Véase Wagner/Lanoix.

^{2/} E.F. Gloyna, "Estanques de estabilización de aguas residuales" OMS Ginebra, 1973.

b) Características biológicas de las excreta

Normalmente, la orina es un líquido estéril. En cambio, las heces incluyen una enorme cantidad de microorganismos, principalmente bacterianos. Probablemente no menos de un 10% de los sólidos fecales está compuesto por sustancia bacteriana. En los individuos sanos, las bacterias fecales no pertenecen a grupos especialmente patógenos; se trata en su mayor parte de especies coliformes, acompañadas en menor medida por estreptococos. Pero es posible detectar en las regiones tropicales más de una treintena de enfermedades infecciosas bastante comunes que pueden provocar la excreción, por vía de las heces, de una peligrosa cantidad de aquellos agentes patógenos que provocan la enfermedad. Estos agentes pueden ser bacterias, virus, protozoos o helmintos.

3. Problemas sanitarios relacionados con las excreta

La excreción y dispersión de agentes patógenos representa un grave peligro sanitario. La enfermedad se puede difundir cuando una dosis suficiente de agentes patógenos excretados es ingerida por un nuevo individuo, es decir, cuando se establece una cadena de transmisión entre la excreción y la ingestión, cerrando un ciclo que perpetúa la existencia de la estirpe de organismos responsable de la infección. La transmisión suele efectuarse a través del agua, que se contamina y después se bebe, pero existen bastantes otros posibles vectores entre los que destacan el aire y algunos insectos. Desde el punto de vista de los mecanismos epidemiológicos, Feachen, et al, (1981) agrupa las enfermedades que determinan la excreción de organismos patógenos en seis categorías cuyos rasgos se enumeran a continuación.

- i) Infección inmediata, baja dosis infectiva. (Ej. Amibiasis)
- ii) Infección inmediata, dosis infectiva media o alta, con potencial de multiplicación. (Ej. Salmonelosis)
- iii) Latencia y persistencia, sin huéspedes intermediarios. (Ej. Ascariasis)
- iv) Latencia y persistencia, con huéspedes intermediarios (cerdos, vacas) (Ej. Teniasis)
- v) Latencia y persistencia, con huésped intermediario acuático (Ej. Esquistosomiasis)
- vi) Insectos-vectores (Ej. Filariasis)

La clasificación anterior interesa no sólo al personal médico, sino también al técnico en saneamiento, porque los efectos que cabe esperar de las técnicas de evacuación de excreta no son las mismas para todas las

/categorías

categorias mencionadas. En general, la adopción de una técnica no basta para eliminar los problemas sanitarios relacionados con las excreta; es necesaria una intervención integral, que incluya también políticas racionales de suministro de agua, acciones educativas, transformaciones de los hábitos higiénicos personales, etc. La implementación de una técnica apropiada de eliminación de excreta puede mejorar sustancialmente la situación sanitaria, especialmente en lo que respecta a las categorías iii), iv) y v), pero, por sí sola, tendrá un efecto casi nulo en el control de las enfermedades tipo i) mucho más sensibles a las mejoras en la higiene personal. En cualquier caso, la limpieza y el mantenimiento de cualquier producto tecnológico que se seleccione constituye un factor fundamental para la obtención de los beneficios sanitarios previsibles, de mayor importancia incluso que el tipo de producto seleccionado.

Desde el punto de vista sanitario, la acción concreta que cabe esperar de una técnica para evacuación de excreta consistirá en impedir, en la medida de lo posible, que se establezca la transmisión excreción-ingestión, rompiendo así el ciclo de reproducción de la especie patógena.

4. Descomposición aeróbica y anaeróbica de las excreta

En condiciones favorables, tanto los microorganismos bacterianos ya presentes en las heces, como aquellos que se integran posteriormente a las excreta evacuadas pueden proceder a fermentar o digerir la materia orgánica con la que están en contacto. Estos procesos de fermentación implican la ruptura o degradación de los compuestos orgánicos complejos para formar compuestos más simples, con desprendimiento de calor y de gases y una considerable reducción en la masa de la materia fermentada.

Los procesos aludidos pueden ser de dos tipos: anaeróbicos y aeróbicos. Se denominan "anaeróbicos" aquellos procesos de fermentación que se llevan a cabo por bacterias que no necesitan aire para su acción. Este tipo de fermentación, que se denomina también "putrefacción", da por resultado productos inestables y provoca malos olores. Genera también una mezcla de dióxido de carbono, metano y otros gases que se conoce como "biogás" y que resulta potencialmente aprovechable como recurso energético.

Se llaman "aeróbicos" los procesos que requieren la presencia de aire, o más bien de oxígeno libre, para poder desarrollarse. No suelen generar malos olores y los productos resultantes son estables. Se denomina "compostaje" todo proceso aeróbico que se lleve a su culminación, es decir, que redunde en la mineralización de casi toda la materia orgánica inicial. El compostaje de las excreta produce un humus, prácticamente exento de malos olores y de organismos patógenos, que resulta muchísimo más asimilable por las plantas y por tanto más útil como fertilizante que las excreta de las que proviene, a pesar de que parte del nitrógeno escapa en forma gaseosa durante el proceso.

/En caso

En caso de que se presenten organismos patógenos en las excreta, los procesos aeróbicos, anaeróbicos o mixtos de fermentación, especialmente los primeros, podrán reducir esta presencia indeseable e incluso hacerla desaparecer por completo. En los procesos semi-secos los helmintos constituyen los organismos patógenos de resistencia más prolongada. 3/

Todos los procesos de fermentación son muy sensibles a la temperatura. Una temperatura demasiado alta (que supere en forma permanente los 43°C) podría matar a los agentes biológicos, mientras una demasiado baja disminuiría considerablemente el ritmo de desarrollo del proceso. La temperatura óptima oscila entre 32°C y 38°C. El desarrollo bacteriano es también sensible a la acidez del medio; las bacterias se desarrollan óptimamente en un ph comprendido entre 6.5 y 8, y mueren cuando el ph desciende por debajo de 4.3 o asciende a más de 10.5. Un medio ácido (ph 6) es sin embargo propicio para el surgimiento de hongos. En los climas cálidos la descomposición de las excreta se desarrolla con mayor rapidez y seguridad que en los climas fríos o templados. Por ello, muchas de las técnicas alternativas de procesamiento de excreta generadas en los países industrializados del Norte operan con mayor facilidad y eficacia en los países tropicales que en su contexto de origen.

Para cuantificar la presencia de materia orgánica biodegradable en los efluentes de los sistemas de evacuación de excreta se suele utilizar el índice DBO ("demanda biológica de oxígeno"), que indica la masa de oxígeno necesaria para su oxidación bacteriana. Este índice es función del tiempo y de la temperatura. Por lo general, se refiere a un período de cinco días y a una temperatura de 20°C. 4/ La generación cotidiana de DBO puede estimarse, en las áreas urbanas de los países en vías de desarrollo, en unos 40 g. per cápita. 5/

3/ Los huevos de "Ascaris", por ejemplo, pueden sobrevivir dos o tres meses en el foso de una letrina. Si el producto de una fermentación incompleta de excreta se extrae y se vierte en suelo natural antes de que se hayan eliminado los organismos patógenos, podrán estos últimos sobrevivir un tiempo mayor, como se indica a continuación:

- Virus: normal < 3 meses (máx. 6 meses)
- Bacterias: normal < 2 meses (máx. 3 años)
- Protozoos: normal < 2 días (máx. 10 días)
- Helmintos: normal < 1-2 años (máx. 7 años)

Fuente: Kalbermatten, et al. (1980)

4/ En este caso se utiliza a veces el símbolo DBO₅.

