SANEAMIENTO ECOLÓGICO

Sida

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

Representación en México
Fundación Friedrich Ebert

Primera edición en español, 1999
© Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo/Fundación Friedrich Ebert-México

ISBN 968-6823-49-2

Primera edición en inglés, 1998
© Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Estocolmo, Suecia
Título original: *Ecological Sanitation*

Coordinador/editor: Uno Winblad
Cuidado de la edición castellana: Ron Sawyer y Lauro Medina Ortega

Ilustraciones:
Hans Martensson (1.2, 1.3, 2.3–2.7, 3.3–3.10,3.15, 3.17–5.4)
Kjell Torstenson (3.1, 3.2, 3.11, 3.12)
Uno Winbald (1.1, 1.4, 2.1, 2.2, 3.13, 3.16)

Portada y Fotografía: Uno Winbald

Traducción: Carlos Sandoval y Lauro Medina Ortega

Este documento puede ser reseñado libremente, sintetizado, citado, reproducido o traducido en parte o en su totalidad, siempre y cuando se haga sin fines comerciales. Se solicita que las citas y el crédito relacionados con este documento se especifiquen como sigue: Esrey, S., *et al.*, *Saneamiento Ecológico*, tr. de la 1a. edición en inglés *Ecological Sanitation*, Asdi, Estocolmo 1998.
El material que se publica es de exclusiva responsabilidad del autor y no refleja necesariamente el pensamiento de la Fundación Friedrich Ebert. Se admite la reproducción parcial o total de los trabajos a condición de que sea mencionada la fuente y se haga llegar copia al editor.

Para la solicitud de ejempalres comunicarse a:

Fundación Friedrich Ebert
Representación en México
Ejército Nacional 539, 5o. piso
Col. Granada
México 11520, D.F.
Tel. 5250-0533,
Fax 5254 1554

SANEAMIENTO ECOLÓGICO

Uno Winblad (edit.), Steven Esrey, Jean Gough,
Dave Rapaport, Ron Sawyer,
Mayling Simpson-Hébert, Jorge Vargas

Representación en México
Fundación Friedrich Ebert

XC
Ecológico

Saneamiento

AGRADECIMIENTOS

Escribir este libro fue tarea de un equipo donde participaron un buen número de colegas cuyo nombre no aparece en la portada; ésta es la mejor oportunidad para extender nuestro sincero agradecimiento a toda la gente, tanto interna como externa a la red Sanres, que hizo posible este libro.

Dirigimos especialmente nuestros agradecimientos a quienes participaron en los talleres Sanres y contribuyeron al desarrollo del concepto saneamiento ecológico. Desempeñaron un papel fundamental los especialistas responsables de llevar a cabo proyectos de saneamiento ecológico en diversas comunidades alrededor del mundo. César Añorve, George Anna Clark y Josefina Mena en México; Armando Cáceres y Kasja de Asturias en Guatemala; Herberth Aparicio, Elton Membereño, Miguel Santamaría y Enrique Siliézar en El Salvador; Edgar Flores en Ecuador; Petra Forsström en Bolivia; David del Porto en Estados Unidos; Jember Teferra y Worede Yohannes en Etiopía; Fuad Izadinia y Thabo Ramokgopa en Sudáfrica; Paul Calvert en la India; Nguyen Huy Nga, Bui Trong Chien y Duong Trong Phi en Vietnam; Pan Shunchang, Wang Junqui y Xiao Ju en China, y Saburo Matsui en Japón.

También agradecemos a funcionarios de gobiernos y secretarías el apoyo y las facilidades prestadas para realizar nuestras actividades, proyectos piloto y talleres: Per Engebak, Hans Spruijt, Mirjam Fernandes y Vathinee Jitjaturunt, de UNICEF; Dennis Warner de la OMS; Nguyen Van Thuong del Ministerio de Salud de Vietnam, y Su Juxiang, Dong Jicheng y Xu Guihua del Ministerio de Salud de China.

Este libro se enriqueció con los comentarios, adiciones y críticas de varias personas, incluyendo a David Addiss, Ingvar Andersson, Eric Arrhenius, Sten Ebbersten, Bengt Johansson, Les Roberts, Chritine Moe, Janusz Niemczynowicz, Göran Sterky y Lennart Wholgemuth. También estamos en deuda con Eric Dudley, de Inglaterra, por su colaboración en las primeras etapas de elaboración del libro.

Finalmente, agradecemos el apoyo financiero generoso de Asdi y las contribuciones de la OMS, UNICEF y los ministerios de salud de El Salvador, Vietnam y China, así como de la Representación en México de la Fundación Friedrich Ebert para la impresión en español.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS II

PRESENTACIÓN IV

1. INTRODUCCIÓN 1
   1.1 El reto 1
   1.2 La visión 3
   1.3 Los criterios 5
   1.4 Este libro 7

2. SANEAMIENTO Y RECICLAJE 8
   2.1 Saneamiento: ¿cómo destruir agentes patógenos? 8
   2.2 Reciclaje: ¿cómo regresar nutrientes al suelo? 13

3. SANEAMIENTO ECOLÓGICO: PRÁCTICAS TRADICIONALES E IDEAS NUEVAS 20
   3.1 Sistemas sanitarios basados en la deshidratación 20
   3.2 Sistemas sanitarios basados en la descomposición (composta) 32

4. ¿CÓMO GARANTIZAR QUE FUNCIONE EL SANEAMIENTO ECOLÓGICO? 44
   4.1 Relatos con advertencia 44
   4.2 Características de diseño y manejo de *eco-san* *51*
   4.3 Aguas grises (aguas jabonosas) 58
   4.4 ¿Cómo seleccionar un sistema *eco-san?* *59*
   4.5 Familia y comunidad: promoción y apoyo 60

5. UNA VISIÓN PARA EL FUTURO 71
   5.1 Una visión 71
   5.2. Ventajas del saneamiento ecológico 73

NOTAS Y REFERENCIAS 80

GLOSARIO 88

ÍNDICE ANALÍTICO 90

PRESENTACIÓN

Las tecnologías de saneamiento más comunes hoy en día son la letrina convencional y el inodoro de desagüe. Los sistemas convencionales de aguas negras han demostrado ser inadecuados para resolver las necesidades sanitarias de los países en desarrollo. Estos sistemas son tan caros que su adquisición es materialmente imposible para aquellos que no pertenecen a las clases medias acomodadas, a quienes usualmente se les proporcionan estos servicios. Actualmente, 90% de las aguas negras urbanas de los países en vías de desarrollo se descarga sin tratamiento alguno, contaminando ríos, lagos y costas. Las letrinas convencionales también tienen ciertas desventajas, especialmente si se encuentran en áreas densamente pobladas, donde se corre el riesgo de contaminar los mantos acuíferos.

En los próximos 20 años, se espera que dos mil millones de individuos vivan en pueblos y ciudades, especialmente en los países en vías de desarrollo, que demandarán un saneamiento seguro. Además, muchos de los pueblos en rápida expansión se localizan en áreas áridas y semiáridas, donde la escasez reduce severamente el volumen accesible de agua.

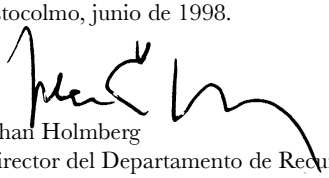
Ante la situación de inseguridad alimentaria, el decremento de fertilidad de suelos y el encarecimiento de fertilizantes industrializados en los mercados mundiales, existe la necesidad de utilizar los nutrientes localizados en la orina humana —rica en nitrógeno y fosfatos—, para su uso en la agricultura; esto incrementa la producción y reduce la necesidad de fertilizantes.

Es obvio que este enorme reto nos conduce a reconsiderar el asunto, otorgar mayor importancia al saneamiento y desarrollar nuevos enfoques, técnicas y métodos.

Este libro presenta al "saneamiento ecológico" como alternativa al saneamiento convencional. Se basa en un enfoque ecológico que considera a la orina y las heces como un valioso recurso que debe ser reciclado. Muestra además que el saneamiento ecológico ya se practica: actualmente hay cientos de miles de sanitarios secos y de composta alrededor del mundo, por lo general, en áreas rurales y pequeñas comunidades. Lo que necesitamos ahora es desarrollar las aplicaciones del concepto de saneamiento ecológico a gran escala en áreas urbanas, tanto en los países desarrollados como en los llamados en vías de desarrollo.

Este libro se basa en una investigación y un programa de desarrollo apoyado por Asdi. Esperamos que contribuya a la reconsideración urgente del concepto de saneamiento

Estocolmo, junio de 1998.



Johan Holmberg
Director del Departamento de Recursos Naturales
y Medio Ambiente. Asdi.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 El reto

En muchas ciudades, pueblos y áreas rurales del mundo actual, la gente vive y cría a sus hijos en ambientes altamente contaminados. Las áreas urbanas y suburbanas de los países en desarrollo son los hábitats más contaminados y con mayor incidencia de enfermedades en el mundo. Mucha de esta contaminación, que deriva en promedios muy altos de enfermedad, desnutrición y muerte, se debe a la falta de sanitarios y servicios adecuados de saneamiento. Esta carencia de servicios sanitarios adecuados es el resultado de factores diversos como: fuentes de financiamiento deficientes, agua insuficiente, falta de espacio, condiciones adversas del suelo y capacidad institucional limitada. En la medida que crezcan las ciudades y la población se incremente, la situación empeorará y la necesidad de sistemas sanitarios seguros, sustentables y accesibles será aun más crítica.

Las prácticas de saneamiento que actualmente se promueven son de dos tipos: "flujo y descarga" y "caída y depósito". En los últimos cien años se ha considerado al flujo y descarga como la tecnología ideal, especialmente para las áreas urbanas. Muchos municipios en los países en desarrollo – en muchos casos con ayuda financiera internacional – , han tratado de adquirir este modelo. Para aquellos que no pueden acceder al sistema de flujo y descarga, la alternativa usual es el sistema de caída y depósito que, generalmente, consiste de una letrina convencional donde se deposita excreta humana por tiempo indeterminado. Generalmente, a este sistema se le considera como una solución temporal inferior, comparada con el sistema de flujo y descarga.

Diversas ciudades en el Tercer Mundo no pueden acceder a los recursos necesarios, en términos de agua, dinero y capacidad institucional, para proveer a la población con el sistema de flujo y descarga. Muchas de estas localidades enfrentarán escasez extrema de agua para el año 2010, que amenazará la vida de sus habitantes. A nivel mundial, unos 80 países (40% de la población del planeta) ya padece de escasez de agua durante ciertos períodos.[1]

Se espera una escasez crónica de agua para el final de la década 1990 en una buena parte de África, el Oriente Medio, el norte de China, partes de la India y México, el oeste de Estados Unidos, el noreste de Brasil y las antiguas repúblicas soviéticas del Asia central. Sólo en China ya hay 300 ciudades que enfrentan una escasez muy severa de agua.[2]

La tecnología de flujo y descarga se puede operar aceptablemente y alcanzar un nivel razonable de destrucción de agentes patógenos (en adelante simplemente patógenos), sin embargo, en el Tercer Mundo, las aguas negras se descargan a gran escala directamente al ambiente, sin tratamiento alguno.[3]

La descarga de aguas negras proveniente de sistemas de drenaje convencional es el mayor causante de contaminación del agua en todo el planeta, lo que contribuye a una mayor saturación de partículas en el agua, el florecimiento de algas tóxicas (por ejemplo la marea roja) y el alejamiento del turismo en algunas áreas turísticas costeñas.[4] Si bien estos sistemas son aceptables para la gran mayoría de la gente, no son sencillos en

1.1. Flujo y descarga

Una persona puede descargar, en un año, 15,000 litros de agua pura, unos 400-500 litros de orina y unos 50 litros de heces. Usando un sistema de cañería, se agregan unos 15,000-30,000 litros persona/año de las llamadas aguas "grises" o "jabonosas", provenientes del baño, la cocina y la lavadora. Con frecuencia, por medio de las cañerías urbanas, a este flujo se añaden las corrientes de agua pluvial (de calles y techos), y el agua altamente contaminada proveniente de la industria.

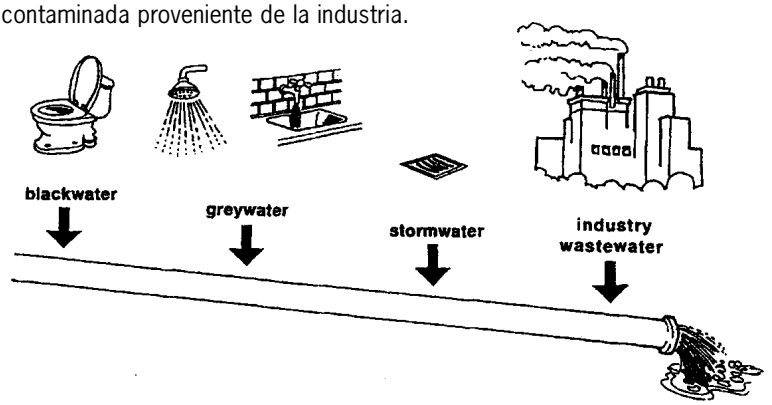


Figura 1.1 *En un sistema de flujo y descarga, una cantidad relativamente pequeña de material peligroso – heces humanas – puede contaminar una gran cantidad de agua. En muchos casos las aguas negras se vierten sin tratamiento alguno en las aguas superficiales.*

De este modo, en cada etapa del proceso de *flujo y descarga* el problema se magnifica: el elemento realmente peligroso, los 50 litros de heces, está libre para contaminar no solamente la orina, relativamente inofensiva, sino además la gran cantidad de agua pura usada para drenar, más una cantidad similar o mayor de agua jabonosa. Se supone que en la última etapa del sistema hay una planta de tratamiento, pero esto no sucede en la realidad: 90% de las aguas negras en los países del Tercer Mundo se descarga sin tratamiento alguno. En América Latina este porcentaje se incrementa a 98%.[5] De aplicarle tratamiento, sólo se separa el agua de lo que se le ha agregado.

absoluto y requieren de capacidades tanto institucionales como técnicas, no muy frecuentes en las ciudades del Tercer Mundo.

El crecimiento urbano se ubica, casi siempre, en asentamientos irregulares donde los municipios no desean o no pueden proveer de servicios como agua corriente, alcantarillado**,** drenaje y recolección de basura. El tratamiento efectivo de aguas negras es tan caro que raras veces se realiza, especialmente en las áreas urbanas en crecimiento de los países en desarrollo. En consecuencia, los habitantes de bajos ingresos usan alguna variante del sistema de caída y depósito que responda a sus necesidades.

Si bien las tecnologías de caída y depósito pueden evitar la contaminación en ciertos casos, en las áreas urbanas no son adecuados ya que requieren de espacio para las cámaras de tratamiento, además deben sujetarse a la condición del suelo y los mantos freáticos, ya que pueden crear inestabilidad en los cimientos cercanos y provocar olores.

1.2. Caída y depósito

El sistema de saneamiento más común en el mundo, las letrinas convencionales, está basado en el depósito y almacenaje indefinido de excreta humana. Llamamos a este sistema *caída y depósito.*

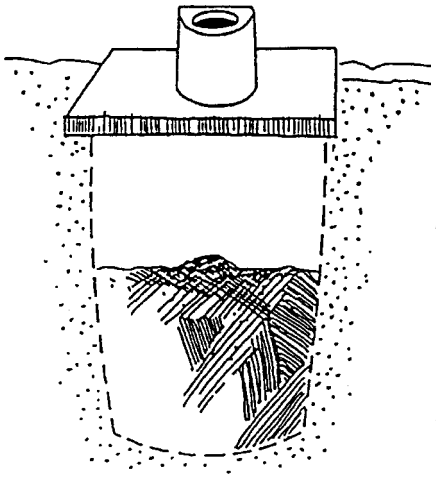


Figura 1.2 *Los sistemas de caída y depósito pueden ser muy simples y relativamente baratos, pero tiene muchas desventajas. Con frecuencia estos sistemas no pueden usarse en absoluto: en áreas muy pobladas, en suelos rocosos, donde los mantos freáticos son casi superficiales y en áreas que se inundan periódicamente.*

Este sistema requiere de acceso al suelo, un espacio abierto de tamaño razonable, suelo que pueda ser cavado, un nivel profundo de los mantos acuíferos y de un sitio que nunca sufrirá inundaciones. No requiere de agua para crear flujos, la tecnología es simple y cualquier material (papel, objetos sólidos o agua) puede ser usado para la limpieza anal. Las desventajas son: contaminación de aguas y mantos acuíferos, malos olores, proliferación de moscas, saturación del depósito, desestabilización de cimientos cercanos y el riesgo de inundación en temporales intensos. Aunque una letrina sencilla puede ser construida a muy bajo costo, una versión mejorada, como la letrina ventilada mejorada (*VIP*), es cara.

Además, se ha comprobado que los nutrientes y los patógenos que se filtran de los inodoros**,** letrinas convencionales y fosas sépticas, causan la contaminación de los mantos freáticos y aguas superficiales cercanas, en todo el mundo.[6]

Líderes y comunidades enfrentan actualmente dos opciones: expandir los sistemas de saneamiento existentes, con todas sus limitaciones y debilidades, o buscar soluciones enteramente nuevas. Los enfoques actuales de saneamiento nos son del todo viables y accesibles para la gran mayoría de la gente, ni ofrecen una solución orientada hacia una sociedad sustentable. Este libro trata sobre la búsqueda de soluciones a estos problemas.

1.2. La visión

El enfoque de saneamiento que exploramos en este libro se basa en tres aspectos fundamentales: convertir la excreta humana en material seguro; prevenir la contaminación en vez de controlarla después de contaminar, y usar en la agricultura los productos seguros de excreta humana saneada. Este enfoque puede llamarse "sanear y reciclar".

Este enfoque, al que también llamamos "saneamiento ecológico" o *eco-san* es un sistema cíclico cerrado (ver figura 1.3.). Considera a la excreta humana como un recurso. La excreta se trata en el lugar donde se produce para después, si es necesario, procesarla en otros sitios hasta que se convierta en un material seguro, libre de patógenos (ver sección 2.1.3). Así, los nutrientes contenidos en la excreta se reciclan para usarse en la agricultura.

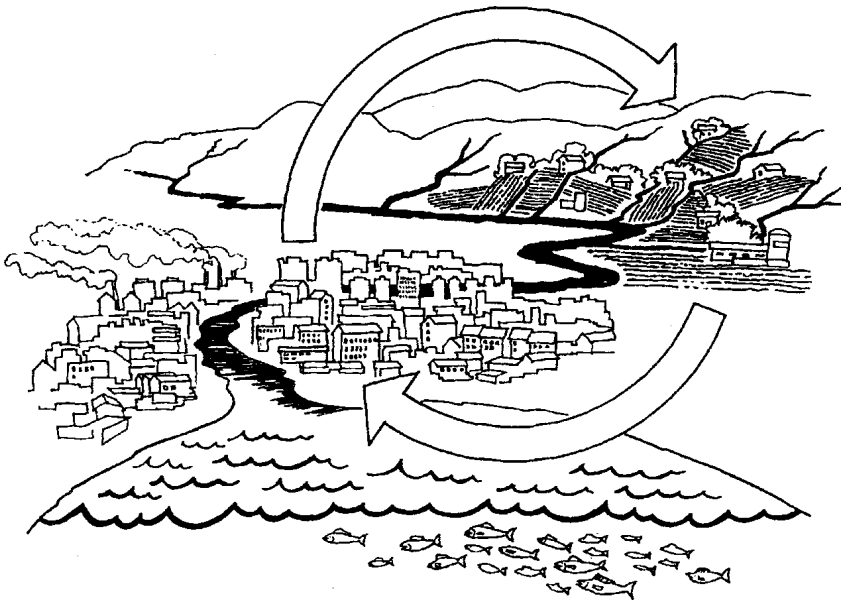


Figura 1.3 *El saneamiento ecológico imita a la naturaleza al devolver la orina humana saneada y las heces al suelo. En vez de contaminar el medio ambiente, la orina humana y las heces se usan para mejorar la estructura de suelos, a la vez que los proveen de nutrientes.*

La excreta humana debe ser saneada antes de su recuperación y uso, lo cual representa un aspecto toral. Usualmente, la orina es estéril (y la mayor parte del valor fertilizante de la excreta humana está en la orina, ver capítulo 2). En este libro consideramos tres modos de recuperar los recursos de la orina: desviación**,** separación y la combinación de ambas (ver sección 4.2.1). La **desviación** consiste en la conducción de la orina separada de las heces, nunca mezclándolas. Cuando la orina y las heces ya están mezcladas, se realiza la

En el **proceso combinado** la orina y las heces están revueltas, así se procesan y su valor como recurso se utiliza estando mezcladas.

Las heces humanas – no la orina – son las causantes de la mayoría de las enfermedades diseminadas por la excreta humana, por lo que se requiere de un método para sanearlas. En este libro se ofrecen dos maneras de aplicarlo: *deshidratación* (o secado) y *descomposición*. La **deshidratación** o secado de heces es más fácil si no están mezcladas con orina o agua. Cuando las heces se **descomponen**, los diversos seres vivientes en ellas mueren y se separan en partes más pequeñas, de tal forma que con alguno de estos dos modos los gérmenes, los huevecillos y otros seres vivientes potencialmente peligrosos se tornan inofensivos. Es hasta este momento que las heces pueden recuperarse y reciclarse con toda seguridad (los términos *deshidratación* y *descomposición* indican simplemente cuál condición predomina, ver la sección 4.2.2).

Las características fundamentales del saneamiento ecológico son: la prevención de la contaminación y la enfermedad causadas por la excreta humana; el considerar a la excreta como recurso y no desperdicio, y la recuperación de nutrientes. En la naturaleza, la excreta humana y la de otros animales juega un papel esencial para la conformación de suelos sanos y nutritivos que las plantas aprovechan. En un enfoque convencional de saneamiento, estos nutrientes se desechan y se ubican mal, lo que rompe el ciclo natural.

Los criterios necesarios para asimilar una nueva visión son simples pero esta asimilación requiere un cambio profundo de nuestra definición de saneamiento. El reto inherente de este libro es el ofrecer un sistema de saneamiento que contribuya a lograr esta nueva visión, incluidas sus desventajas (capítulo 4) y ventajas (capítulo 5).

1.3 Los criterios

El saneamiento es determinante para lograr tanto la equidad social, como la capacidad de esta sociedad para sustentarse. Si no logramos superar el reto, no podremos satisfacer las necesidades de la sociedad actual sin afectar el futuro de generaciones venideras. Así, los enfoques de saneamiento deben estar concebidos a partir de la idea de *recurso*, más que en la de *desperdicio*. De modo similar, no puede hablarse de equidad en tanto la mitad de la población mundial carece de infraestructura sanitaria básica.

Un sistema sanitario que contribuya a alcanzar el objetivo de una sociedad con equidad y sustentable, deberá lograr o al menos estar en camino de lograr los criterios siguientes:

1. **Prevención de enfermedades:** Un sistema sanitario debe ser apropiado para destruir o aislar patógenos.
2. **Accesibilidad:** Un sistema sanitario debe ser accesible para los pueblos más pobres del mundo.
3. **Protección ambiental:** Un sistema sanitario debe prevenir la contaminación, regresar nutrientes a los suelos y conservar las valiosas fuentes de agua.
4. **Aceptable:** Un sistema sanitario debe ser estéticamente inofensivo y respetuoso de los valores culturales y sociales.
5. **Simple:** Un sistema sanitario debe ser lo suficientemente sencillo y de fácil mantenimiento, considerando los límites de la capacidad técnica local, el marco institucional y los recursos económicos.

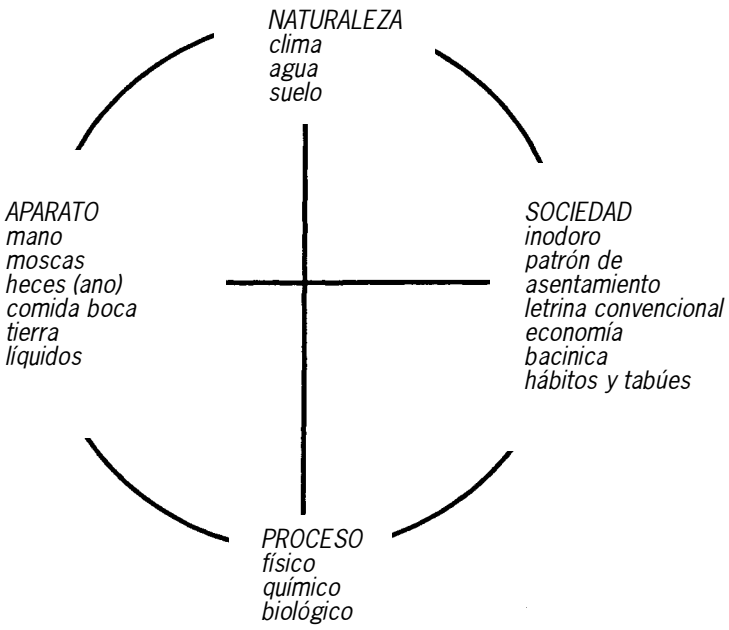


Figura 1.4 *El saneamiento es un sistema cuyos elementos principales son la naturaleza, la sociedad, el proceso y el aparato. Estos deben considerarse como un todo.*

La realización de una visión de saneamiento ecológico y la aplicación de estos criterios requiere de la comprensión del saneamiento *como sistema*. También es importante que los elementos del sistema se consideren como un conjunto, sin aislarlos al diseñarlo y hacerlo funcionar. Los elementos principales de este sistema son: naturaleza, sociedad, proceso y aparato (ver la fig. 1.4).

- Las variables más importantes del elemento **naturaleza** son: clima (humedad, temperatura), agua (nivel de acceso, cantidad, niveles de mantos freáticos) y suelos (estabilidad, permeabilidad y dureza).
- El elemento **sociedad** implica: patrón de asentamiento (concentrado/disperso, crecimiento bajo/alto), actitudes (coprofobia/coprofilia), hábitos (los que se lavan o los que se limpian con papel), creencias y tabúes relacionados con la excreta humana, así como el nivel económico de la comunidad en cuestión.
- Por **proceso** nos referimos a los procesos físicos, químicos y biológicos que hacen de la excreta humana un producto inofensivo, no peligroso y útil. En este libro se tratan dos procesos: deshidratación y descomposición.
- Por **aparato** nos referimos al instrumento y estructuras construidas específicamente para la excreción de heces y orina: los muebles de baño. Mucha literatura especializada se enfoca en el aparato, sin relacionarlo con los otros componentes del sistema sanitario.

Los principios subyacentes del sistema *eco-san* no son novedosos. Desde hace cientos de años, en culturas diferentes se han utilizado sistemas sanitarios basados en principios ecológicos. Los sistemas *eco-san* aún se practican ampliamente en el este y sudeste asiáticos. En los países de occidente se abandonó esta opción en la medida en que el sistema de flujo y descarga se convirtió en una norma; sin embargo, recientemente se ha reavivado el interés por el saneamiento ecológico.

El utilizar los criterios antes definidos y desarrollar y aplicar un enfoque sistémico al saneamiento, requiere un cambio en nuestro modo de pensar. Tenemos que olvidar el enfoque basado en el desecho para considerar el de cero descarga y reciclado. Al hacerlo, también aseguraremos nuestro recurso básico: agua limpia.

1.4 Este libro

Entonces ¿qué hay de nuevo en este libro?. Principalmente tres factores:

1. Relaciona el aparato sanitario con el saneamiento. Se considera como sistema. Explora críticamente las ventajas y desventajas de diversas tecnologías sanitarias bajo condiciones físicas y culturales distintas.

2. Sistematiza experiencias de muchas partes del mundo concentrándolas en un enfoque único, coherente que cumple con las normas *eco-san*. Al descubrir principios comunes subyacentes, este libro proporciona un nuevo marco conceptual, útil para muchas iniciativas sanitarias, ahora diseminadas.

3. Describe cómo proceder con estos sistemas y qué considerar en el proceso de desarrollo y realización del enfoque *eco-san*.

Este libro, si bien trata sobre políticas y técnicas, no es un manual acerca de estos temas. Es, en cambio, la exposición – con los pies en la tierra – de las opciones accesibles. El concepto *eco-san* es particularmente importante en ciudades donde el agua, el espacio y los recursos económicos son escasos. Pero no debería considerarse como una solución emergente sólo para los más pobres: las propuestas *eco-san* están dirigidas a un amplio espectro de niveles socioeconómicos, como se muestra en el capítulo 3.

Este libro está dirigido a todos aquellos que comparten el deseo de explorar nuevas maneras de abordar los problemas urbanos de saneamiento:

- Autoridades municipales que quieran proporcionar servicios urbanos de alta calidad, pero tienen presupuestos limitados como para responder a la creciente demanda de servicios.
- Movimientos de base y líderes de la comunidad en busca del mejoramiento de las condiciones de vida a través de la organización local, la preocupación en materia de medio ambiente y un gobierno más democrático.
- Iniciativa privada en busca de ideas comercialmente viables.
- Instituciones internaciaonales que apoyan iniciativas bien fundamentadas tanto en términos ambientales como financieros.
- Estudiosos, ingenieros y pasantes que quieran probar o desarrollar aún más el concepto de saneamiento ecológico.

CAPÍTULO 2. SANEAR Y RECICLAR

2.1 Sanear: ¿Cómo destruir agentes patógenos?

El criterio inicial y fundamental del saneamiento ecológico (y de muchos de los enfoques de saneamiento) es que el sistema forme una barrera en contra de la difusión de enfermedades causadas por agentes dañinos (patógenos) en la excreta humana. En este capítulo trataremos las relaciones entre saneamiento y enfermedad y los varios métodos de destrucción de patógenos. Hemos llegado a la conclusión de que los métodos secos, especialmente los basados en la deshidratación, parecen matar de manera más efectiva a los patógenos, cuando se les compara con los métodos comunes. Esto se aplica especialmente a los patógenos con períodos de vida más prolongados.

2.1.1 Enfermedades relacionadas con el saneamiento

La excreta humana contiene gérmenes, huevecillos y otros seres vivientes (organismos). Algunos de ellos causan enfermedad y por ello se les llama patógenos. Unos organismos viven a costa del hombre y se les llama parásitos. La gran mayoría de ellos se encuentran en las heces. Si bien la orina es comúnmente estéril, en ciertos casos contiene patógenos.[1] Estos pueden causar tifoidea, paratifoidea y esquistosomiasis; sin embargo, es en las heces donde se encuentra la mayor fuente de patógenos que causan estas enfermedades, aunque pueden encontrarse en la orina.

Los patógenos y los parásitos hallados en la excreta humana pueden causar todo un abanico de enfermedades, incluidas la diarrea y la desnutrición. Cuando estas enfermedades se prolongan, pueden derivar en un crecimiento deficiente, o la en carencia de hierro, de vitamina A y otros micronutrientes, estas consecuencias pueden durar toda la vida. No todos los contagios de patógenos y parásitos causan la muerte, pero un debilitamiento constante causado por estas enfermedades predispone a la gente a una enfermedad permanente y posiblemente a la muerte.

En las heces frescas existen cuatro grupos principales de organismos que afectan a los humanos: bacterias, virus, protozoarios y lombrices (helmintos). Estos organismos, una vez excretados:

- pueden ser inmediatamente infecciosos,
- pueden necesitar de un período determinado fuera del cuerpo para ser infecciosos, o
- pueden requerir de un huésped intermedio antes de ser infecciosos.

Las bacterias y los virus son infecciosos inmediatamente después de ser excretados. Los protozoarios son excretados primero como quistes y pueden ser inmediatamente infecciosos o requerir de un período fuera del cuerpo. Los huevecillos de las lombrices (muchos de los cuales resisten severas condiciones ambientales) necesitan estar un tiempo fuera del cuerpo. Algunos parásitos, como la *Bilharzia*, también requieren de un huésped intermedio fuera del cuerpo.

Cuando una persona excreta un patógeno no almacenado o sin destruir, contamina el medio ambiente. Una vez que la excreta tiene acceso a un ambiente abierto, a gran escala (ver figura 2.1), puede contaminar los dedos (manos, ropa y utensilios), líquidos (agua potable, para cocinar, bebidas y otras aguas), terreno (verduras y hortalizas caseras), moscas (caseras y de campo), animales domésticos y caracoles.