5/ En los países desarrollados es mayor la producción de DBO per cápita. Por ejemplo, en Europa es común adoptar un valor de 55 g/persona y día. Véase Duncan Mara (1977), texto en el que se transcriben magnitudes medidas tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo.

II. PROCESAMIENTO DE EXCRETA: SITUACION ACTUAL

1. Interrelación entre los subsistemas de saneamiento

Desde su origen, todas las iniciativas regionales de planificación del saneamiento han tratado de reflejar la necesidad de que se aborde en forma integral el problema, en función sobre todo de las interrelaciones que existen entre el subsistema de abastecimiento de agua y el de eliminación/procesamiento de excreta y aguas servidas.

El alcantarillado convencional sólo es posible cuando el suministro de agua rebasa netamente el umbral de los 50 litros por habitante; en la práctica, esta condición equivale a contar con una conexión doméstica de agua entubada.

Por otra parte, la puesta en marcha de un programa de abastecimiento de agua que no vaya acompañado de una correspondiente adecuación del subsistema de evacuación/procesamiento de excreta y aguas servidas puede empeorar las condiciones sanitarias existentes, especialmente en lo que respecta a las enfermedades del tipo vi). El agua que se introduce para su uso doméstico se tiene forzosamente que evacuar después; si esta evacuación no está prevista y controlada podrá contribuir a expandir las excreta y/o a fomentar el desarrollo de insectos potencialmente nocivos.

Esta consideración es importante en la medida en que los programas de saneamiento en la región han tendido a adelantarse en la resolución de las necesidades de abastecimiento de agua, mediante acciones que parecerían ser más redituables desde el punto de vista político que aquellas encaminadas a mejorar la eliminación/procesamiento de excreta y aguas servidas.

El factor cultural juega un importante papel en la interrelación de los subsistemas de saneamiento. Los hábitos de higiene personal presentan unas precisas exigencias de diseño, tanto para el subsistema de abastecimiento de agua como para el de procesamiento de excreta. Ninguna acción de saneamiento puede prescindir de una minuciosa consideración de los componentes culturales que coadyuvan a la definición de las necesidades.

2. El paradigma dominante en la ingeniería sanitaria

La actual práctica social de la ingeniería sanitaria centra su atención en el sistema hidráulico de evacuación de las excreta. Este sistema consiste en mezclar desde su deposición las excreta con grandes cantidades de agua. La mezcla, denominada "aguas negras", que puede o no mezclarse a su vez con las aguas provenientes de la limpieza personal y doméstica ("aguas grises"), con las aguas de desecho industriales, o con las aguas pluviales, se canaliza a través de una red ramificada de tubos que converge en un punto de descarga, en general hacia un cuerpo acuífero natural (lago, río,

mar). En ocasiones, existe un centro de tratamiento que procesa el efluente antes de descargarlo. Es necesario considerar esta opción tecnológica en forma sistémica: el producto tecnológico a considerar no se limita al inodoro convencional con tanque de agua, sino que abarca también el conjunto de la red hidráulica de evacuación a la que aquél se conecta, las posibles plantas de tratamiento e incluso el medio ambiente que recibe el efluente final; en la medida en que se vea afectado por el impacto de la acción tecnológica.

El sistema hidráulico de evacuación de excreta se impone hoy en las culturas urbanas como el único aceptable y forma parte integral del paradigma que rige las prácticas sociales profesionales sanitarias. Para la ideología profesional dominante, pensar en la evacuación de excreta equivale a pensar en la planificación, el diseño, la construcción y la gestión de sistemas de alcantarillado; pensar en la degradación de la materia orgánica contenida en las excreta equivale a pensar en el tratamiento, natural o forzado, de las aguas negras. Para los ciudadanos que disponen de inodoro convencional, "jalar el excusado" constituye un gesto habitual, tan "natural" como caminar o respirar; para los que no disponen de él, constituye un símbolo de "status". Cuando el Banco Mundial, en su esfuerzo por preparar la Década Internacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento (1980-1990) encargó una minuciosa búsqueda bibliográfica centrada en el tema del saneamiento de los asentamientos humanos, los expertos se encontraron con que de los 18 000 documentos que abordaban el tema, sólo 188 se referían a sistemas no convencionales, es decir, distintos del sistema hidráulico de evacuación de excreta. Este último, pues, acapara el interés de cerca del 99% del conjunto de las publicaciones técnicas sobre la materia. A la luz de estos datos, cualquiera pensaría que el sistema convencional es el más difundido y el que resuelve el problema de saneamiento de la gran mayoría de la población. Como se comprobará más adelante, en América Latina al menos, esta suposición está muy lejos de ser verdad: hacia 1980, apenas una quinta parte de la población total latinoamericana utilizaba el sistema convencional de eliminación de excreta y en lo inmediato esta proporción parece más bien tender a estancarse que a aumentar, a pesar de todos los esfuerzos que se realizan. Concretamente, pues, el 99% de la atención profesional se centra en la resolución de un tipo de problemas que afecta sólo al 21% de la población de la región.

La difusión del procedimiento hidráulico de evacuación de excreta es relativamente reciente, a pesar de los múltiples antecedentes localizables tanto en el imperio romano como en otras civilizaciones todavía más antiguas. Hasta el siglo pasado sólo se utilizaban dos tecnologías de evacuación de excreta: la letrina y el acarreo con cubeta. El contenido de la cubeta se volcaba frecuentemente en la vía pública. El inodoro cerámico sifónico, de concepción moderna, hace su aparición en Inglaterra hacia el decenio que se inicia en 1870, especialmente con el prototipo de T.W. Twyford. Con la propuesta de este ceramista culmina

una larga serie evolutiva que se inició en el siglo XVIII con sucesivos modelos metálicos que incorporaban partes móviles. Estos modelos resultaban caros, complicados y difíciles de limpiar. En este caso, el progreso técnico sobrevino como resultado de una progresiva simplificación en el diseño. Hacia 1889, Twyford proclamaba haber vendido 100 000 unidades de los inodoros de su invención. 1/ Los tipos hoy utilizados corresponden a variantes desarrolladas tanto en Europa como en los Estados Unidos, sobre todo en el decenio que se inicia en 1880.

El inodoro constituye sólo una componente de un sistema global que hace posible su funcionamiento, y que comprende también un suministro suficiente de agua, una red de evacuación y drenaje y un proceso de eliminación del efluente.

En Londres, a comienzos del siglo pasado, el abastecimiento de agua estaba garantizado por varias compañías privadas. Estas bombeaban y vendían agua que tomaban del Támesis, río en el que se vertía el efluente de los rudimentarios drenes existentes. A veces el agua se extraía también de pozos contaminados. Esta situación dio como resultado una trágica serie de epidemias de cólera que, a mediados del siglo, conmovieron la opinión pública y determinaron el desarrollo de los primeros estudios serios sobre saneamiento de los asentamientos.

Por esa época comenzaron a construirse los primeros sistemas integrales de alcantarillado: Hamburgo (1842); Londres (1856); Brooklyn (1857); siguió poco después la ciudad de París. Hacia finales del siglo pasado, la gran mayoría de las ciudades del norte de Europa contaban con sistemas de eliminación de aguas servidas. Las conexiones domésticas del drenaje, que en un principio servían sólo a los excusados, comenzaron posteriormente a utilizarse para la eliminación de aguas de desecho de tinas, lavabos y pilas de cocina.

Los baños con agua corriente y drenaje, que hacia 1870 eran en Inglaterra bastante comunes en las residencias de las familias pudientes, sólo hicieron su aparición en las casas de la clase trabajadora a comienzos del siglo XX. Con el cambio de siglo, el liderazgo que la vieja Inglaterra victoriana mantenía en materia de higiene y confort domésticos se transfirió a los Estados Unidos, desde donde se propagaron las técnicas de saneamiento hacia el resto de los países americanos. En la actualidad, 85% de la población urbana y 53% de la rural dispone en los Estados Unidos de alcantarillado público.