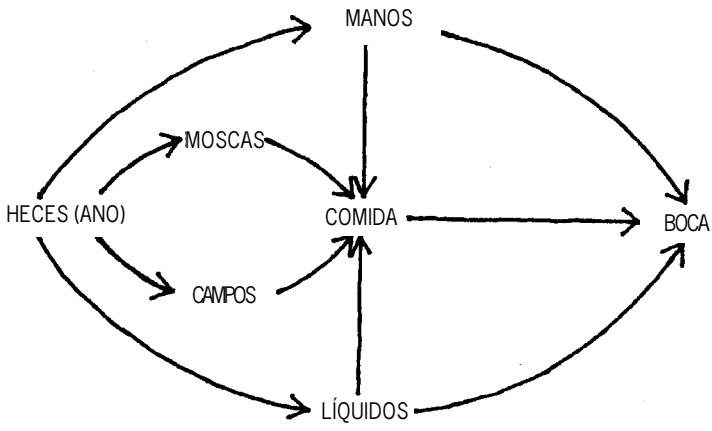


Figura 2.1 *El diagrama "ANO-MANO-BOCA" resume las vías principales de diseminación de la diarrea: patógenos fecales que contaminan manos, moscas, campos, comida y líquidos, que finalmente nos llevamos a la boca. Este diagrama corresponde al diagrama "F" en inglés.*

La gente puede estar expuesta a patógenos y parásitos a través de estas rutas o por medio de la comida.

Un medio ambiente contaminado expone a la gente al contagio de patógenos y, por ende, a la infección y enfermedad. La gente recién contagiada excreta al ambiente, creando un ciclo de infección, contaminación y enfermedad.

La diseminación de patógenos puede reducirse o evitarse usando barreras para impedir que se mueva de un lugar (el suelo) a otro (manos, comida/agua), (ver figura 2.2). Una barrera inicial evitaría que las heces contaminaran los dedos, los líquidos, los campos, la comida y las moscas, es decir, evitaría la diseminación de patógenos. Sin embargo, si éstos alcanzan las manos, la comida, etc., se requeriría de una barrera secundaria (lavado de manos, cocción de alimentos) para prevenir el contagio. En este capítulo nuestro argumento consiste en que un sistema seco, basado en principios *eco-san* puede funcionar como barrera primaria efectiva.

Una vez que la excreta abandona el cuerpo y antes de que los patógenos tengan acceso a un medio ambiente de gran escala hay varias opciones para prevenir su diseminación. El enfoque tradicional es "jalarle la palanca al inodoro" y apartar la excreta *(flujo y descarga)* o bien depositarla en una cámara profunda *(caída y depósito)*, como se describe en el primer capítulo.

Estos métodos para disponer de nuestra materia fecal nos hacen creer que hemos evitado la contaminación del ambiente, pero es una creencia falsa pues el contenido de una cámara profunda puede filtrarse a los mantos friáticos, o inundarse en temporales severos de lluvia.

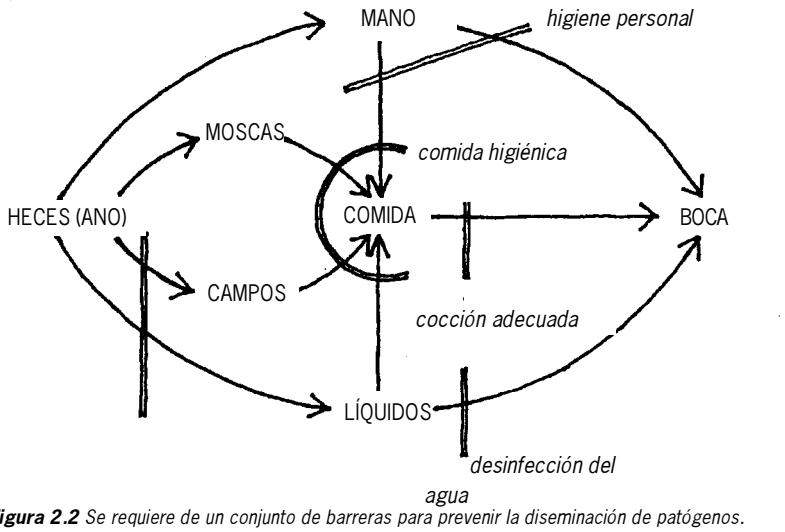


Figura 2.2 *Se requiere de un conjunto de barreras para prevenir la diseminación de patógenos.*

En el sistema de flujo y descarga, las aguas negras pueden ser tratadas adecuadamente, lo que garantiza que son seguras antes de devolverlas al medio ambiente, sin embargo, en la gran mayoría de los casos, se descarga sin tratamiento alguno o bien se trata sólo cierto volumen.[2] En cualquiera de los métodos, el problema de contaminación sólo se disemina, río abajo.

Otra manera de romper este ciclo es tratar a la gente enferma. Por ejemplo, a un niño con diarrea se le proporciona un suero de rehidratación oral o un antibiótico. Normalmente, la enfermedad se cura o desaparece por sí sola. Sin embargo, la persona portadora de una infección defecará patógenos en el medio ambiente hasta que el tratamiento surta efecto, y en el caso de algunas enfermedades la persona los seguirá defecando incluso cuando hayan desaparecido (si desaparecen) los síntomas del padecimiento. La creciente resistencia a los fármacos que desarrollan algunas enfermedades infecciosas hace pensar, con mayor razón, en la necesidad de prevenir más que tratar.[3]

Romper el círculo vicioso de infección y reinfección exige tomar medidas preventivas justo donde inicia el problema. En primer lugar, tenemos que conservar a los patógenos fuera del medio ambiente. La gente excreta patógenos por períodos que van, de días o semanas hasta meses. En algunas comunidades una buena parte de la población excreta patógenos distintos en un mismo período. Tenemos que desarrollar una manera de eliminar los patógenos excretados o prevenir su acceso al medio ambiente. La respuesta puede ser mantener a los patógenos aislados, con seguridad, o eliminarlos rápidamente. Aunque en realidad necesitamos de la combinación de ambas: aislamiento y destrucción.

2.1.2 ¿Cómo mueren los agentes patógenos?

Un buen número de patógenos y parásitos son excretados en las heces (algunos miles e incluso millones cada vez). Sin embargo, después de que son excretados al ambiente, casi todos, eventualmente, mueren o se hacen inofensivos. Pero algunos de estos organismos se conservan vivos por más tiempo y son capaces de causar una enfermedad.

El tiempo que toma morir a los organismos del mismo tipo, se conoce como *tasa de mortandad*. Esta tasa es distinta para cada tipo de organismo. Las dos excepciones son la salmonela (y otro tipo de bacteria) que pueden incluso incrementar su número fuera del cuerpo, y los huevecillos de las lombrices parásito (con su proceso de desarrollo en etapas). Si bien los huevecillos de las lombrices no se reproducen, requieren más tiempo para morir que otros patógenos.

Ciertas características ambientales (ver tabla 2.1) pueden acelerar o retrasar el proceso de muerte de los patógenos, dependiendo del nivel o grado de la condición. Las condiciones consideradas como determinantes en la tasa de mortandad son: temperatura, humedad, nutrientes, otros organismos, luz solar y pH. Cada condición varía de modo natural (por ejemplo, tiempo de secas y temporal) o de modo artificial (por ejemplo, la adición de limo). Esto significa que se puede incrementar o reducir el tiempo que le toma a un patógeno morir, a partir de su tasa promedio de mortandad. En general, en condiciones naturales, a mayor número de patógenos, la tasa de mortandad se incrementa.

Tabla 2.1. *Condiciones ambientales que estimulan la muerte de patógenos*[4]

Factores Ambientales	Cómo
Temperatura	Incremento de temperatura
Humedad	Decremento de humedad
Nutrientes	Decremento de nutrientes
Luz solar	Incremento de luz solar
pH	Incremento en pH

Cada una de las condiciones ambientales mencionadas en la tabla 2.1 tiene promedios que favorecen la sobrevivencia de los patógenos. En la medida que los humanos cambiamos estas condiciones (o la naturaleza), las tasas de mortandad se ven alteradas de modo correspondiente. Por ejemplo, si la temperatura se incrementa, los patógenos morirán más rápido. En efecto, 99% de coliformes fecales (bacterias usuales en heces) morirán, aproximadamente en dos semanas, en el verano (época de calor) y en tres semanas durante el invierno (época de frío). Una temperatura cercana a los 60ºC tendrá como consecuencia la muerte casi instantánea de todos los patógenos excretados con las heces. Una temperatura que se mantenga en un rango de 50-60ºC, tendrá como consecuencia el no crecimiento de las bacterias y la muerte, en minutos (30 minutos o menos) de casi todos los patógenos. Estas temperaturas pueden alcanzarse usando métodos diversos, como el compostaje de alta temperatura. Al cambiar más de un factor a la vez, la tasa de mortandad se incrementa. Por ejemplo, el decremento de la humedad y el incremento de la temperatura pueden trabajar juntos para producir una muerte más rápida de patógenos, que si sólo se altera uno de estos factores.

El cambio en las condiciones ambientales afectan a todos los patógenos, sin embargo, éstos tienen una tasa de mortandad diferente cuando se sujetan a los procesos de aislamiento y tratamiento.[5]

Las bacterias, los virus y los protozoarios tardan en morir varios meses, a veces menos (ver tabla 2.2.). Los huevecillos de las lombrices sobreviven varios meses y los de la especie *Ascaris* pueden permanecer vivos por años. De todos los métodos usados para la destrucción de patógenos, el compostaje de alta temperatura es el mejor modo de destruir rápidamente la mayor parte de patógenos. En realidad es muy difícil alcanzar las condiciones óptimas en tanto que algunas partes del montón de composta no alcanzan la temperatura adecuada. Esto quiere decir que algunos patógenos pueden sobrevivir. Los estanques estabilizadores de desperdicio son muy efectivos para destruir protozoarios y lombrices, pero las bacterias y virus pueden permanecer vivos y estar presentes en el producto final.

Tabla 2.2. *Períodos de sobrevivencia, en días, en condiciones distintas de aislamiento/tratamiento*

Condición	Bacteria	Virus	Protozoarios*	Helmintos**
Tierra	400	175	10	varios meses
cultivos	50	60	no se sabe	no se sabe

Generalmente se asume que, si se elimina a los patógenos más resistentes a la destrucción, entonces también se destruye a todos los demás. Dos patógenos (muy diseminados y resistentes a la destrucción) son: *Ascaris lumbricoides* – la típica lombriz redonda – y el *Cryptosporidium parvum* – un tipo de parásito protozoario, que causa la diarrea –. Las *A. lumbricoides* se encuentran en todo el mundo. Se calcula que cerca de 20% de la población mundial puede estar infectada.[6] La existencia de *C. Parvum* es más difícil de calcular, si bien puede encontrarse en las heces de poblaciones en más de 50 países del mundo.[7] Los dos tipos de patógenos infectan a los niños, más que a los adultos; ambas infecciones pueden causar desnutrición y si la infección es muy severa, la muerte.

Los quistes de *Cryptosporidium parvum* (forma en que se excreta a estos protozoarios) son muy resistentes a la destrucción; pueden sobrevivir incluso a ciertas condiciones ambientales extremas (más que los *Ascaris*), como el congelamiento, altas temperaturas y el tratamiento con cloro y ozono en el agua. [8]

Sin embargo, la deshidratación destruye a los *C. Parvum.* Pruebas de laboratorio demuestran que 97% de los quistes mueren después de 2 horas de secado al aire a temperatura ambiente y después de 4 horas de secado al aire todos los quistes mueren. [9]

Los períodos de vida de los huevecillos de *Ascaris* pueden ser prolongados, aunque su tasa de mortandad varía considerablemente, dependiendo de ciertas condiciones. En suelos, este promedio disminuye por sequedad y luz solar. Existen reportes donde se señala que en suelos arenosos y soleados, los huevecillos de *Ascaris* mueren en dos semanas, y que, en suelos húmedos, fríos y sombreados pueden sobrevivir años. Después de varías semanas, 95% de huevecillos de *Ascaris* mantienen su potencial infeccioso en suelos limosos, arcillosos y humus; además pueden sobrevivir más tiempo si permanecen bajo una capa delgada de tierra, que si se encuentran en la superficie.

Existen diversos estudios sobre la sobrevivencia de los huevecillos de *Ascaris* bajo sistemas de tratamiento distintos. Los métodos más efectivos para destruirlos están basados en el calor y la sequedad. En Guatemala, por ejemplo, donde puede encontrarse infección por *Ascaris* hasta en el 50% de la población, fueron encontrados miles de huevecillos por gramo (HPG) de heces en las *LASF* (ver sección 3.1.2). El depósito y la deshidratación en la cámara de tratamiento de ese tipo de letrina, seguidas por más deshidratación, redujeron el número de huevecillos a cero después de seis meses adicionales de secado al sol. [10]
Los procesos convencionales de estabilización de lodos, *i.e.* asimilación a 20–25ºC sin oxígeno, no son muy eficaces para destruir huevecillos de *Ascaris,* pero el uso de camas lodosas es efectivo y consistente.[11]

2.1.3 Destrucción de agentes patógenos por etapas

Los métodos secos para procesar heces y destruir patógenos son más efectivos que los métodos húmedos (flujo y descarga). La combinación de baja humedad, bajo nivel de nutrientes/materia orgánica y un pH elevado es propicia para una destrucción rápida. El método más efectivo para la destrucción de patógenos es, al parecer, la deshidratación.

Los métodos húmedos como el de flujo y descarga son particularmente inadecuados para destruir patógenos. El agua residual es un ambiente ideal para la sobrevivencia de patógenos ya que es equivalente, en muchos aspectos, a los intestinos. En primer lugar, es rica en materia orgánica y nutrientes; también es húmeda y anaeróbica. La diferencia aquí es la temperatura. Las plantas de tratamiento, incluidas las de aguas residuales, operan por lo general muy por abajo de los 37ºC. El uso de esta agua no sólo incrementa el período de vida de los patógenos, sino los promedios de enfermedades en la población cuando se utiliza en cosechas o se descarga en vertientes naturales antes de un tratamiento efectivo.

En teoría, es fácil la destrucción de patógenos, pero en realidad requiere de una atención esmerada a lo largo de etapas diversas. Nosotros recomendamos un proceso de cuatro etapas para convertir la excreta en un material seguro, tanto para su manejo como su reciclaje:

- **Mantener bajo el volumen de material peligroso**, al desviar la orina, sin agregar agua.
- **Prever la dispersión de material que contenga patógenos,** al almacenarlo adecuadamente, hasta que su manejo sea seguro.
- **Reducir el volumen y el peso del material infeccioso**, usando sistemas de deshidratación y/o descomposición para facilitar el almacenaje, el transporte y el tratamiento subsecuente.
- **Sanear y eliminar las posibilidades infecciosas de los patógenos**, esta etapa requiere de tres tratamientos: primero en el lugar donde se originan (deshidratación/descomposición, almacenaje); segundo, fuera del lugar donde se generan (posterior deshidratación, composta de alta temperatura, cambio del pH agregando limo) y, de ser necesario, un tercer tratamiento a través de la incineración.

2.2 Reciclaje: ¿cómo regresar nutrientes al suelo?

El saneamiento ecológico considera que la excreta humana es un *recurso* a ser reciclado en vez de un desperdicio para desecharse. El uso de excreta humana como fertilizante para cultivos es usual en muchas regiones del planeta. Los chinos, por ejemplo, realizan composta de excreta animal y humana desde hace ya miles de años[12] y en Japón se introdujo esta práctica de reciclado de excreta y orina humanas desde el siglo XII.[13] En Suecia, donde la desviación de orina ya se practica, los agricultores recolectan la orina almacenada en tanques subterráneos por una cuota, y la aplican a sus cultivos con maquinaria.

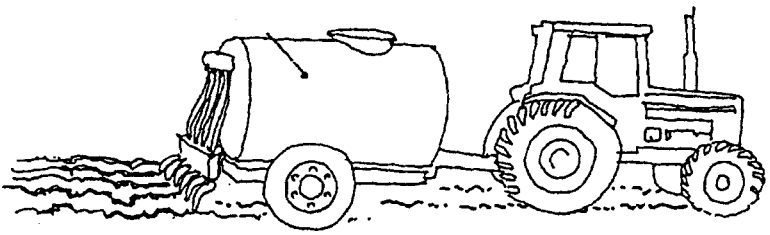


Figura 2.3 *En proyectos de investigación y desarrollo que se llevan a cabo en Suecia, la orina humana se almacena en tanques locales. Después, los agricultores la recolectan periódicamente y se aplica en la tierra de cultivo con equipo mecanizado.*

La idea concreta de que la excreta es desperdicio sin utilidad alguna es un malentendido de nuestra época; esta idea es la base conceptual de los problemas de contaminación que resultan de los enfoques convencionales de saneamiento, especialmente el de flujo y descarga. En la naturaleza no existe desperdicio: todos los residuos de los seres vivientes son materia prima para otros. El reciclado de la excreta humana y la orina (el regresarlos al suelo) sirve para conservar un ciclo natural de materiales generadores de vida que ha sido alterado por nuestras prácticas sanitarias actuales. Es más: entre más local sea el proceso mayor será su eficiencia energética.

Hay muchas razones para reciclar los nutrientes de la excreta. El reciclaje previene la contaminación directa que causa la descarga de aguas negras en las fuentes acuíferas y el ecosistema. Un beneficio secundario es que se regresan los nutrientes al suelo y las plantas, reduciéndose con ello la necesidad de fertilizantes industriales. También se restauran los organismos benéficos que protegen a las plantas y, además, en cualquier lugar donde viva gente habrá materia nutritiva disponible.

Los nutrientes recuperados de la excreta humana pueden usarse para mejorar la producción en horticultura y agricultura en jardines caseros y granjas, en áreas urbanas y rurales. En las zonas urbanas hay bastante población que depende de los alimentos que ella misma cosecha,[14] e incluso, cuando no sea el caso (y donde no resulte práctico transportar la excreta recuperada a los campos agrícolas), puede usarse para restaurar ecológicamente las tierras no cultivables, para crear parques y espacios verdes.

El cultivo de verduras en la Ciudad de México

Como una repuesta a la inflación galopante, altas tasas de desempleo y la desnutrición en la Ciudad de México, ANADEGES (una red de ONG) ha perfeccionado un método para cultivar verduras en envases, usando orina humana como fertilizante. El proyecto despegó en la Ciudad de México en 1988 y más de 1,200 habitantes participan actualmente.

La tecnología usada fue escogida y adaptada para adecuarse a las circunstancias locales, entre éstas: no hay tierra accesible para hortalizas; los participantes no pueden invertir en contenedores y fertilizantes y necesitan contenedores ligeros para cultivar sobre el techo de sus viviendas.

Las verduras crecen en contenedores (idealmente cubetas plásticas de 18-20 litros) rellenos con hojas secas o pasto cortado, cubiertas con una capa de tierra de 3 a 5 cm. La tierra está hecha de la capa inferior de material orgánico de los contenedores del año anterior, ya hecha composta con gusanos. En un costado de la cubeta hay un hoyo de desagüe a 5-10 cm del fondo (dependiendo del tipo de planta), de tal modo que siempre habrá una reserva de agua y fertilizante. La orina, almacenada en envases de 2-5 litros por tres semanas, se aplica al contenido sembrado en la cubeta después de haberla diluido con agua en proporción de 1:10.

El problema de cómo proveer de espacio suficiente para cultivar raíces comestibles o verduras de hoja grande se solucionó utilizando llantas usadas de automotores. El centro experimental de ANADEGES en la Ciudad de México está probando un prototipo de máquina para cortar y voltear cara adentro estas llantas para formar contenedores de boca ancha que tengan espacio suficiente para cultivos de este tipo.

Después de muchos años de estudio, se pueden sacar conclusiones obvias acerca de este procedimiento productivo urbano para cultivo de verduras.

- Las plantas fertilizadas con orina crecen más rápido, más grandes y más sanas que aquéllas cultivadas usando técnicas convencionales. Además se requiere menos agua.
- Las plantas que producen hojas comestibles (por ejemplo, espinaca, acelga, perejil y nopal (un cacto muy nutritivo y accesible) se desarrollaron adecuadamente: las hojas son grandes y de verde oscuro.
- Algunas plantas frutales crecieron aceptablemente y produjeron de forma abundante, especialmente los chiles, esenciales en la dieta mexicana, los cuales no son tan "bravos" como los cultivados de modo convencional.
- Otras plantas frutales, como el jitomate, el tomate verde, la calabaza, el frijol, la coliflor y el pepino, respondieron bien durante las primeras etapas de crecimiento, pero finalmente produjeron poca fruta.
- Todas las plantas se desarrollaron adecuadamente en sus primeras etapas, mostrando una resistencia poco usual a las plagas y enfermedades.

ANADEGES vende un juego de componentes a cada familia. Un juego consiste de 10 cubetas, tres llantas volteadas, una amplia variedad de semillas y un kilo de gusanos (*Eisenia Foetida*), para el compostaje de basura orgánica. Casi 80% del costo del juego inicial se cubre con un préstamo de un fondo revolvente. Alimentados con basura orgánica, los gusanos se reproducen rápidamente: después de pocos meses se devuelven a ANADEGES dos kilos de gusano, pagando así el préstamo con interés.

Para reciclar el excremento humano se han desarrollado diversas letrinas composteras en varios países. No obstante que mucho del valor nutritivo se pierde durante el proceso de compostaje, el producto final, el humus, conserva su valor como valioso acondicionador de suelos. Como ya se dijo en el primer capítulo, el modo más efectivo para recuperar los nutrientes del excremento es la recolección de la orina y las heces de modo separado, por medio del uso de una losa para acuclillarse o una taza de pedestal, para canalizar la orina hacia un envase separado.

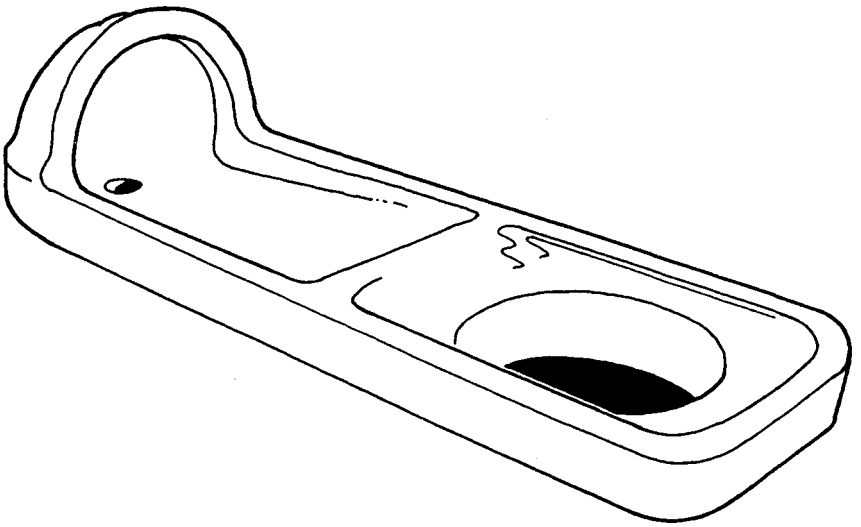


Figura 2.4 Losa para acuclillarse (con canal para orina) hecha de porcelana. Esta losa se desarrolló en un proyecto financiado por *Sanres* en China, en 1997. Ahora se produce en una fábrica en las afueras de Pekín y se vende al costo (el equivalente a diez dólares).

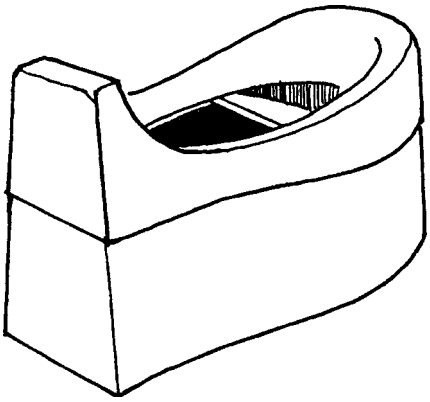


Figura 2.5 Taza (con canal para orina) hecha con fibra de vidrio. Elaborada gracias a un proyecto financiado por *Sanres*, en México, 1994.

2.2.1 Orina

La mayor parte de los nutrientes de la excreta humana se encuentran en la orina. Un adulto puede producir cerca de 400 litros de orina al año, que a su vez contienen 4 Kg de nitrógeno, 400g de fósforo y 900g de potasio.[15] Es muy interesante que estos nutrientes, además, se encuentran en la forma ideal para ser aprovechados por las plantas: el nitrógeno en forma de urea, el fósforo como superfosfato y el potasio como ion. La proporción de estos nutrientes en la orina es más apropiada, si se compara con la cantidad y la proporción de nutrientes de los fertilizantes industrializados que se usan en la agricultura. En Suecia, la producción anual de orina humana contuvo nitrógeno, fósforo y potasio en cantidades equivalentes a 15-20% de los mismos nutrientes contenidos en los fertilizantes minerales en 1993.[16] Las concentraciones de metales pesados en la orina humana son mucho más bajas que las encontradas en la mayoría de los fertilizantes industriales. Una ventaja considerable. [17]

Cuando la orina se recolecta para usarse como fertilizante, es importante almacenarla de tal manera que se eviten olores y la pérdida del nitrógeno en el aire. Investigaciones suecas demuestran que la mayor parte del nitrógeno en la orina, inicialmente en forma de urea, se convierte rápidamente en amoniaco dentro del recolector. Sin embargo, la pérdida de amoniaco puede minimizarse en el depósito, si está sellado o cubierto con ventilación limitada.[18]

La orina humana puede usarse como fertilizante por el productor casero o recolectarse a nivel comunitario, para su uso posterior con los productores agrícolas. Cuando la orina se aplica en suelo abierto, no es necesario diluirla. Si se usa para plantas debe diluirse, para prevenir que se quemen. Usualmente se mezcla en proporción de 1:2 a 1:5 partes de agua. Donde no existe el interés en usar la orina de modo práctico es posible depositarla en una cama de evapo-transpiración o bien evaporarla, hasta que el productor se haya convencido de su valor como fertilizante.

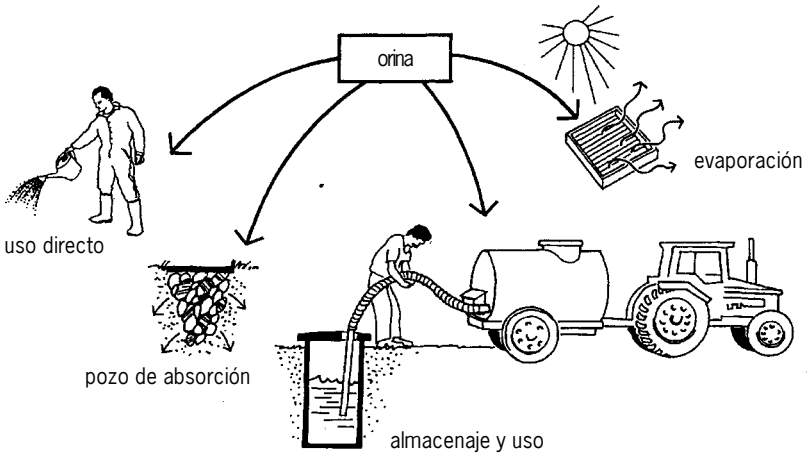


Figura 2.6 *Opciones para el manejo y uso de la orina separada.*

Cada vez hay mas experiencia en la recolección de nutrientes por medio de la desviación de la orina en Suecia. Ahora existen varios fabricantes de tazas desviadoras de orina. La mayor parte de éstas se instalan en sistemas a pequeña escala par satisfacer las necesidades de viviendas familiares. Pero actualmente se diseñan sistemas para proveer conjuntos habitacionales, departamentos e instituciones. En el capítulo 3, secciones 3.1.3, 3.2.1 y 3.2.2 pueden verse algunos ejemplos.

Un buen número de instituciones en Suecia realiza conjuntamente un estudio sobre la desviación de orina y su reciclaje. En este proyecto, la orina se recolecta de sanitarios desviadores de orina en dos conjuntos habitacionales en Estocolmo. Ahí, se almacena en depósitos sellados por seis meses antes de utilizarse para el riego de los cultivos de cereal. El propósito general de este proyecto es el perfeccionar un sistema de reciclaje de nutrientes para su uso en la agricultura. Los riesgos de transmisión de enfermedades, el impacto potencial al medio ambiente, el valor en la agricultura y varios aspectos técnicos, sociales y económicos están siendo considerados. Además de otros logros, hasta el momento la investigación ha demostrado que la mayor parte de los nutrientes en la orina no se pierden en el proceso de recolección y almacenaje, y que el efecto fertilizador de la orina es casi tan bueno como el de los fertilizantes industrializados, usados en cantidades similares.[19]

2.2.2 Heces

En general, las heces humanas se componen de materia orgánica no digerida, como las fibras de carbón. La cantidad total excretada por un humano en un año es de 25 a 50 Kg que a su vez contienen 550g de nitrógeno, 180g de fósforo y 370g de potasio.[15] Si bien las heces contienen menos nutrientes que la orina, son un acondicionador valioso de suelos. Después de la destrucción de patógenos por deshidratación y/o descomposición (ver sección 2.1.3), el material inofensivo que resulta puede aplicarse al suelo para incrementar la cantidad de material orgánico, mejorando así su capacidad para la retención de líquidos e incrementar la accesibilidad de los nutrientes. El humus que resulta del proceso de descomposición también contribuye a mantener una población adecuada de organismos del suelo, que proteja efectivamente a las plantas de enfermedades que tienen su origen en el suelo.

La manera más sencilla de reciclar heces es cuando un habitante usa el producto como fertilizante en su propio jardín o en su propia tierra de cultivo. En áreas urbanas no todos los habitantes tendrán la tierra o la voluntad de usar este producto ellos mismos. Sin embargo, la falta de tierra no es un impedimento para la producción de comida, como se ha mostrado ya en el recuadro 2.1 (Ciudad de México). Otro ejemplo es el jardín vertical en Botswana, detallado en el recuadro 2.2.

Jardines verticales en Gaberone, Botswana

Un horticultor Sueco, el Dr. Gus Nilsson, quien vive en Botswana desde 1967, desarrolló un sistema de contenedores apilados para áreas semi-desérticas. Está construido como una pared de bloques de cemento con forma de macetas cuadradas, superpuestas alternadamente.

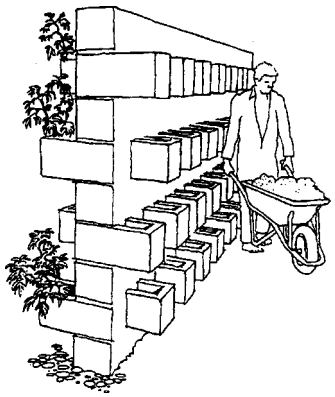


Figura 2.7 *En Botswana, el Dr. Gus Nilsson ha desarrollado un sistema de producción hortícola intensivo para zonas tropicales secas, basado en paredes construidas con bloques prefabricados (también véase figura 5.3).*

Al construir la pared algunos bloques se rotan 90º y la parte sobresaliente, ahuecada, está provista con un piso y un hoyo para el drenado. Estos bloques que sobresalen se llenan con arena colocada encima de una capa de fertilizante. Los bloques pueden acomodarse siguiendo patrones diversos y pueden colocarse de tal modo que sobresalgan de uno o ambos lados del muro. En el trópico los muros pueden estar orientados a cualquier dirección y pueden estar muy cerca uno del otro (de 1.20 a 1.50 metros).

Sobre los muros que se encuentran en el campo de demostración en Gaberone, Botswana, hay 2,000 bloques en total (ver figura 5.3). También los tanques de almacenaje de agua están hechos de esta manera.