En el mismo país, el suministro de agua entubada cubre el 97,5% de la población urbana, y el 82,5% de la rural. 2/

1/ Véase, Henry J. Cowan, Science and Building: Structural and Environmental Design in the 19th and 20th Centuries, John Wiley and Sons, New York, 1978.

2/ Según datos del U.S. Department of Commerce, 1970 Census.

3. Situación actual y tendencias respecto del procesamiento de excreta

En casi todos los países del mundo, la situación existente respecto al procesamiento de excreta se conoce bastante mal. Los datos existentes son escasos y desactualizados. Resultan además poco confiables y difícilmente comparables: el concepto de "adecuación" parece variar mucho de país a país. En cualquier caso, la situación respecto a las excreta se conoce peor que aquella relativa al abastecimiento de agua potable. Todo sucede como si el pudor que a nivel individual se manifiesta respecto al tema se reprodujera también a escala de los sistemas nacionales de información.

Como es sabido, los problemas de saneamiento, como tantos otros, son mucho más graves en los países en desarrollo que en los países industrializados. Para conocer la situación al respecto, la Organización Mundial de la Salud ha realizado en forma periódica estudios y encuestas de amplia cobertura geográfica. Las encuestas más completas, que se realizaron en 1970 y 1975, permiten conocer la tendencia evolutiva del problema.

Se sabe así que el porcentaje de la población urbana en países en desarrollo con conexión doméstica al alcantarillado público bajó de 27% en 1970 a 25% en 1975. 3/ La red de alcantarillado convencional no pudo crecer al ritmo en que lo hacía la urbanización, a pesar del gran esfuerzo económico desarrollado.

En América Latina la situación respecto al saneamiento de los asentamientos es un poco mejor que la del promedio de los países en vías de desarrollo, especialmente en las zonas rurales, pero sin separarse mucho de la tónica general imperante en el Tercer Mundo. Cabe recordar que América Latina es la única región que desde hace más de dos decenios ha establecido programas conjuntos de mejoramiento de las condiciones de saneamiento habitacional. El cuadro II-1, elaborado especialmente para este trabajo, refleja los datos más actualizados de que se dispone para conocer la situación actual respecto a las condiciones sanitarias de los asentamientos latinoamericanos.

Como podrá apreciarse en el cuadro mencionado, de los 175 millones de habitantes netamente urbanos que existían en 1980 en la región, sólo 76 millones (43%) disponían de alcantarillado convencional; el porcentaje respecto a la población total sería de 21%. Estos son los alcances actuales de la tecnología convencional de evacuación de excreta. Procesando los datos que suministró la encuesta de la OMS relativa a la

3/ Véase, World Health Organization: World Health Statistics Report: Water and Sanitation, Vol. 29, No. 10, Ginebra 1976, pág. 549. Los datos se refieren al conjunto de los países en desarrollo, sin incluir China.

AMERICA LATINA: SITUACION SANITARIA DE LOS ASENTAMIENTOS

País	Total aproxima- do, 1980 (millones) <u>c/</u>	Urbana, porcen- taje sobre po- blación total 1975 <u>b/ e/</u>	Urbana aproxima- da, 1980 <u>d/</u> (millones) <u>e/</u>	Población		Urbana con alcantarillado porcentaje so- bre población urbana 1977 <u>a/e/</u>	Urbana con alcantarillado 1980 (millones) <u>c/ e/</u>
				Que dispone de agua potable, porcentaje sobre población total 1977 <u>a/</u>	Rural con agua potable, porcen- taje sobre po- blación rural 1975 <u>b/</u>		
Argentina	(27)	69.8	(20)	68	26	40	(8)
Barbados	(0.25)	37.0 (1970)*	(0.15)	100	100		(0.1)
Bolivia	(5.6)	29.4	(1.9)	38	6	42.2	(0.8)
Brasil	(122)	45.0	(60)	63	-	34	(20.4)
Colombia	(26)	47.8	(13.5)	64	33	65	(8.8)
Costa Rica	(2.2)	27.6	(0.7)	80	56	42	(0.3)
Cuba	(10)	45.5	(5)	60	-	46	(2.3)
Chile	(11)	66.1	(7.7)	79	28	67	(5.2)
Ecuador	(8)	35.9	(3.2)	46	8	63	(2)
El Salvador	(5)	21.6	(1.3)	55	28	36	(0.5)
Guatemala	(7)	16.3	(1.4)	40	14	31	(0.4)
Guyana	(0.9)	26.2 (1970)	(0.3)	98	75	43	(0.1)
Haití	(6)	14.5	(1.2)	10	3	-	(0.4)
Honduras	(4)	21.1	(1)	42	10	48	(0.5)
Jamaica	(2.2)	32.3 (1970)	(1)	82	-	21	(0.2)
México	(70)	38.7	(30)	59	49	41	(12.3)
Nicaragua	(3)	35.2	(1.2)	74	14	31	(0.4)
Panamá	(2)	42.9	(1)	82	54	97	(1)
Paraguay	(3)	23.2	(0.8)	12	5	15	(0.1)
Perú	(18)	44.6	(8.8)	45	15	50	(4.4)
República Dominicana	(6)	36.9	(2.4)	57	27	27	(0.6)
Trinidad & Tobago	(1)	13.1 (1970)*	(0.2)	89	-	69	(0.1)
Uruguay	(3)	64.7	(2.1)	75	59 (1970)	58	(1.2)
Venezuela	(16)	63.7	(10.8)	81	38 (1970)	52	(5.6)
Total América Latina	~360		~175			~43 (1980) <u>c/e/</u>	~76

Fuentes: 1/ Síntesis Estadística de América Latina 1960-1980, Naciones Unidas, CEPAL. 2/ Indicadores del desarrollo económico y social en América Latina 1976, CEPAL 18 noviembre 1976.

Notas:

a/ Fuente 1; b/ Fuente 2, excepto datos marcados (1970)* que corresponden a Fuente 1; c/ Estimaciones del autor, sobre datos de fuentes 1 y 2; d/ Estimaciones del autor, considerando un ritmo uniforme de avance del proceso de urbanización; e/ Se considera sólo la población en localidades de 20,000 habitantes o más.

situación a fines de 1970,^{4/} se puede determinar que en esa época, alrededor del 91% del efluente de los sistemas de alcantarillado público de la región se vertía en el medio ambiente sin ningún tipo de tratamiento, 6% recibía un tratamiento convencional (aireación mecánica) y 3% se procesaba en lagunas de oxidación. Se carece prácticamente de datos confiables que caractericen cuantitativamente la situación global en lo que se refiere a sistemas no convencionales de procesamiento de excreta.^{5/}

El paradigma dominante es tan poderoso que, durante muchos años, no se hablaba siquiera de "saneamiento", sino directamente de "alcantarillado".

iii) Desde la Carta de Punta del Este de 1961 se habían venido desarrollando en los países de América Latina esfuerzos por establecer programas de saneamiento con metas definidas y comunes. Estas metas se reafirmaron en la Reunión de Jefes de Estado en Punta del Este en abril de 1967. Se acentuaron estos esfuerzos a comienzos del decenio de los setenta (el Plan Decenal de Salud para las Américas), estableciéndose unas metas precisas para 1980, que fueron ratificadas en la III Reunión de Ministros de Salud, celebrada en Santiago de Chile en octubre de 1972.

Se proponían los gobiernos lograr para 1980, una cobertura de 70% de la población urbana servida por alcantarillado o, como mínimo, reducir en 30% la población urbana que carecía de esta infraestructura. También se proponían proporcionar "medios adecuados" para evacuación de excreta al 50% de la población rural de 1980, o, como mínimo, reducir en 30% aquella población que no dispone de sistemas apropiados.