Se puede cultivar una gran variedad de plantas de ornato en estos muros. El Dr. Nilsson puede producir 2 kilos de jitomate por muro, cuatro veces al año. El precio de venta de estos jitomates, cultivados en un metro cuadrado de muro, es cercano al costo de construcción de este metro cuadrado de muro, así que la inversión puede recuperarse rápidamente, para obtener ganancias. (Winblad, U. (1992): *The productive homstead*, reporte a Asdi, Estocolmo)

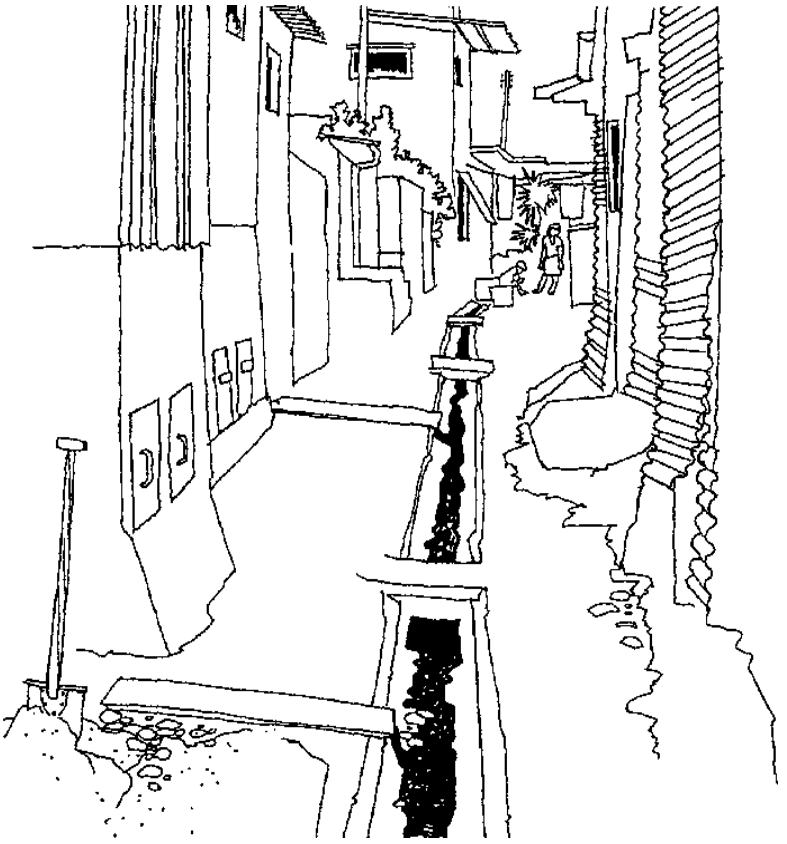


Figura 3.4 *Una calle en Hermosa Provincia, un barrio pobre densamente poblado en el centro de San Salvador. Todas las casas tienen sanitarios LASF; la mayoría de ellos están anexos a la casa, o dentro de ésta.*

Después de seis años y gracias a la participación comunitaria, todas las unidades *LASF* en Hermosa Provincia funcionan bastante bien. Los sanitarios no despiden olores desagradables y en las cámaras de tratamiento no hay criadero de moscas. La mezcla seca que se obtiene de los sanitarios se utiliza para recuperar los suelos desgastados o se empaqueta en bolsas para su venta.

Otro ejemplo se ubica en México, donde César Añorve promueve hace quince años el sistema sanitario vietnamita. Su versión está pensada como una solución de más calidad que se instala dentro de la casa.

César Añorve mantiene su proyecto, casi en su totalidad, de las ganancias que le reporta la venta de las tazas de sanitario de pedestal con desviador de orina. El taller, de su propiedad, ubicado en la ciudad de Cuernavaca como un modesto negocio familiar, produce cerca de 30 tazas de sanitario a la semana; el material de construcción es cemento pulido. También vende moldes de fibra de vidrio para las tazas de sanitario y apoya el establecimiento de talleres locales. En 1990 los primeros talleres independientes se ubicaron en Oaxaca y Yucatán. A la fecha existen 15 manufactureros a pequeña escala en distintas partes de México.

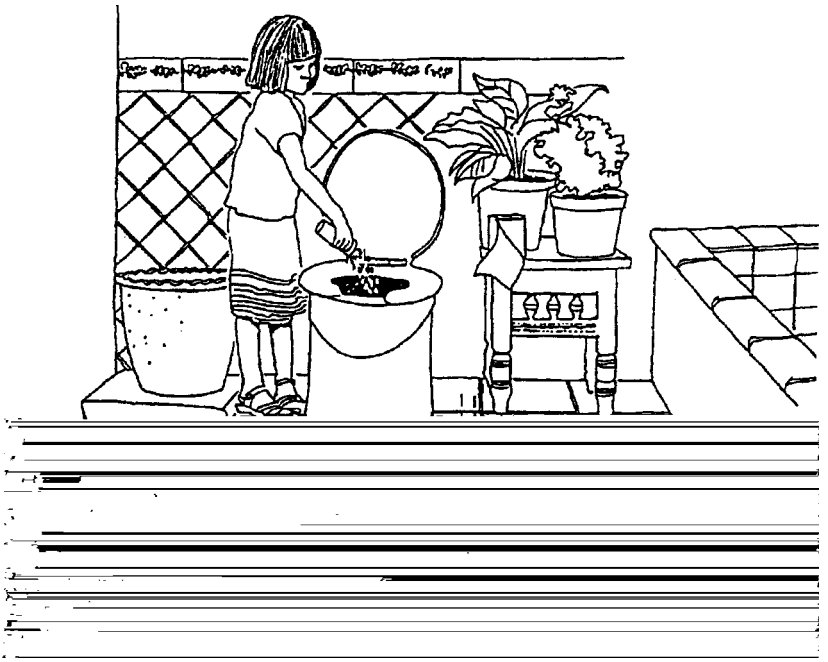


Figura 3.5 *La versión mexicana del sanitario vietnamita de doble cámara dentro del cuarto de baño en una casa moderna, donde habita una familia de altos ingresos, en la ciudad de Cuernavaca. Cuenta con una taza de sanitario (de pedestal) móvil con colector de orina. El acceso a las cámaras de tratamiento, debajo del piso del baño, está fuera de la casa.*

A futuro se planea la vinculación de los usuarios de este sanitario con centros de composta comunitarios. Estos centros funcionarán como una industria de servicios, vaciarán las cámaras de tratamiento y los tanques de orina, y llevarán el contenido hasta sus instalaciones para un segundo procesado y/o venta.

Para 1997, el precio de una taza de sanitario de pedestal hecha de cemento pulido fue el equivalente a dieciséis dólares. La unidad completa, incluida la estructura, cuesta el equivalente a 150 dólares. Añorve vende los moldes de fibra de vidrio por el equivalente a 250 dólares. En El Salvador el costo actual (1997) de la construcción de un sanitario *LASF* (sin la estructura) es el equivalente a 125 dólares.

En México y América Central el uso del sanitario vietnamita con doble cámara ha resultado una experiencia bastante positiva en los últimos veinte años. Cuando se utiliza de manera adecuada no hay malos olores ni criadero de moscas. Parece que opera muy bien en los climas secos de las zonas altas mexicanas. Donde no ha funcionado bien (presencia de humedad en las cámaras de tratamiento, hedor y criadero de moscas) se debió sobre todo a la escasa o nula capacitación, información deficiente o falta de seguimiento.

Su aplicación en dos áreas urbanas es sobresaliente. En El Salvador el sistema se ha utilizado con éxito en zonas pobres densamente pobladas; en la ciudad de Cuernavaca lo utilizan familias de clase media que habitan casas modernas. A la fecha, los proyectos en sí mismos demuestran – más que cualquier informe publicado en la literatura especializada – que el manejo adecuado de un sistema eco-san se debe

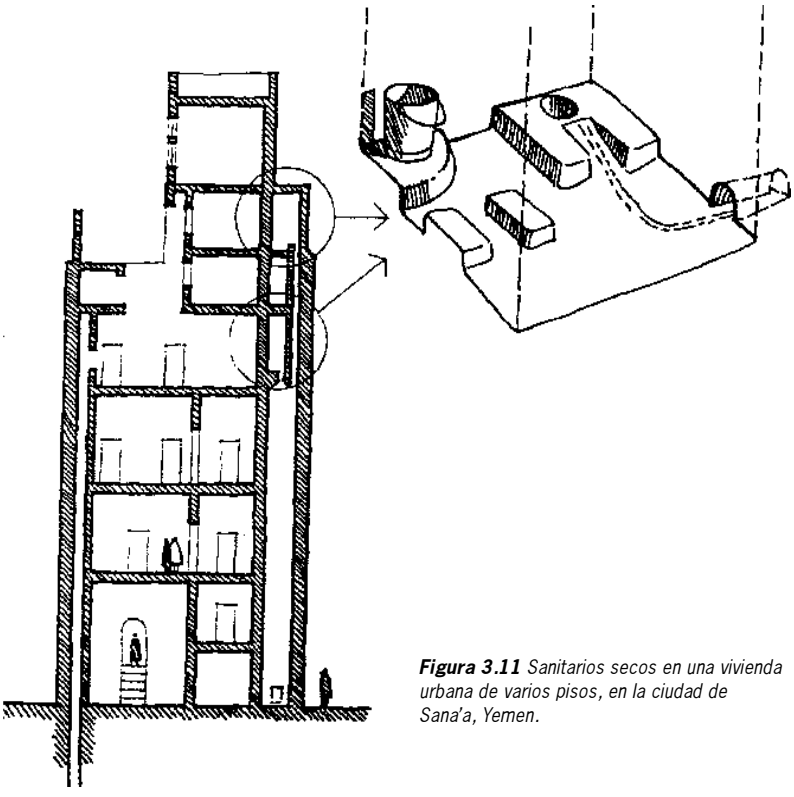


Figura 3.11 *Sanitarios secos en una vivienda urbana de varios pisos, en la ciudad de Sana'a, Yemen.*

El lavado anal, después de ir al baño, se hace sobre un par de piedras, a un lado de la losa para acuclillarse. El agua residual de ese lavado, lo mismo que el agua que se utiliza para bañarse, sigue el mismo camino que la orina. Así, no hay líquidos en el "pozo" ni en la cámara al nivel de la calle. Debido a que la ciudad de Sana'a tiene un clima caliente y seco, las heces se secan muy rápido, a la intemperie.[7]

Durante las primeras horas de la mañana, junto a la losa para acuclillarse, hay una cubeta con carbón encendido. Después del aseo anal, los yemenitas se secan acuclillándose sobre la cubeta, a una distancia prudente.[8]

Este es un ejemplo del enfoque eco-san aplicado en una zona urbana con edificios de varios pisos y recolección comunitaria de las heces deshidratadas. La recolección la efectúa personal especializado. También es el ejemplo de un sistema sanitario seco en una cultura cuya población utiliza agua para el aseo después de la defecación (otro ejemplo similar se encuentra en la sección 3.2.6). Es un sistema tradicional que tiene siglos de usarse en las ciudades yemenitas. No hay malos olores ni criadero de moscas. Tanto la orina como el agua que se utiliza para el aseo se evaporan, mientras que las heces se procesan en tres etapas: primero se deshidratan en el lugar mismo; segundo, se les someten a un proceso de desecado posterior con exposición directa a los rayos solares, en los sanitarios públicos, para finalmente incinerarse.

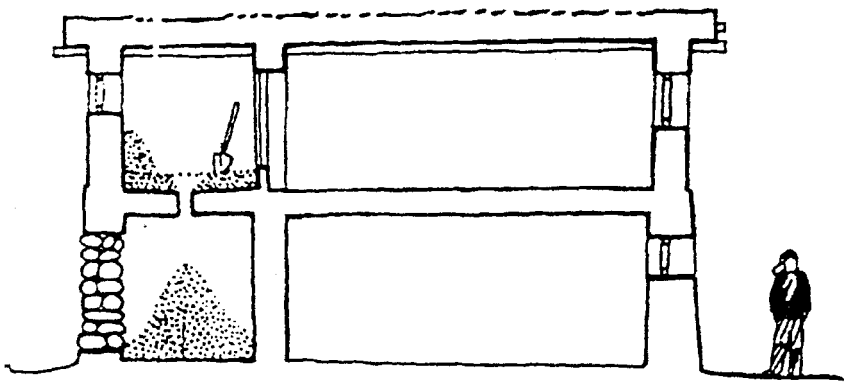


Figura 3.12 *Sanitario seco tradicional al interior de la vivienda en Ladakh, India.*

3.1.7 El sanitario seco instalado al interior de la vivienda en Ladakh, India

Ladakh es una región seca a gran altura en la zona occidental de los Himalaya, a una altitud de 3,500 m sobre el nivel del mar. Las viviendas tradicionales cuentan con un sanitario dentro de la casa, en el piso superior (véase la figura 3.12). Debido a lo seco del clima, es posible deshidratar las heces sin separar la orina.

En un cuarto pequeño, contiguo a la cocina/sala, se coloca una capa gruesa de tierra traída del patio; un orificio en el piso permite el paso de la excreta a un cuarto pequeño en el piso inferior, cuyo acceso se logra sólo desde el exterior. La gente defeca sobre la capa de tierra del cuarto superior, después empuja los excrementos hacia el agujero, mezclados con tierra y orina. De vez en cuando se agregan las cenizas que salen de la cocina. Cuando hace falta, los miembros de la familia acarrean más tierra al cuarto. Durante los inviernos prolongados se apila una reserva de tierra en un rincón del baño, donde también se guarda un azadón o una pala. Normalmente no hay aseo anal. Durante la primavera y al final del verano se remueve el excremento descompuesto y se esparce sobre los campos.

Si el sanitario se mantiene bien y todos los días se agrega tierra suficiente, no hay hedor. En ciertas ocasiones puede percibirse un olor ligero a amoniaco, debido a la orina que salpica en la tierra que cubre el piso del cuarto de baño. No hay criadero de moscas debido a lo seco de la mezcla apilada de tierra y excremento. Desde hace siglos este sistema ha funcionado muy bien en las zonas rurales, aunque en años recientes hay problemas en la parte céntrica del pueblo de Leh, donde las familias no pueden acceder fácilmente a la tierra.

3.2 Sistemas sanitarios basados en la descomposición (composta)

La composta es un proceso biológico sujeto a condiciones controladas en el que las bacterias, los gusanos y otro tipo de organismos descomponen las sustancias orgánicas para producir humus; un medio rico y estable donde las raíces se consolidan fácilmente. En un sanitario compostero se deposita la excreta humana y otros materiales orgánicos – pedazos de verduras, paja, turba, aserrín y cáscaras de coco – en una cámara de tratamiento donde los microorganismos del suelo se encargan de descomponer los

sólidos, como sucede finalmente en un ambiente natural con todos los materiales orgánicos. Para lograr condiciones óptimas para la composta, se debe controlar la temperatura, la circulación de aire y otros factores. El humus que se produce en el proceso es un excelente acondicionador de suelos, libre de patógenos humanos, pero esto depende de lograr las condiciones adecuadas y que el material se almacene durante el tiempo necesario en el digestor. De producirse mal olor, puede extraerse por medio de sistema de ventilación que lo lleve hacia y por encima del techo.

En un sanitario de composta se tratan de alcanzar las condiciones óptimas para la descomposición biológica. Esto quiere decir que, para mantener las condiciones aeróbicas, tiene que circular suficiente oxígeno en el material acumulado; la cámara de composta debe tener de 50 a 60% de humedad, debe alcanzarse una relación carbón-nitrógeno (C:N) de 15:1 a 30:1, y la temperatura debe estar por encima de 15ºC.

Una gran diversidad de organismos contribuye a la descomposición de las heces y otros materiales en el sanitario de composta. Varían en tamaño, pues van desde virus, bacterias, hongos y algas hasta gusanos e insectos. Todos ellos juegan un papel importante para mezclar, airear y descomponer el contenido del material apilado en la cámara de tratamiento: su actividad es positiva y hay que mantenerla. Incluso se pueden colocar lombrices de tierra en el sanitario: si el medio les favorece, se multiplican, hacen orificios en el material de composta y consumen olores y materia orgánica, transformándolos en suelo orgánico enriquecido (véase el recuadro 3.1).

En general, consideramos que los sistemas de composta podrían beneficiarse con la desviación de orina, sin embargo, la mayoría de ejemplos de sanitario de composta no lo hace. Para la creación de condiciones favorables a la composta, usualmente se siguen diversas estrategias para la separación de la orina de las heces y otros materiales, después de que éstas se han mezclado en la cámara de tratamiento (ver sección 4.2.1 y figura 4.4). Debido a que la orina se contamina con patógenos después de estar en contacto con las heces, resulta problemático utilizarla como fertilizante directo, por lo que debe recibir un manejo distinto. Algunos sistemas de composta dejan que el líquido separado se filtre al suelo, mientras que otros optan por la evaporación. No obstante que se pierde mucho del nitrógeno de la orina en los sistemas de composta, el humus, o composta resultante, retiene otros nutrientes y es un acondicionador de suelo muy valioso.

3.2.1 El sanitario de composta Clivus Multrum de una sola cámara, en Suecia

Hace más de cincuenta años que se introdujeron los sanitarios de composta en las casas de fin de semana, en Suecia. De ese tiempo a la fecha, ha aparecido en el mercado una variedad de modelos que ya se utilizan en distintas partes del mundo, como en Estados Unidos y Australia. El sanitario de composta disponible en el mercado va, de las pequeñas unidades convencionales – similares a las que utilizan agua –, a otras de mayor tamaño que utilizan una taza de sanitario de pedestal sencilla con un conducto que la conecta directamente a una cámara de composta, ubicada bajo el piso, donde se depositan las heces.

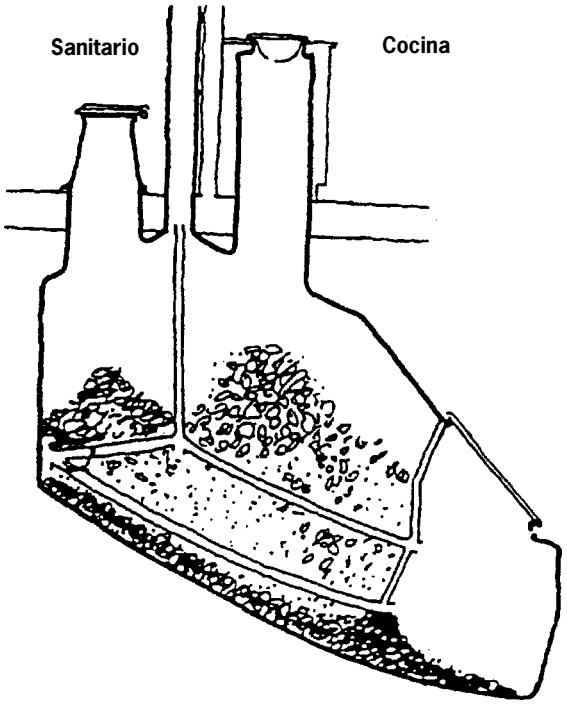


Figura 3.13 *Baño de composta Clivus Multrum, instalado en el sótano de una casa en Suecia. Este modelo tiene un conducto separado para los desechos de la cocina, comida, sobras, etc. El aire llega al centro del material de composta por medio de tubos con perforaciones.*

El *Clivus Multrum,* como el que se muestra en la figura 3.13, es el modelo clásico. Se trata de un sanitario de composta con una cámara donde se procesan orina, heces y los residuos orgánicos que produce la familia. Consta de una cámara de composta con piso inclinado, conductos de aire y, en el extremo más bajo, un área de almacenado. Un tubo conecta la taza de sanitario de pedestal con el receptáculo y, generalmente, cuenta con un conducto especial para los desperdicios de la cocina. Hay circulación de aire permanente gracias a la corriente natural que se origina en los conductos de aire de la cámara de composta. El aire sale por un respiradero.

Al *Multrum* no sólo llegan las heces, sino el papel higienico y la orina, además de los residuos provenientes de la cocina: verdura y trozos de carne, cáscaras, huesos, cascarones de huevo, la basura que sale al barrer, servilletas de papel y el pasto cortado (no así latas, vidrio, plástico o grandes volúmenes de líquido, de cualquier tipo).

Debido a la pendiente con que cuenta el piso de la cámara del sanitario *Multrum,* el material fresco que cae resbala poco a poco, desde la parte donde se deposita, a la parte baja donde se va almacenando. El proceso de descomposición disminuye el volumen de la pila, reduciéndose 90%.

Recuadro 3.1 Lombrices de tierra en un *Clivus Multrum*

Siempre se ha visto bien la idea de utilizar lombrices de tierra para producir composta [...] éstas deben formar parte importante de la ecología de la composta de excreta humana. No obstante, durante quince años (desde que se introdujo el *Clivus* sueco en Estados Unidos), las lombrices de tierra se resistieron a vivir en la composta [...] era evidente que las condiciones en el *Clivus* no las favorecían. Así que tratamos de incrementar la humedad utilizando agua [...] Las nuevas condiciones de humedad sí fueron favorables pues se reprodujeron de manera asombrosa: en tres meses había miles.

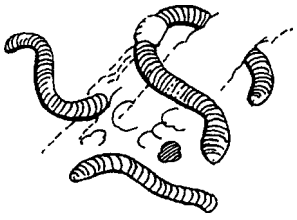


Figura 3.14 *Lombrices de tierra en un sanitario de composta.*

El efecto que han tenido las lombrices en el proceso de composta del *Clivus Multrum* es impresionante. Sólo hay montículos de materia debajo de la taza del sanitario y la cocina, el resto está plano, es decir, las lombrices lo allanan pues con sus excrementos transforman toda la superficie. Observamos que las lombrices prefieren los pedazos de comida y no tanto la excreta, aunque ésta es buena para ellas.

Además de la alimentación adecuada, el humedecer periódicamente con agua es una condición clave para mantener felices y productivas a las lombrices de tierra.

Rockefeller, A. (1995): "*Clivus Multrum* loves worms", en *Worm Digest*, Nº 8.

Antes de usar el *Multrum* por primera vez, el usuario debe colocar una base en el piso de la cámara de composta. Esta base consta de una capa gruesa (40 cm) de turba y una capa de suelo rico en humus (20 cm); antes que nada hay que mezclarla con pasto cortado. El propósito de esta cama es absorber líquidos y proporcionar los microbios necesarios para la oxidación de la orina.

Poco a poco el material apilado se convierte en humus: una sustancia negra grumosa, similar a la buena composta para jardín. Puede que una familia tenga que sacar el humus, por primera ocasión, hasta después de cinco años. A partir de ese momento puede hacerlo una vez al año. El área mayor del receptáculo nunca queda vacía, sólo se remueve el material separado de la cámara de almacenado. La cantidad de humus que se produce varía de diez a treinta litros por persona al año.

La definición de un número máximo de usuarios depende de factores como la temperatura, la humedad, la cantidad y tipo de los desperdicios, la proporción de orina y heces, y la capacidad de volumen del receptáculo. En la mayoría de los casos el

número máximo de usuarios para un *Clivus Multrum* es de 8 a 10 personas, considerando un uso normal durante un año.

El humus que se produce en el *Clivus Multrum* tiene un contenido bacteriano similar al de la tierra. En Suecia se considera segura su utilización directa como fertilizante o como acondicionador de suelo.

A la fecha, el *Clivus Multrum* se utiliza en las casas de fin de semana, en hogares donde las familias habitan cotidianamente, y en instituciones y sanitarios públicos. Actualmente, cerca de 10,000 sanitarios *Clivus Multrum* operan en todo el mundo.[9]

Si un Multrum se construye adecuadamente y se sella muy bien, hay pocas probabilidades de molestias. Como la orina no esta separada previamente, y el piso de la cámara tiene un declive, hay cierto riesgo de que el líquido se acumule en el extremo más bajo de la cámara de composta, excepto en los climas secos. Para solucionar este problema, la segunda generación de Clivus Multrum cuenta con un recipiente para almacenar líquidos debajo de la cámara de composta (ver figura 4.3).

3.2.2 El sanitario de composta "Carrusel", de varias cámaras, en Noruega

Manufacturado por Vera Miljö A/S, de Noruega, el "Carrusel" es uno de los sanitarios composteros más populares en ese país. En Noruega y Estados Unidos se han construido, según reportes, más de 30,000 unidades desde 1972. También en Suecia y en Australia se fabrica un sanitario compostero similar, en este último país bajo el nombre de *Rota-Loo*. Además de venderse en Australia y Nueva Zelanda, ya hay algunos en las islas del Pacífico del Sur.

El diseño del *Carrusel* consta de una cámara subterránea de procesamiento en forma de tanque cilíndrico, dentro de la que hay otro tanque cilíndrico más pequeño que gira sobre un eje. Este segundo tanque está dividido en cuatro cámaras (seis, en otros modelos). La cámara en uso está justo debajo del conducto de caída de la taza de sanitario. Una vez que la cámara se llena, se hace girar el tanque de tal manera que la siguiente cámara quede en el lugar de la anterior; así, cada cámara se va llenando en secuencia. El sistema está diseñado para que las cámaras se llenen a lo largo de un año, siempre y cuando se utilice de acuerdo con lo planificado. Ya que la última cámara está llena, el material más viejo se retira por una puerta de acceso; la primer cámara queda libre para continuar con la secuencia. Los líquidos se drenan por medio de unos orificios en la base del tanque giratorio, para hacerlos caer al tanque externo, donde se evaporan o se descargan a una cama de evapo-transpiración. Se dispone de unidades con diversos tamaños y capacidades, a precios que oscilan entre los 1,700 y 2,300 dólares.

El Carrusel es, básicamente, un sanitario con varias cámaras. Como tal, mantiene las heces separadas, frescas y limpias. Puede lograrse el mismo resultado a un costo mucho menor, si se utilizan cubetas que se cambian manualmente de lugar, en vez de utilizar el tanque giratorio (también véase la figura 5.4).

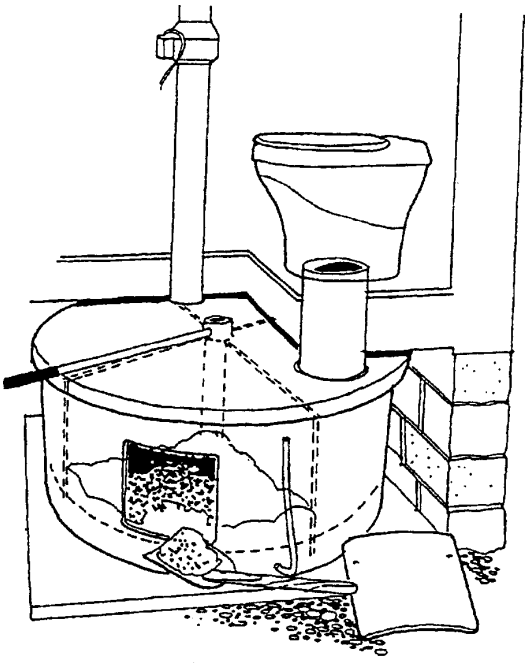


Figura 3.15 *El sanitario de composta "Carrusel" de Noruega.*

3.2.3 El sanitario de composta "Sirdo Seco" con calentador solar, en México

En Tanzania, a mediados de la década de 1970, se probó un sanitario de composta con calentador solar. Este prototipo tenía dos cámaras. La idea tuvo un desarrollo posterior en México, donde, desde hace quince años, se produce una unidad prefabricada hecha con fibra de vidrio. Al igual que el sanitario vietnamita, el sanitario mexicano posee un receptáculo con dos cámaras. Justo arriba de la pared divisoria hay un dispositivo desviador que dirige la excreta hacia una de las cámaras (ver figura 3.16). Una vez que la cámara se llena, se gira una manivela colocada en la parte posterior de la taza de sanitario para cambiar la posición del dispositivo desviador, que envía la excreta hacia la otra cámara.

Un tubo de ventilación que se eleva hasta al techo extrae los olores y tiene una malla en el extremo superior que funciona como mosquitero. Ambas cámaras tienen una tapa pintada de negro, hecha de aluminio laminado. Las tapas reciben la luz solar directa, para captar la mayor cantidad de calor —lo que incrementa la evaporación dentro de éstas— e aumenta la temperatura en la superficie del material de composta apilado.

Cada cámara tiene una capacidad de 1.2 metros cúbicos. Una vez que el material de composta llega hasta el dispositivo desviador, una persona, desde la parte posterior del sanitario, empuja el material de composta hacia el extremo más bajo del receptáculo, que hay que vaciar por lo menos una vez al año si un máximo de 6 a 8 personas utilizan regularmente el servicio. Utilizado adecuadamente, este sanitario tiene capacidad suficiente y opera de modo satisfactorio. Gracias al dispositivo desviador es muy sencillo cambiar de una cámara a la otra.

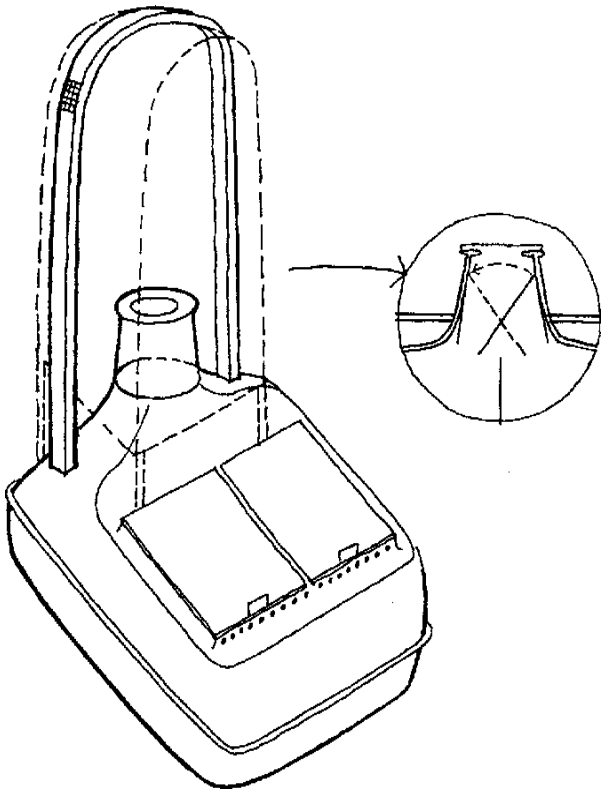


Figura 3.16 *El sanitario de composta "Sirdo Seco" con calentador solar, en México. Todo el sanitario, incluida la estructura, está fabricado con fibra de vidrio.*

En 1994, el costo de la estructura básica del sanitario, prefabricada en fibra de vidrio, fue de 445 dólares, mientras que el costo de la estructura completa fue de 109 dólares.[10]

En los últimos quince años, el "Sirdo Seco" ha tenido muy buenos resultados en México. Una ventaja sobresaliente de este modelo prefabricado y ligero es que es portátil. La gente que habita en terrenos invadidos puede ser desalojada en cualquier momento; de llegar a suceder esto, se vacía el contenido del sanitario y se carga con él como si fuera un mueble más de la casa.

3.2.4 El sanitario con recipiente portátil, en Kiribati

En una serie de proyectos piloto, un equipo de trabajo del Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Tasmania, junto con otro equipo local, probaron con éxito varios prototipos para sanitarios composteros diseñados en Kiribati, país que forma parte de las islas del Pacífico Meridional.

En uno de estos prototipos se utiliza, como cámara de composta, un recipiente de plástico para basura con capacidad para 240 litros. El recipiente tiene ruedas para transportarse. Cada recipiente cuenta con un piso falso hecho de malla, colocado a una distancia sobre la base del recipiente, por adentro, que permite que los líquidos se cuelen hacia la base y de ahí fluyan por un tubo hacia una cama sellada de evapotranspiración. Gracias a un respiradero ubicado muy cerca de la base, se genera una corriente de aire dentro del recipiente; el aire entra en contacto con la base del material de composta a través del piso de malla. Además, el recipiente cuenta con orificios de ventilación dispuestos verticalmente a lo largo de sus paredes internas, lo que contribuye a que el contenido se airee.

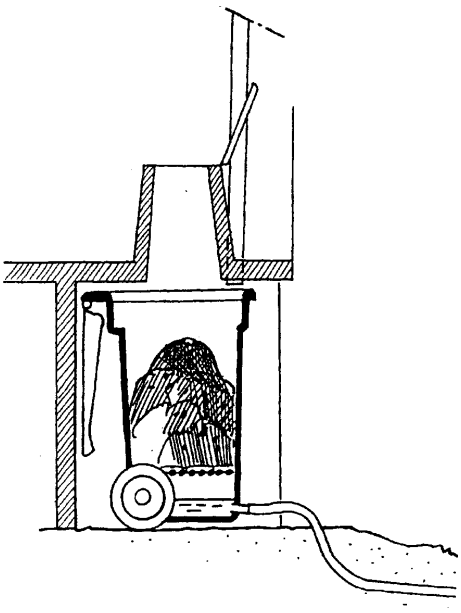


Figura 3.17 *Un sanitario de composta con desviación de líquidos. La cámara de tratamiento es un bote, de plástico, normal para basura y con ruedas. El bote está acondicionado para drenar el exceso de líquido.*

Se coloca uno de los recipientes debajo de la taza de sanitario, donde se deposita la excreta y se reemplaza con otro vacío cada vez que se llene el que se encuentra en uso.[11]

A pesar del alto grado de humedad relativa en la isla de Kiribati, los resultados preliminares señalan que el diseño produce, de manera exitosa, residuos innocuos similares al humus.

3.2.5 El sanitario CCD en el Pacífico del Sur

El sistema sanitario que diseñó David del Porto para *Greenpeace* y el *Centre for Clean Development* (Centro para el Desarrollo Limpio) destinado a los países de las pequeñas islas del Pacífico, hace hincapié en la cero descarga, más que en la separación y reciclado de orina.