Desde la perspectiva de 1970 se consideraba que estos objetivos eran bastante modestos y realistas. Pero ya en 1975 se cobró conciencia de lo difícil que sería cubrirlos. Se precisó entonces, como meta a alcanzar en 1980, la de suministrar servicio de alcantarillado al 55% de la población urbana. Esto significaba ampliar, en el período 1976-1980, la infraestructura de alcantarillado para dar servicio

4/ Véase el cuadro que analiza la situación por países en World Health Organization, C.S. Pineo y D.V. Subramanyam, Community Water Supply and Excreta Disposal Situation in the Developing Countries, Ginebra, 1975.

5/ Los pocos datos de que se dispone para conocer la situación rural son, con mucha frecuencia, inconsistentes entre sí, debido a la existencia de diferentes criterios nacionales respecto a lo que constituye un sistema de evacuación de excreta "adecuado" para áreas rurales.

a 94 millones de nuevos pobladores urbanos. 6/ El grado en que se cumplieron estos objetivos se puede apreciar confrontando las metas con los resultados que se reflejan en los datos del cuadro II-1. De esta confrontación se desprende que la planeación latinoamericana, en lo que se refiere al saneamiento, ha tendido a confundir deseos con realidades. El esfuerzo fue insuficiente, pero real: nada más en los cinco años comprendidos entre 1971 y 1975, la región invirtió un total de 1 250 millones de dólares en mejorar y ampliar sus sistemas de evacuación de excreta.7/

Las condiciones de saneamiento urbano en América Latina mostraron una tendencia a mejorar en el decenio de los sesenta y hasta los primeros años de los setenta, para posteriormente estancarse e incluso empeorar. Esta tendencia evolutiva refleja la impresionante y aparentemente incontenible expansión de los asentamientos precarios en la región.

4. Evacuación hidráulica de excreta

a) Problemas económicos

Se propone explorar, desde el punto de vista económico, la hipótesis que consiste en suministrar el servicio de alcantarillado convencional a todos los nuevos pobladores urbanos de la región, ya sea que provengan del crecimiento demográfico natural o de la inmigración campo-ciudad.

En América Latina se prevé un incremento anual de la población urbana no inferior a los diez millones de habitantes, para el decenio 1980-1990. Los costos de inversión por habitante para la construcción de alcantarillado son muy variables; se estima que oscilan entre 150 y 650 dólares.8/

La magnitud de la inversión anual necesaria para hacer frente a las nuevas y previsibles necesidades de eliminación de excreta y aguas residuales en zonas urbanas estará pues representada por una cifra comprendida entre 1 500 y 6 500 millones de dólares. Si además se propusieran los gobiernos de la región eliminar durante este decenio los rezagos existentes, tendrían que dar servicio a 100 millones más de habitantes, lo cual equivaldría a duplicar la inversión antes mencionada.

6/ Véase, World Health Organization, op.cit.

7/ Ibid.

8/ El dato demográfico proviene de las proyecciones del CELADE; el dato económico está tomado de Kalbermatten, et al., (Banco Mundial, diciembre de 1980). Los costos citados en este epígrafe, mientras no indique otra cosa, se refieren a dólares de los Estados Unidos de América, 1978.

Una estimación bastante optimista podría pues fijar en unos 5 000 millones de dólares el monto anual de la inversión necesaria para conseguir que en 1990 todos los habitantes urbanos de la región dispusieran de alcantarillado. Esta cifra podría compararse, por ejemplo, con los 2 800 millones de dólares (corrientes de 1980) que constituyeron el monto de la Formación Bruta de Capital Fijo de un país como el Perú, en 1980. Aunque también se podría plantear la trillada pero siempre ilustrativa comparación con algunas inversiones en armamento, como la proyectada por el gobierno de los Estados Unidos, para la construcción de un nuevo portaaviones en 1982 y que alcanza la suma de 31 000 millones de dólares corrientes. ^{9/} Cualquiera que sean las referencias, es fácil comprender que la región no tiene capacidad financiera para hacer frente al desembolso que exigiría la hipótesis inicial. Convendrá recordar, además, que para que fuera factible la implantación generalizada del alcantarillado convencional, se necesitaría también suministrar a todas las viviendas agua entubada, lo cual implicaría otra muy fuerte inversión inicial, por lo menos del orden de la mitad de la exigida por la construcción del sistema de alcantarillado. En América Latina, como en el resto del mundo en desarrollo, no se dispone de recursos financieros suficientes para resolver el saneamiento de los asentamientos si se pretende utilizar exclusivamente la tecnología convencional. En la dramática carrera que se desarrolla entre la tasa de crecimiento de la población urbana y la de las inversiones destinadas a cubrir en forma convencional las necesidades básicas, este último factor lleva todas las de perder.

b) Problemas ambientales

Las dificultades de la tecnología convencional no se limitan al orden económico. Si la generalización de las técnicas de evacuación hidráulica de excreta resulta prácticamente imposible por incosteable, la consideración ambiental demostrará que no es ni siquiera deseable.

En primer lugar, se puede cuestionar la irracionalidad que implica el alto consumo de uno de los recursos más escasos y costosos: el agua potable. El excusado convencional consume entre el 30% y el 40% del agua que se introduce para uso doméstico. El sistema hidráulico de procesamiento de excreta logra hacer que cada usuario contamine hasta unos 50 000 litros de agua potable al año. Apenas el 1.2% de las aguas negras está constituido por residuos corporales. El elemento agua representa el 99.9% del conjunto de las aguas residuales domésticas. ^{10/} La evacuación de un litro de excreta exige la

^{9/} Véase, R. Malloran, "Now it's defense vs. the deficit", New York Times, F-1, Sección 3, 13 de septiembre de 1981.

^{10/} Véase, H.H. Leich, "Protecting Water Supplies Through Sewerless Sanitation", Ekistics, N° 254, Vol. 43, enero de 1977.

inutilización de unos 20 litros de agua, generalmente de calidad potable, cada vez más cara y difícil de obtener. 11/ La opción de la tecnología convencional equivale a acarrear heces utilizando un vehículo de lujo. En los volúmenes que requiere el suministro de agua para los grandes asentamientos, no se puede ya contar con cursos impolutos de agua cristalina. Los procesos de captación y transformación de agua para suministro urbano se inician, en medida creciente, a partir de cuerpos acuíferos que ya han recibido potencialmente algún efluente excretal. La tecnología convencional implica pues ensuciar con excreta el agua para volverla a beber después de haberse tomado grandes molestias en limpiarla.

Si es grave el hecho de contaminar un recurso escaso e insustituible, lo es aún más el problema de desembarazarse del mismo una vez contaminado, o el de purificarlo. Lo que constituye una pequeña dificultad a escala familiar --librarse en forma sanitariamente conveniente de unos 8 litros diarios de excreta-- se transforma, a escala metropolitana, en un gigantesco problema. La situación más obvia y económica que consiste en verter simplemente el efluente en algún cuerpo acuífero natural no presenta serios inconvenientes mientras no se supere la capacidad de biodegradación de ese cuerpo, es decir, mientras el vertido se realice lentamente y a pequeña escala. Pero, precisamente, donde la tecnología convencional se impone con mayor énfasis es en las grandes urbes que producen y concentran una cantidad tal de efluente que suele sobrepasar el umbral admisible de contaminación de los elementos del medio ambiente que reciben la descarga. Se hace necesario, entonces, un nuevo subsistema tecnológico para resolver un problema que la propia tecnología ha creado. Surgen así las plantas de tratamiento, que no son sino dispositivos de decantación y oxidación controlada del efluente.