El sanitario *CCD* tiene dos cámaras herméticas construidas sobre el nivel del piso. Al igual que en otros sanitarios con doble cámara, en este tipo la excreta se deposita en una de ellas. Para alargar el período de composta, las cámaras se utilizan de forma alternada y el humus que se retira sirve como acondicionador de suelo.

La excreta se deposita en un petate de hoja de palma, que a su vez descansa en una red para pescar hecha de hilo de nylon, suspendida dentro de la cámara de asimilación. Este sistema separa todos los líquidos. El "piso falso" permite que el aire circule a través de todo el material. Periódicamente se agregan a través de la taza del sanitario de pedestal materia orgánica, como cáscaras de coco, viruta de madera, hojas o pedazos de verduras y alimentos. Esto se hace para proporcionar una fuente de carbón (energía) e incrementar la porosidad del material, facilitando con ello la circulación del aire en todo el montón.

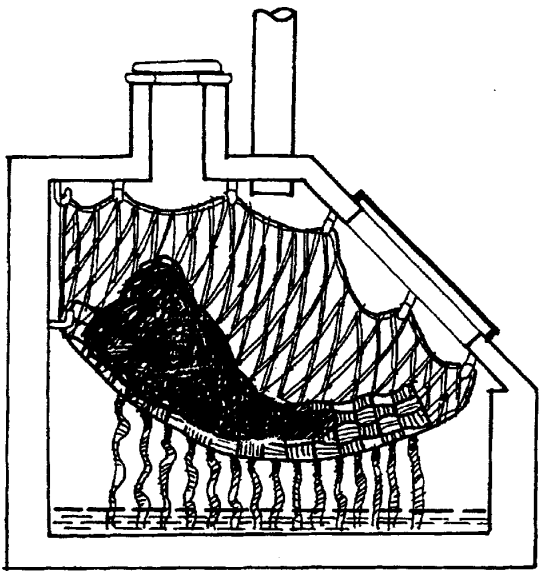


Figura 3.18 *El sanitario de composta CCD, diseñado para los climas extremadamente húmedos de las islas del Pacífico Sur. Tiene un "piso falso" sostenido por una red para pescar, que separa los líquidos de los sólidos. Además, cuenta con trozos de tela de ropa vieja retorcidos para incrementar la evaporación.*

Un tubo grueso permite la entrada de aire hacia el material de composta. Hay una toma de aire por debajo de la red de pescar y corre a lo largo de la pared posterior de la cámara. Esta corriente de aire ayuda a la evaporación de los líquidos acumulados en el piso de la cámara de asimilación. La evaporación se hace más eficiente si se cuelgan pedazos retorcidos de poliester o rayón (de ropa vieja) de la red de pescar, pues éstos absorben el líquido que se acumula en la base de la cámara e incrementan el área expuesta a la corriente de aire. Otra solución es el drenado del líquido hacia una cama de evapo-transpiración (ver recuadro 3.2 y sección 4.3).

Una vez que el material de composta alcanza una altitud apenas por debajo de la taza de sanitario, se cierra la cámara en uso y se cambia el asiento de la taza de sanitario,

Recuadro 3.2 El sanitario *CCD* en Micronesia

En 1992, *Greenpeace* y participantes locales construyeron un sanitario *CCD* en la isla de Yap, en los Estados Federados de Micronesia. Este sanitario, construido con tabicones fue usado regularmente durante un año por cuatro adultos y tres menores. En 1994 el *CCD* construyó cuatro unidades ligeramente modificadas que se destinaron a la isla de Pohnpei, donde fueron utilizadas por familias de entre seis y doce miembros. En cada inspección visual periódica se comprobó que los sólidos acumulados en la cámara de asimilación pasaron por un proceso de biodegradación y que todo el líquido excedente se había evaporado. En todos los casos los usuarios expresaron su satisfacción con los sanitarios; además, no reportaron la existencia de malos olores. Hay que subrayar lo anterior, pues Pohnpei tiene un clima extremadamente húmedo, cuyo promedio de lluvias es cercano a los 5 mil mm por año.

En mayo de 1997, uno de los miembros hizo una inspección ocular y realizó entrevistas con los usuarios. En su informe señaló que los cuatro sanitarios *CCD* operaban bien. Es importante mencionar que en tres de las cuatro unidades de prueba el cambio de cámara de asimilación se hizo dos años después de que se inició su operación, lo que indica una capacidad mayor a la esperada. A la fecha, el gobierno nacional de los Estados Federados de Micronesia construye por lo menos cuarenta unidades en Pohnpei y el ministerio responsable del medio ambiente ha mostrado interés en que se utilicen en zonas ambientalmente sensibles.

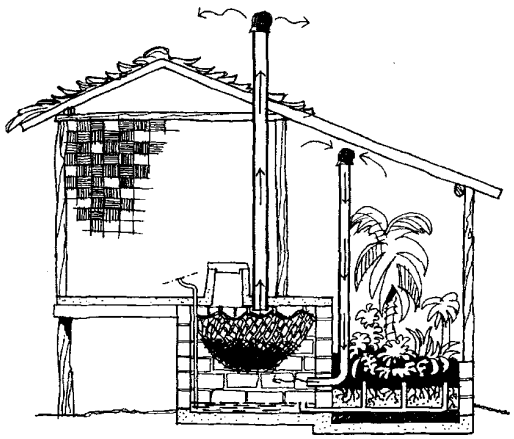


Figura 3.19 *El sanitario de composta CCD con invernadero anexo y cama de evapo-transpiración*

colocándola en el pedestal de la otra cámara. La cámara que queda expuesta se cierra colocando una tapa pesada de concreto.

Una vez que la segunda cámara se llena, se remueve la composta de la primera para utilizarla como acondicionador de suelo. Por medio de un acceso se saca la composta o toda la red. Además de la adición periódica de material orgánico y la limpieza de la taza con un poco de agua y jabón, ésta es la única operación de mantenimiento. De

acuerdo con la experiencia a una familia de hasta diez personas, le toma más de un año llenar una cámara de asimilación.[12]

Hasta ahora, el sistema de sanitario CCD permite la evaporación de líquidos, requiere de una sola operación, y prácticamente no necesita mantenimiento, algo nunca antes reportado en letrinas composteras ubicadas en climas húmedos. Después de año y medio de uso, ninguna unidad de prueba ha liberado algún tipo de contaminante. Justo donde la contaminación ambiental es una de las principales preocupaciones, el sanitario CCD puede ser una solución sanitaria apropiada. También es adecuada en situaciones culturales donde el mantenimiento no es una práctica cotidiana (siempre y cuando se disponga con seguridad de material orgánico apropiado como hojas, pedazos de verduras, cáscaras de coco y desperdicios de madera). Como el volumen de la composta es relativamente poco y no se dispone de la orina como fertilizante, puede que no sea la tecnología más apropiada en lugares donde la primera motivación para utilizar sistemas eco-san sea el reciclado de nutrientes.

3.2.6 El sanitario con doble cámara en la India

En Kerla, India, el sistema sanitario vietnamita se adaptó en una población que utiliza agua para el aseo anal después de la defecación. La orina se separa, junto con el agua utilizada para el aseo anal, pero en este caso por medio de una cama de evapo-transpiración anexa al sanitario. Antes de que el sanitario se use por primera vez, es necesario colocar paja en la cámara, lo que proporciona una base rica en carbón para recibir las heces y absorber la humedad. Después de cada uso se esparce un puñado de cenizas. De vez en cuando se agrega un poco de paja, hojarasca y pedazos de papel, lo que significa que está implícito un proceso de descomposición, más que uno de deshidratación. Esto lo confirma la reducción en volumen que experimenta el material que se acumula dentro de la cámara. La primer cámara se abre hasta después de un año de operación o más.

La cama de evapo-transpiración requiere de muy poco mantenimiento. Todo lo que se necesita es podar el zacate muy crecido, para después cortarlo en trozos y echarlo a la cámara de tratamiento.

Para esta zona se seleccionó un sanitario seco en alto debido a que presenta mantos friáticos superficiales y contaminación de pozos por filtraciones provenientes de letrinas convencionales e inodoros. La introducción del sistema ha sido muy cuidadosa durante los últimos tres años: hasta ahora 135 familias cuentan con este sanitario, en diferentes poblaciones. Muchos de los sanitarios se han construido cerca de la casa, debido al poco espacio del que se dispone. Los resultados son alentadores: el mantenimiento es bueno y no hay hedor ni moscas. El costo de estos sanitarios es de unos 100 dólares (estructura incluida).[13]

Este caso es interesante porque muestra la operación de un sistema sanitario seco en un clima húmedo donde los usuarios utilizan agua para asearse después de ir al baño. Asimismo, muestra que el sanitario vietnamita (con doble cámara con desviación de orina) que opera por deshidratación puede operar por descomposición (si se le agrega material rico en carbón). El éxito, hasta ahora, se debe a la movilización de la población local – especialmente las mujeres –, a la formación efectiva en prácticas de higiene y a un seguimiento constante.

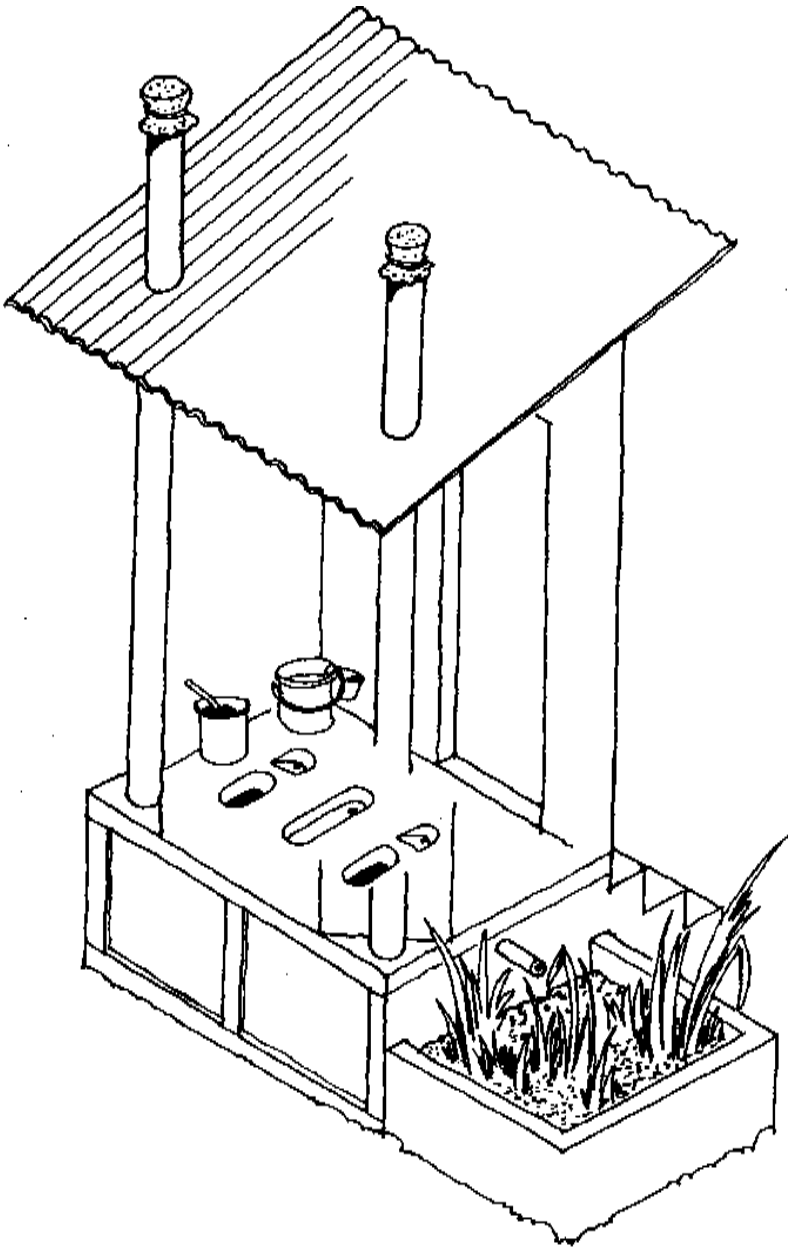


Figura 3.20 *El sanitario de doble cámara en Kerala. Sobre cada cámara hay un agujero por donde pasan las heces, y un canal para la orina, a manera de embudo. Entre las dos cámaras hay otra especie de embudo, encima de éste se practica el aseo anal con agua, después de la defecación. Esta agua, al igual que la orina, fluye hacia la cama de evapo-transpiración, dispuesta con calabaza, plátano o cana indicus.*

CAPÍTULO 4. ¿CÓMO GARANTIZAR QUE FUNCIONE EL SANEAMIENTO ECOLÓGICO?

Los sistemas de saneamiento ecológico descritos en el capítulo 3 no son conocidos ampliamente, ni entendidos de modo cabal. No pueden utilizarse sin una comprensión absoluta de su funcionamiento y de sus problemas potenciales. Tienen varias características poco familiares, como la taza desviadora de orina y las losas para acuclillarse, que por sí mismas nos cuestionan sobre el grado de aceptación cultural. Además, requieren de una mayor promoción, apoyo, educación y capacitación que las letrinas convencionales, la VIP (letrina ventilada mejorada) y los inodoros.

Se ha aprendido mucho de los sistemas de saneamiento ecológico a partir de las unidades que a la fecha se usan en todo el mundo. En el norte de Vietnam cientos de miles de habitantes rurales poseen tazas de doble cámara y reciclan sus productos en la agricultura. En México y América Central hay decenas de miles de unidades de un tipo similar (LASF) y en Estados Unidos y Suecia hay varios miles de Clivus Multrum y muebles similares. En Ladakh y Yemen hay cientos de versiones tradicionales. Entre todas ellas hay certezas y errores: aprendamos de ambos.

En este capítulo se describen el diseño y el manejo de los sistemas de saneamiento ecológico, de tal modo que puedan evitarse los errores; además sugerimos algunas estrategias de promoción y apoyo que han demostrado ser esenciales para el funcionamiento apropiado de estos sistemas. En la sección 4.1 comenzamos por identificar los aspectos negativos y los de aceptación a estos sistemas, de tal modo que el lector vea con claridad la necesidad de considerar con mayor cuidado las opciones de diseño y manejo, y los aspectos resultantes relacionados con la promoción y el apoyo.

4.1 Relatos con advertencia

4.1.1 Aspectos poco comunes

Quizás el aspecto más desconocido del saneamiento ecológico es que requiere del manejo, a nivel casero, de los productos. En diversas partes del mundo ya se han manifestado voces que nos advierten sobre la aceptación cultural y sanitaria de este manejo. Si bien en algunas culturas se acepta el manejo de excreta humana (culturas coprofílicas), otras lo consideran aberrante y ritualmente contaminante (culturas coprofóbicas). La mayor parte de las culturas están, quizá, entre estos dos extremos y la experiencia nos muestra que si los sistemas son bien llevados, la gente, por sí misma, se libera de prejuicios. De todos modos no debemos presuponer la reacción de ciertas culturas, sino hacer pruebas prudentes y calibrar la reacción.

Un punto muy importante del manejo de heces cuando el sistema ha llegado a los cientos o miles de unidades, en pueblos y ciudades, es que los habitantes no necesitan manejar directamente el producto final, pues a esta escala centros de recolección con personal calificado se encargan de manejar el producto, incluyendo su venta y procesamiento.

Sin embargo, a veces, el tamaño de los asientos y las tazas plantea problemas para los infantes; por ello se han diseñado muebles de sanitario donde se coloca un sobre-asiento más pequeño que puede bajarse sobre el sobre-asiento normal.