Si no se instalan estas plantas se corre el riesgo de contaminar irreversiblemente un recurso hidráulico necesario para su uso humano. La decisión de instalarlas implica un desembolso económico de gran magnitud, que agrava la carga financiera impuesta por la tecnología convencional.

Desde el punto de vista económico, las plantas de tratamiento más asequibles son las que se basan en el principio de las "lagunas de oxidación".

11/ Resulta ilustrativo analizar el caso de la ciudad de México, cuyas autoridades han emprendido un ambicioso proyecto para garantizar el suministro de agua. El proyecto "Cutzamala" implica una ampliación del sistema actual de captación; su primera fase entra en operación en 1982. Se estima que el costo promedio previsible de cada nuevo m³/s instalado será de 50 millones de dólares corrientes, y ello sin incluir el sistema de distribución en el área del Distrito Federal.

Estas últimas consisten básicamente en una sucesión de estanques artificiales de baja profundidad (1-1.5 m) en los que el proceso de oxidación se confía a la acción del aire sobre su superficie y al efecto combinado y simbiótico de los procesos de desarrollo de algas y bacterias. Las algas generan por fotosíntesis el oxígeno que necesitan las bacterias para su acción de degradación de la materia orgánica, de cuyos productos dependen a su vez las algas.

En muchos casos, el sistema de lagunas de oxidación es el único asequible para un país en desarrollo. Presenta, sin embargo, un serio inconveniente: la impresionante superficie más o menos plana que se requiere para la construcción de extensos estanques artificiales.

Todo incremento en la profundidad estándar de los estanques redundaría en una pérdida de eficacia: el proceso se tornaría básicamente anaeróbico, generaría malos olores, y no garantizaría la eliminación de microorganismos patógenos. La única forma de reducir drásticamente la superficie requerida consiste en recurrir a artificios mecánicos de aireación, los cuales suelen ser muy costosos, y requieren un apreciable suministro energético y un cuidadoso y constante mantenimiento llevado a cabo por personal especializado. Las plantas mecánicas de tratamiento de aguas negras concentran su acción en la reducción de BOD, pero presentan menos garantías en lo que se refiere a la erradicación de organismos patógenos, factor fundamental desde el punto de vista sanitario en los países tropicales.

Por otra parte, no está resuelto el problema de la proliferación de insectos sobre las grandes superficies de aguas negras en proceso de tratamiento, problema potencialmente grave en las lagunas de oxidación. Puede resultar también difícil garantizar la estanqueidad del fondo de las lagunas para evitar que se produzcan filtraciones que contaminen el agua del subsuelo.

La tecnología convencional presenta pues dos caras: a escala doméstica implica comodidad y unas condiciones sanitarias inmejorables; pero a gran escala, cuando se considera el sistema en su conjunto, esta tecnología crea problemas ecológicos y específicamente sanitarios, que a veces resultan más graves que aquellos a cuya resolución se aboca.

Con frecuencia se presenta además una distribución social injusta de ventajas e inconvenientes. Los habitantes de los asentamientos rurales son los que padecen la contaminación y el riesgo sanitario que genera el medio urbano, mientras la población urbana disfruta de la comodidad que implica la tecnología convencional y está en condiciones de pagar el alto precio del control de la potabilidad del agua que consume.

El alcantarillado convencional presenta, por último, un inconveniente técnico aleatorio, pero potencialmente muy grave: la dificultad de excavación de las zanjas para el tendido de tubos de albañal cuando el terreno es duro. En ocasiones éste ha sido el factor decisivo para seleccionar una tecnología alternativa. Las peores circunstancias se dan cuando el terreno está constituido por roca no volcánica o cuando el suelo es a la vez demasiado duro para la excavación manual y demasiado blando para un uso eficaz de la dinamita.^{12/}

5. Necesidad de transformación del paradigma tecnológico dominante

Los inconvenientes anteriormente reseñados, que se presentan tanto en el orden ambiental como en el económico, han determinado la crisis de un paradigma tecnológico basado exclusivamente en el procesamiento hidráulico convencional de las excretas.

Es necesario ampliar el abanico de opciones tecnológicas alternativas, sin por ello desechar apresuradamente la opción representada por el ya clásico alcantarillado, sistema que seguirá siendo por bastante tiempo prácticamente insustituible en los asentamientos de alta densidad. Aunque mal conocidas y frecuentemente despreciadas por los técnicos, existen en la actualidad tecnologías que pueden garantizar unas condiciones sanitarias iguales o incluso mejores que las del sistema convencional globalmente considerado. Lo que difícilmente se puede superar es el grado de comodidad que ofrece este último al usuario directo. A cambio de un pequeño sacrificio en la comodidad, la adopción de algunas de aquellas tecnologías alternativas puede representar un enorme ahorro económico, sin descartar además una probable mejora en las condiciones sanitarias locales.

Las alternativas tecnológicas no convencionales para el saneamiento implican y exigen un cambio en el paradigma vigente: las opciones alternativas más elaboradas no suelen derivar de un proceso gradual de mejoramiento de la tecnología convencional sino de cambios en la forma misma de plantear el problema tecnológico. ¿Por qué plantear la "eliminación" de residuos y no su "aprovechamiento"? ¿Por qué diluir con agua las excretas? ¿Por qué plantear el problema a la escala urbana de agregación y no a la escala familiar o vecinal? ¿Por qué segregar a priori dos problemas que tienen mucho en común: el del procesamiento de excretas y el del tratamiento de la basura doméstica de índole orgánica?

^{12/} Como ejemplo del último caso mencionado se puede citar la roca caliza típica de la península de Yucatán. Esta circunstancia fue determinante para que una institución promotora de la vivienda popular (INDECO) se decidiera a experimentar una tecnología alternativa (la cámara de digestión o "biopot").

Estas y otras preguntas del mismo tipo son las que generaron perspectivas tecnológicas nuevas. La ampliación en el margen de opciones disponibles permite alimentar un proceso más riguroso y racional de selección tecnológica que dará como resultado una o varias técnicas potencialmente apropiadas para cada situación concreta. La intervención en el proceso de cambio tecnológico no determinará probablemente un cambio brusco, una sustitución radical del paradigma vigente, pero hará posible la implantación social de una mezcla tecnológica de composición dinámica que redundará, incluso a corto plazo, en una mayor racionalidad de los sistemas de saneamiento.

Frecuentemente se estima que el interés por las tecnologías alternativas de saneamiento deriva forzosamente de la corriente ideológica conocida como "tecnología intermedia" y que su desarrollo implicaría optar por una tecnología "para pobres", inaceptable para los estándares de los países desarrollados y limitante a efectos del desarrollo socioeconómico.

En contra de esta argumentación se puede invocar el hecho de que las investigaciones más extensas acerca del tema del "saneamiento sin alcantarillado" han tenido lugar en los países más industrializados: Suecia, Estados Unidos y Canadá; lo cual no implica, ni mucho menos, que los países en desarrollo tengan que tomar aquellas investigaciones como modelo.

6. Acciones de saneamiento

Este trabajo se centra en los aspectos específicamente técnicos, pero no puede dejar de aludir al carácter necesariamente integral de las acciones de saneamiento. La Organización Mundial de la Salud ^{13/} sugiere la consideración de la siguiente serie de condiciones de las cuales pudiera depender el éxito de todo programa de saneamiento.

a) Existencia de una planificación eficaz, a escala nacional, regional y sobre todo local, que permita fijar objetivos, movilizar recursos y establecer compromisos concretos.

b) Examen en forma combinada de los subsistemas de agua potable y de evacuación de excreta.

c) Desarrollo de recursos humanos en función de los objetivos nacionales, las tecnologías vigentes, los recursos disponibles y los niveles de prestación.

^{13/} Véase, World Health Statistics Report, Water and Sanitation, Vol. 29, N° 10, WHO, Ginebra, 1976. La transcripción que se efectúa no es de carácter literal.

d) Desarrollo de tecnologías apropiadas para el saneamiento en cada contexto concreto.

e) Establecimiento de criterios normativos adecuados.

f) Garantía de las condiciones de explotación y mantenimiento de los sistemas adoptados.

g) Participación efectiva de la comunidad en la toma de decisiones a todos los niveles del programa.

Se mencionan además la responsabilidad final, la vigilancia de la calidad del agua, el desarrollo de instituciones abocadas a los problemas de saneamiento y la eficacia de los métodos de gestión.

Los puntos c), d), f) y g) suelen ser aquellos cuyo cumplimiento resulta más problemático. Parece especialmente difícil garantizar la participación efectiva de la comunidad, y sin embargo la importancia de este factor es fundamental: no se conoce un solo programa con éxito que no haya cumplido con este requisito.

En el plano técnico, sólo cabe insistir en el control racional de los procesos de selección tecnológica. En su aspecto metodológico más elemental, estos procesos se concretan en la acción de filtrado de un surtido de alternativas tecnológicas a través de un conjunto preestablecido de criterios generales y particulares. Interesa especialmente llamar aquí la atención sobre uno de los criterios generales, que parece de aplicación universal en los países en desarrollo: el que marca la exigencia de la factibilidad de un proceso evolutivo de mejoramiento de la opción técnica que inicialmente se adopte. Este proceso de transformación puede incluso desembocar en una tecnología diferente de aquella por la que se optó como punto de partida. La transformabilidad tecnológica permite no comprometer el futuro y emparejar el ritmo evolutivo de los sistemas de procesamiento de excreta con el de los procesos de desarrollo socioeconómico en general y, más específicamente, con los procesos de mejoramiento de los sistemas de suministro de agua entubada. En el cuadro II-2 se presentan algunas alternativas para llevar a efecto el progresivo mejoramiento de las técnicas de procesamiento de excreta.

Es interesante recalcar que el resultado final previsible de estos procesos evolutivos no coincide en ningún caso con la tecnología convencional.

Cuadro II-2

PROCESOS DE MEJORAMIENTO DE LAS TECNOLOGIAS DE SANEAMIENTO

Tecnología de saneamiento	Niveles de suministro de agua		
	Acarreo manual	Toma en el lote o bomba domiciliaria	Conexión doméstica
Letrina de compostaje			
Casa séptica	Improbable		
Compartimento y extracción al vacío	Improbable		
Letrina ventilada			Improbable
Inodoro Reed			Improbable
Retrete de agua vertida			
Retrete y desague de pequeño diámetro			
Alcantarillado convencional			

Técnica no factible
 Técnica factible
 Técnica factible si se acarrean servidas superan los 50 litros/hab. y día
 Técnica factible si se acarrean suficiente agua

III. ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE EXCRETA

En el cuadro III-1 adjunto se presenta una primera clasificación de las principales alternativas tecnológicas no convencionales hoy disponibles en los países en desarrollo. La clasificación se basa en dos criterios: la ubicación y el tipo de proceso. Se distingue así entre los procesos de tratamiento que se verifican in situ, los que tienen lugar fuera del terreno y aquellos que se desarrollan tanto in situ como fuera del lugar.

Se propone igualmente dos clases o tipos de procesos: húmedos o secos, según se mezclen o no las excreta con agua.

En el cuadro III-2 se caracterizan algunas opciones técnicas en función de algunos de los criterios más difundidos de análisis de las alternativas tecnológicas.

A continuación se presenta en el cuadro III-3 un algoritmo que pretende formalizar el proceso de selección de tecnologías para el procesamiento de excreta.

Estos cuadros se basan en asunciones y en simplificaciones de la realidad que pueden no ser adecuadas en todos los casos. Cuando se presenten dudas respecto a la aplicabilidad del algoritmo será preferible establecer una lista más completa y depurada de los criterios que una opción técnica tendría que satisfacer para que se pudiera considerar apropiada en las circunstancias locales, y filtrar a través de esos criterios un conjunto lo más amplio posible de alternativas tecnológicas.

La información suministrada procede de las investigaciones sobre saneamiento básico que han sido patrocinadas por el Banco Mundial en el contexto de la Década Internacional para el Suministro de Agua Potable y Procesamiento de Excreta. Estas investigaciones representan hoy el intento más sistemático de abordar el tema de las tecnologías no convencionales para el saneamiento básico. El lector interesado en los detalles podrá remitirse a las publicaciones que recogen los resultados de las mencionadas investigaciones y que se reseñan a continuación:

/Reportes

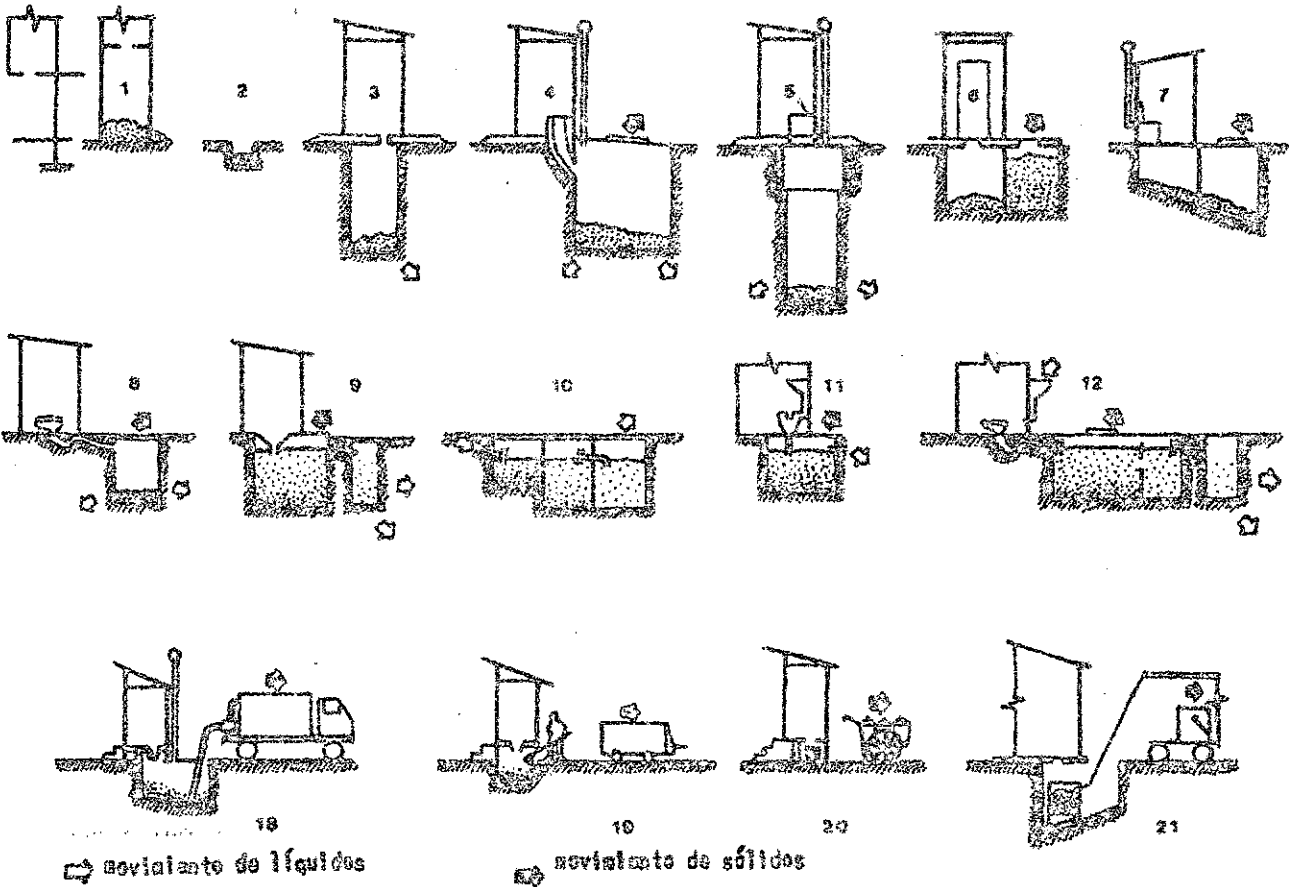
Reportes publicados por el Banco Mundial bajo el título general de Appropriate Technologies for Water Supply and Sanitation:

1. Kalbermatten, J.M.; De Anne, S.J. y Gunnerson, C.G., "Technical and Economic Options", 1980.
2. Kalbermatten, J.M.; De Anne, S.J. y Gunnerson, C.G., "A Planner's Guide", 1980.
3. Feachem, R.G.; Bradley, D.J.; Garelick, H. y Duncan Mara, "Health Aspects of Excreta and Sullage Management: A State-of-the-Art Review", 1980.
4. Rybczynski, W.; Polprasert, Ch., y McGarry M. "Low Cost Technology Options for Sanitation. A State-of-the-Art Reviews and Annotated Bibliography, publicado en colaboración con el World Bank, International Development Research Centre, Ottawa, 1978.
5. Elmendorf, M. y Buckles P., "Sociocultural Aspects of Water Supply and Excreta Disposal", 1981.
6. Kuhlthau, R., (ed.) "Country Studies in Sanitation Alternatives", 1980.
7. Feachem, R.G., Duncan Mara y Iwugo, K., "Alternative Sanitation Technologies for Urban Areas in Africa", 1980.
8. Elmendorf, M. (ed.), "Seven Case Studies of Rural and Urban Fringe Areas in Latin America", 1980.
9. Lauria, D.; Kolsky, P.; Middleton, R.; Demke, K. y Herbert, P., "Design of Low-Cost Water Distribution Systems", 1980.
10. Shuval, H.; Gunnerson, C., y De Anne, S.J., "Night Soil Composting", 1980.
11. Kalbermatten, J.; De Anne, S.J., y Gunnerson G., "A Field Manual", 1980.
12. Spangler C., "Low-Cost Water Distribution", 1980.

Cuadro III-1

SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE EXCRETA

In situ		In situ o fuera del terreno		Fuera del terreno	
Seco	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Seco
1. Letrina elevada	8. Letrina con agua vertida; absorción	14. Inodoro con tanque, absorción o alcantarillado	17. Alcantarillado convencional	18. Compartimento y extracción al vacío	19. Compartimento, extracción manual
2. Letrina de zanja	9. Letrina de agua, absorción	15. Inodoro con tanque sobre foso de agua, absorción o alcantarillado		20. Letrina de cubeta	21. Letrina de cubeta, mecánica
3. Letrina de foso	10. Letrina con agua, fosa séptica, compartimento	16. Inodoro con tanque, fosa séptica, absorción o alcantarillado			
4. Excusado Reed	11. Letrina de aguas grises, absorción				
5. Letrina ventilada	12. Inodoro de aguas grises, fosa séptica y absorción				
6. Letrina de compostaje	13. Sistema de fosa séptica				
7. Letrina de compostaje continuo					



Fuente: El Banco Mundial, "Water Supply and Waste Disposal", Poverty and Basic Needs Series, Washington, D.C., septiembre de 1980.

Nota: 13 es igual a 12, excepto excusado convencional con cisterna; 14, 15 y 16 es igual que 8 a 12, pero con inodoro convencional; 17, véanse manuales de ingeniería sanitaria.

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS TECNOLOGÍAS PARA EL PROCESAMIENTO DE EXCRETA

Tecnología para el procesamiento de excreta	Potencial de aplicación rural	Potencial de aplicación urbana	Costo de construcción	Facilidad de construcción	Potencial de autoconstrucción	Requerimientos de suministro de agua	Condiciones del suelo requeridas	Necesidades de inversión complementaria	Potencial de reutilización	Potencial de mejoramiento de la salud céntrica	
Letrina con ventilación de fosa y excusado	Facible	Facible en áreas de densidad baja o media	Bajo	Muy fácil, excepto en suelos saturados o rocosos	Alto	Ninguno	Suele estar molesto; nivel del freático a profundidad mínima de 1 metro	Ninguna	Bajo	Bueno	Bajos
Excusado con agua vertida	Facible	Facible en áreas de densidad baja o media	Bajo	Fácil	Alto	Agua cerca del excusado	Suele estar molesto; nivel del freático a profundidad mínima de 1 metro	Ninguna	Bajo	Muy bueno	Bajos
Letrina composteada con doble compartimiento	Facible	Facible en áreas de muy baja densidad	Medio	Requiere ayuda especializada	Alto	Ninguno	Ninguna (puede construirse en veda)	Ninguna	Alto	Bueno	Bajos
Letrina de agua	Facible	Facible en áreas de densidad baja o media	Bajo	Requiere ayuda especializada	Alto	Agua cerca del excusado	Suele estar molesto; nivel del freático a profundidad mínima de 1 metro	Sistema de tratamiento de los lodos	Medio	Muy bueno	Bajos
Sistema de fosa séptica rural	Facible	Facible en áreas de densidad baja o media	Elevado	Requiere ayuda especializada	Bajo	Agua entubada hasta el excusado	Suele estar molesto; nivel del freático a profundidad mínima de 1 metro	Sistema de tratamiento de los lodos fuera del terreno	Medio	Muy bueno	Bajos

Cuadro III-2 (Conclusión)

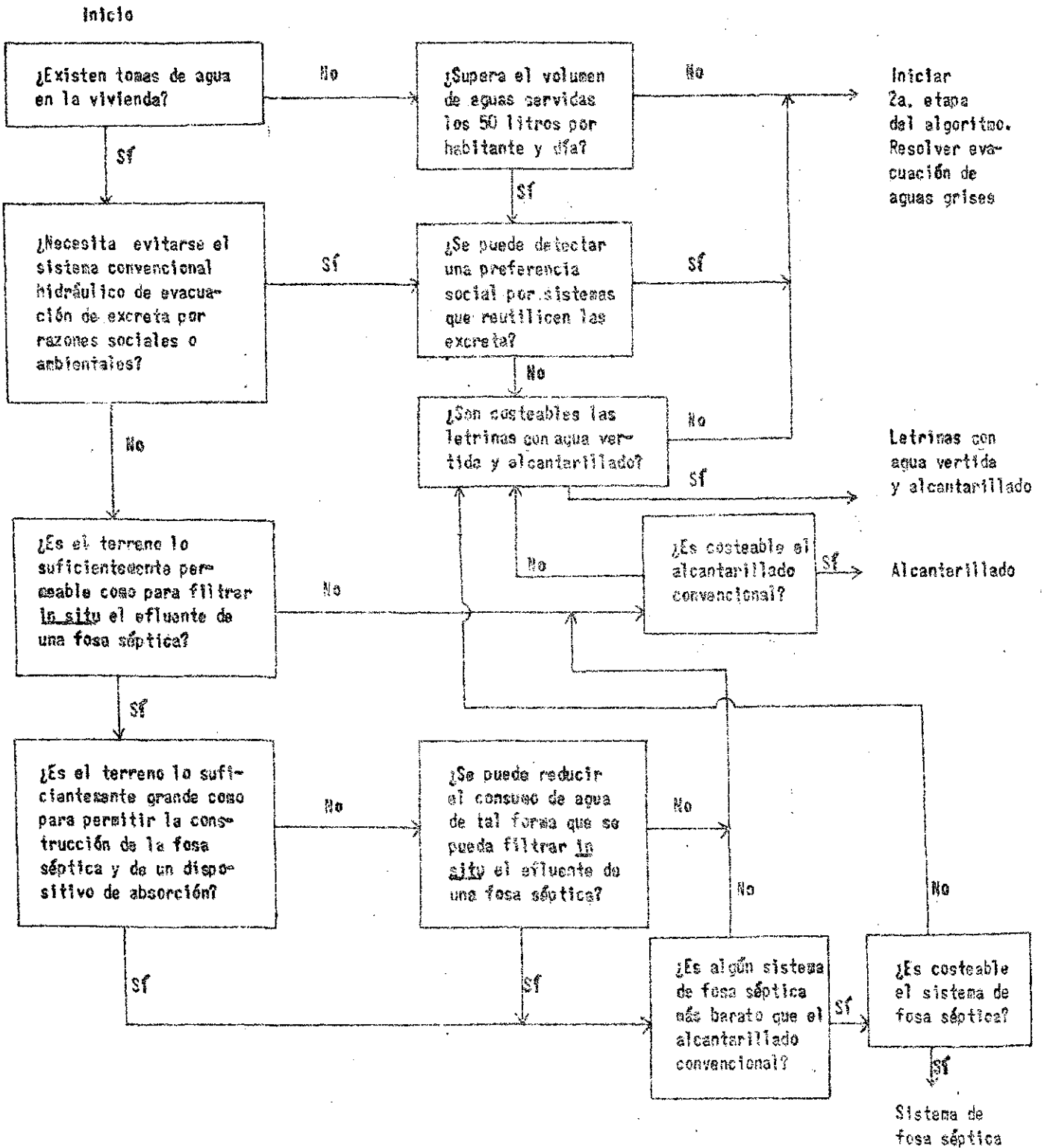
Tecnología para el procesamiento de alcantarillado rural	Posibilidad de aplicación rural	Posibilidad de aplicación urbana	Costo de construcción	Costo de operación	Facilidad de construcción	Potencial de construcción	Requerimientos de suministro de agua	Condiciones del suelo requeridas	Necesidades de inversión complementaria	Potencial de reutilización	Potencial de mejoramiento de la salud	Requerimientos de institucionales
Fosa séptica de triple compartimento, con reutilización de efluente	Factible	Factible en áreas de baja o mediana densidad	Medio	Bajo	Requiere ayuda especializada	Alto	Agua para excusado	Suelo permeable, no vel frías, con a poca humedad afínica de 1 metro	Sistema de tratamiento de los lodos	Medio	Muy bueno	Bajos
Letrina con cámara de evacuación de residuos	No factible	Factible	Medio	Elevado	Requiere ayuda especializada	Alto (para la construcción de la cámara)	Agua para excusado	Ninguna (puede construirse elevada)	Sistema de tratamiento de residuos	Elevado	Muy bueno	Muy altos
Excusado con agua vertida, conectado al alcantarillado, fosa séptica y letrina de agua	No factible	Factible	Elevado	Medio	Trabajo para personal especializado	Bajo	Suministro diario de agua entubada	Suelo excavable para tendido de drenes	Drenes y sistemas de tratamiento	Elevado	Muy bueno	Altos
Alcantarillado convencional	No factible	Factible	Medio	Medio	Trabajo para personal especializado	Bajo	Agua entubada hasta el excusado	Suelo excavable para tendido de drenes	Drenes y sistemas de tratamiento	Elevado	Muy bueno	Altos

Fuente: J. N. Kobermanian, et al, 1960.

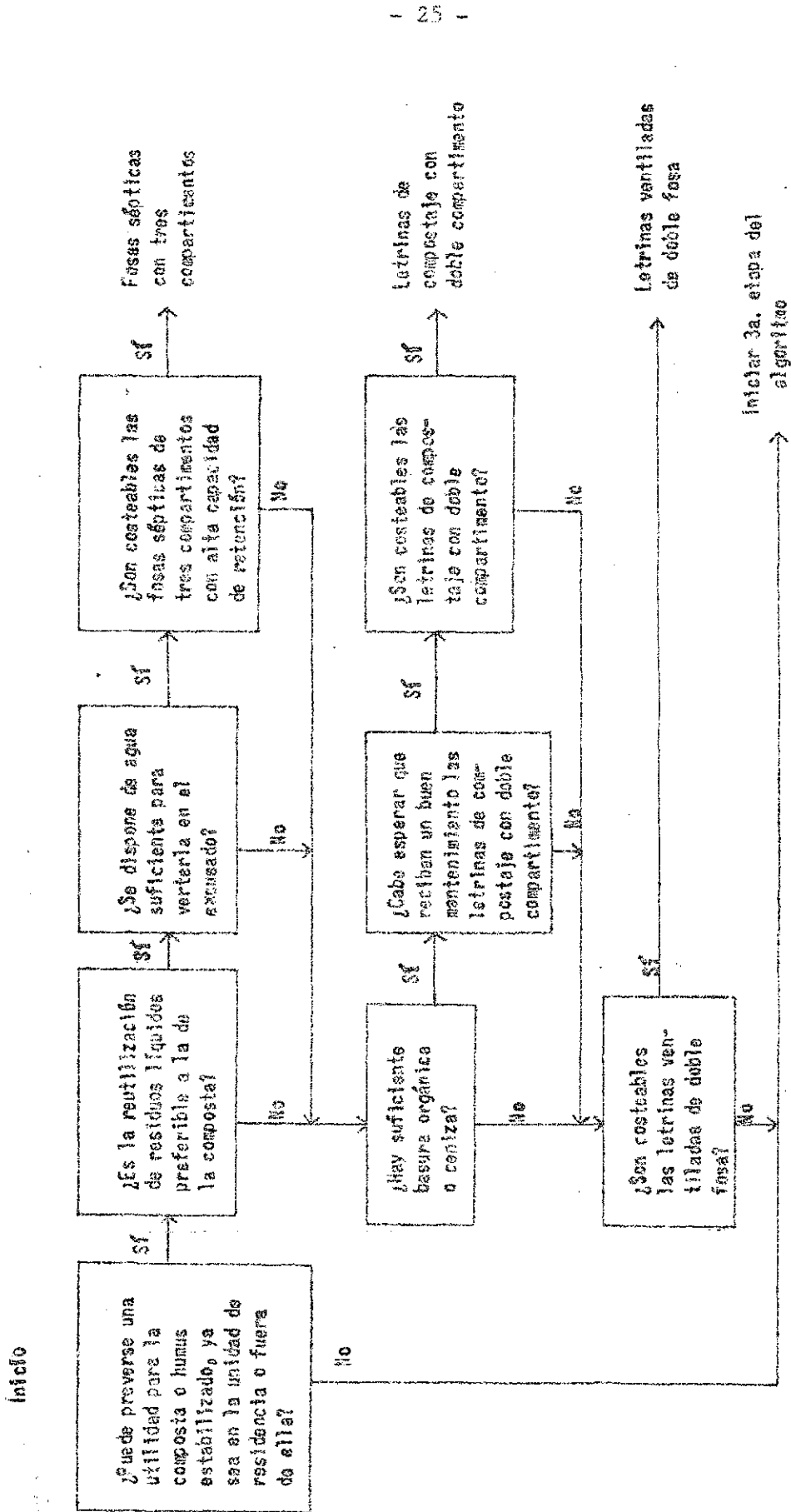
Cuadro III-3

ALGORITMO PARA LA SELECCION DE TECNOLOGIAS PARA EL PROCESAMIENTO DE EXCRETA

1a. Etapa



2a. Etapa



3a. Etapa