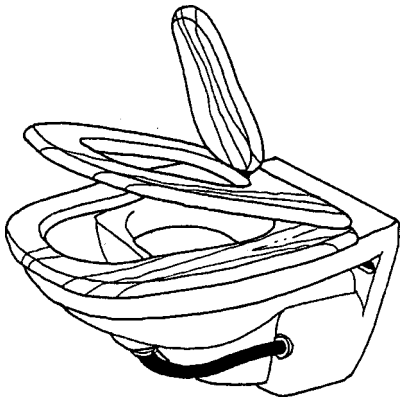


Figura 4.2 *Una taza sueca para orina canalizada "Dubbletten", tiene un sobre asiento más pequeño, para infantes.*

Los escépticos claman con frecuencia que los sistemas son inferiores como alternativa: olerán, se mosquearán y además no son compatibles con los parámetros de la vida moderna. En muchas culturas el sanitario se ubica lejos, fuera de la casa, atrás del jardín, cerca del chiquero, tiene un mal acabado, de color oscuro y no se mantiene limpio. Este tipo de sanitario, de normas deficientes, le ha dado a los sistemas una imagen justamente cuestionable. Es una preocupación válida, como se mencionó ya en este libro: los sistemas son más susceptibles al mal diseño y manejo que las letrinas convencionales. Si no están diseñadas y se manejan adecuadamente, tomando en cuenta la naturaleza, la cultura y el proceso, pueden ser desagradables y no alcanzar el propósito de protección sanitaria y del medio ambiente para el que fueron diseñadas. Sin embargo, una vez que los novicios se familiarizan con todas las opciones (y si están bien diseñadas, construidas, y las utilizan adecuadamente), se dan cuenta que estos sistemas responden a normas de alta calidad y modernas. Existen algunas versiones bien desarrolladas en casas de familias con buenos ingresos, en Europa y Estados Unidos. Están bien colocadas dentro del cuarto de baño moderno, de tal modo que aquella imagen deficiente cambia radicalmente. Estos sistemas, lejos de ser inferiores, deberían ser vistos como superiores, pues protegen el medio ambiente como ningún otro sistema puede hacerlo.

Otra preocupación frecuente es que estos sistemas son, simplemente, muy caros para gente de bajos ingresos en los países en desarrollo, pero los sistemas cuestan más que el sistema tradicional. En la mayoría de los casos es posible encontrar o desarrollar opciones que se adecuen al presupuesto. Algunos son sofisticados y caros, mientras otros son sencillos y baratos. Con frecuencia es un asunto de proporción entre costo y operación: las soluciones baratas requieren más mantenimiento y manejo del sistema, mientras que con las opciones más caras se reduce el mantenimiento y la operación.

La construcción de los sistemas *eco-san* no tiene que ser cara, ya que:

- todo el sistema se localiza *sobre* el suelo, por lo que no hay gastos en tubería para desagüe,
- la orina se separa previamente, no se usa agua para "jalarle", y el volumen de la cámara de tratamiento es en realidad pequeña (por lo que necesita de un vaciado frecuente), y
- el contenido de la(s) cámara(s) de tratamiento está seco, por lo que no es necesario invertir en una construcción impermeabilizada.

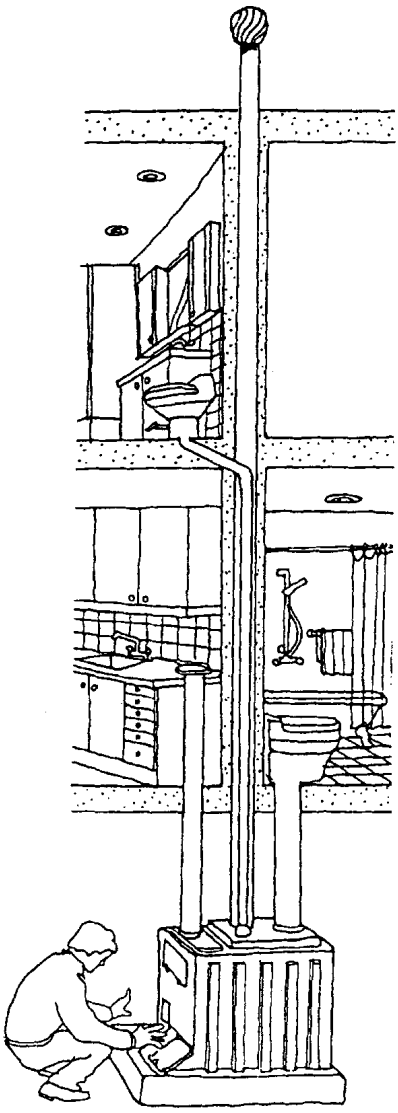


Figura 4.3 *Un sistema Clivus Multrum en un edificio de pisos. El baño abajo tiene una taza seca con un conducto recto hacia la cámara de tratamiento. La cocina tiene otro conducto recto para desperdicios orgánicos y el baño superior tiene una taza que utiliza un mínimo de agua para bajarle al baño.*

Finalmente, la gente que no está familiarizada con el sistema no puede imaginar cómo puede usarse en un edificio de varios pisos, pero en Suecia esto ya se logró; y finalmente no tiene tanto misterio, como se ve en la figura 4.3.

4.1.2 Sensibilidad a estos sistemas

Las opciones eco-san son más complejas que los sistemas de caída y depósito, pero infinitamente menos complicadas que los sistemas de flujo y descarga. Las ventajas potenciales del saneamiento ecológico pueden alcanzarse solamente si funcionan adecuadamente. Especialmente con conceptos novedosos se corre el riesgo de que los encargados de la planeación, diseño y construcción, no entiendan cabalmente los principios básicos implícitos y cómo relacionarlos con las condiciones locales. Esto puede derivar en la selección de un sistema, o sus opciones, que no corresponde con el clima o las condiciones socioeconómicas. Con el sistema adecuado, las razones más comunes del mal funcionamiento se relacionan con la nula participación de los usuarios; la falta de comprensión acerca de cómo funciona el sistema; los materiales y mano de obra deficientes, y el mantenimiento inadecuado.

Falta de participación

Una receta segura para el fracaso de un sistema es su realización sin la participación de los destinatarios, y sin su capacitación adecuada. En el siguiente ejemplo se ilustra un caso muy claro:

En 1992–94, en un proyecto financiado por el BID a través del Social Investment Fund, el gobierno de El Salvador construyó 50,263 de los llamados sanitarios LASS. La inversión total fue de 12.5 millones de dólares. Las tazas las construyeron contratistas, sin participación de la comunidad y nula – o casi nula – capacitación.

Una encuesta realizada con 6,380 familias, demostró que 39% de las tazas se usaba de modo adecuado, 25% inadecuadamente y 36% no se usaba en absoluto.[1]

Estos resultados dieron origen al diseño de una estrategia de educación sanitaria, enfocada a los distintos miembros de la familia, por medio de visitas domiciliarias; con la participación de las mujeres organizadas en todo el proceso educativo; el desarrollo de materiales didácticos y, seguimiento y evaluación participativa. El impacto que tuvo este modelo de educación sanitaria fue significativo. Después del primer módulo, el porcentaje de uso correcto del sistema ascendió a 72%, y el uso inadecuado de los sanitarios y el rechazo al sistema descendieron a 18 y 10%, respectivamente.[2]

La lección aprendida de todo este proceso fue que los problemas de rechazo o manejo inadecuado no se deben a la tecnología en sí misma, sino a la interacción entre tecnología y usuario. Por eso la promoción de este tipo de tecnología debe enfocarse a escala personal y familiar, para proporcionar asistencia directa. Siempre debe destacarse la necesidad de cambios de comportamiento, el uso apropiado y el mantenimiento.

El caso del norte de Vietnam (ver sección 3.1.1) es un problema especial por el relativamente alto nivel de infestación con parásitos intestinales. En el sur de Vietnam las tazas de doble cámara no son muy usuales y esta infestación es menos importante. A partir de estos hechos, algunos observadores concluyeron que una buena parte de la infestación se debe al uso de sanitarios de doble cámara. Una explicación más prudente es que en la región norte existe una tradición muy arraigada de usar las heces frescas

como fertilizante (mucho más que en la del sur) y que, mientras muchas familias usan sus sanitarios de doble cámara adecuadamente, otras no. El uso inapropiado implica que frecuentemente se remueven de las cámaras las heces frescas, cuando se necesitan. Los huevecillos de los parásitos también se diseminan gracias a los niños contagiados, que defecan a cielo abierto, y por el poco cuidado en el lavado de manos y comida. Este problema se reconoce en Vietnam, donde se necesita revitalizar la campaña de educación sanitaria asociada a estos sanitarios. La lección de Vietnam es que la educación sanitaria debe ser continua y quizá combinada con una desparasitación rural masiva. Con una política a largo plazo de seguimiento y educación que considere otras rutas de infestación, como las manos, la comida y el cuidado de las heces de los infantes, eventualmente desaparecerá el problema.

Falta de comprensión

El saneamiento es una materia compleja. El material en bruto con el que estamos tratando es potencialmente mortal, y puede causar molestias considerables. El saneamiento también es un tópico asociado a diversos tabúes, en muchas culturas. A lo largo de estos años nos hemos encontrado con un buen número de casos donde los sistemas de saneamiento fracasaron por ignorancia y falta de experiencia.

Si un sistema bien seleccionado y construido falla, generalmente se debe a que el proceso se humedeció. En un sistema basado en la deshidratación, la humedad de los componentes en proceso debe reducirse a 20%. Si esto se logra, no hay olores ni moscas, y se lleva a cabo una rápida destrucción de patógenos. Si el contenido de la cámara de tratamiento, por razones diversas se moja, el proceso de hidratación se estimula, la composta huele, las moscas y otros insectos se reproducen en la pasta y los patógenos tardan más tiempo en morir.

En un sistema basado en la descomposición, la humedad correspondiente debería ubicarse idealmente entre 50 y 60%. Si el contenido de la cámara de tratamiento se humedece demasiado, el proceso de descomposición se estimula, la pasta huele, se mosquea y los patógenos sobrevivirán más tiempo.

Las moscas en los sanitarios están asociadas básicamente a la humedad del contenido de la cámara de tratamiento. En un sistema de deshidratación que funciona adecuadamente, no debería haber moscas, pero si algo malo pasa y el contenido se moja, es muy probable que se mosquee. Este riesgo es mayor en un sistema de compostaje por dos razones: opera con un grado mayor de humedad de proceso, y los huevos de las moscas pueden venir ya con los desperdicios orgánicos de la cocina.

La destrucción de patógenos es un tema clave en el En un sistema de este tipo mal utilizado o que funciona mal, los patógenos podrán sobrevivir y, a través del reciclado de heces mal saneadas, serán liberados al medio ambiente.

Material y mano de obra deficientes

Los sistemas eco-san son tan susceptibles a la mano de obra deficiente y materiales corrientes como otros sistemas de saneamiento. Pero en cierta forma son menos susceptibles porque los procesos implícitos están secos y los volúmenes que se manejan son comparativamente pequeños. Las fallas comunes son: filtración de agua a la cámara de tratamiento, canales para orina agrietados y ventilación obstruida.[3]

En un asentamiento de paracaidistas (invasores) en los suburbios de Cuernavaca, en México, un grupo de vecinos solicitó un crédito a la Secretaría de Obras Públicas estatal para construir sanitarios secos. Si bien la solicitud fue aprobada, la Secretaría "medio envió" los materiales (es decir, fueron robados) y reemplazó a los albañiles capacitados, por sus "propios" albañiles no entrenados y mal pagados. El resultado fue tazas mal hechas y sin terminar, con el consecuente disgusto de los beneficiarios y sus dudas sobre el sistema.[4]

Mantenimiento inadecuado

Muchos sistemas eco-san han fallado también porque recibieron mantenimiento deficiente. Usualmente sucede cuando sólo se ve a las tazas como un tipo nuevo de "mueble", en vez de todo un sistema que incluye a la naturaleza, la sociedad, el proceso y desde luego el aparato o "mueble" (ver capítulo 1.3.). Con frecuencia, se instalan los nuevos sanitarios sin considerar los aspectos educativos y la asistencia técnica necesaria para asegurar que los usuarios entiendan y acepten lo que es necesario hacer para que funcionen.

Todas las tecnologías sanitarias requieren de mantenimiento adecuado para su funcionamiento. Por ejemplo, personal especializado le da mantenimiento a gran escala a los sistemas de drenaje convencional, con sus plantas de tratamiento. Sin embargo, mientras que en el sistema eco-san mucho del proceso ocurre localmente, y porque sanear y reciclar excreta humana es inevitablemente más complejo que sólo desechar las heces como desperdicio, este sistema requiere de mayor cuidado por parte de los usuarios, en comparación con los sanitarios y letrinas convencionales.

El mantenimiento que se requiere por parte de los usuarios de los sistemas eco-san puede variar mucho, dependiendo de la estrategia de diseño, el clima y otras condiciones locales. Un buen diseño puede reducir casi al mínimo la necesidad de mantenimiento constante, sin tener que ser caro. Por ejemplo, a los sistemas basado en el compostaje hay que agregarles material orgánico y revisarlos periódicamente para asegurarse que los conductos de ventilación no están obstruidos. Otros sistemas pueden requerir de la transferencia de sólidos semi-procesados hacia un área de proceso secundario. Algunos más necesitan que las tazas o el hoyo de las losas para acuclillarse estén cerradas de alguna manera mientras no están en uso. Todos los sistemas requieren revisiones periódicas y el retiro del producto final. El elemento común con relación al mantenimiento de los sistemas eco-san es que el usuario debe asegurarse de que el sistema está funcionando adecuadamente. Sin embargo, es importante destacar que mucho de este mantenimiento, como el vaciado de las cámaras de tratamiento, el transporte a un área de proceso secundario, puede realizarlo personal especializado, ya sea como servicio público o como empresa privada. Los contratos de servicio pueden reducir la molestia para los habitantes y permitir a las instituciones municipales garantizar una norma satisfactoria de operación y mantenimiento.

Rechazo

La alternativa al uso de una taza o losa es la defecación a cielo abierto, así que el rechazo es por ser un peligro potencial para la salud pública. Este rechazo se debe probablemente a que los usuarios simplemente no aceptan el sistema, puede que no se entienda su funcionamiento, o bien se rechaza porque el sistema simplemente no funciona adecuadamente o es difícil de usar. Los factores importantes en torno al rechazo, son: actitudes basadas en la tradición, hábitos y tabúes relacionados con la defecación de excreta humana.

4.2 Características de diseño y manejo de eco-san

Los ejemplos que proporcionamos en el capítulo 3 nos muestran que dentro del concepto eco-san hay un rango amplio de posibilidades. Los propósitos de esta sección son, primero, proveer un panorama de posibilidades en el manejo de líquidos y saneo de sólidos; y segundo, el presentar algunas opciones de diseño.

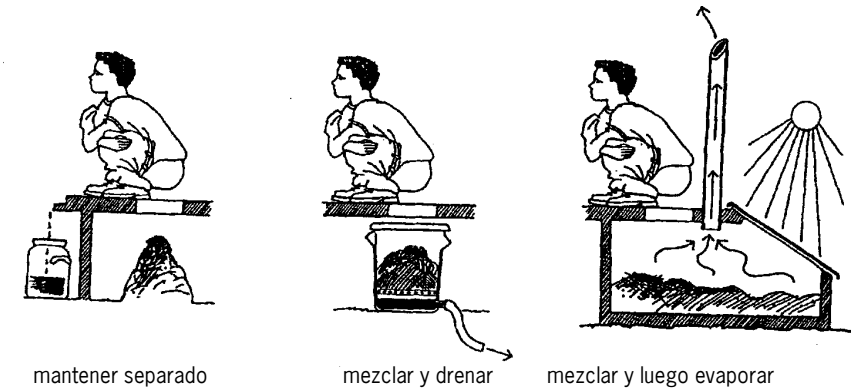


Figura 4.4 *Los sistemas de saneamiento ecológico presentan tres opciones para el manejo de líquidos: desviación de la orina, separación de líquidos y proceso combinado.*

4.2.1 ¿Cómo tratar con líquidos?

Una pregunta básica que debe plantearse al diseñar un sistema es si la orina se separará previamente o se combinará con las heces, en un solo depósito. Si se usa esta última opción, se requerirá de un procesamiento efectivo para la separación posterior de la orina y otros líquidos. Así, empezamos con tres opciones: desviación de la orina, separación de líquidos y procesamiento del material mezclado.

Canalización o desviación de la orina

Hay al menos dos buenas razones para no mezclar la orina con las heces: es más fácil controlar el exceso de humedad y agua en la cámara de tratamiento; y la orina se conserva relativamente libre de patógenos, por el hecho de que la orina no infestada es un excelente fertilizante. El problema es que la desviación de la orina requiere de una taza o una losa para acuclillarse cuyo funcionamiento sea confiable y socialmente aceptable.

La idea básica de cómo evitar la mezcla de la orina con las heces es muy simple: la persona que defeca debe sentarse o acuclillarse sobre una especie de "pared" divisoria de tal modo que las heces caigan atrás y la orina se escurra por enfrente. La idea de no mezclar la orina con las heces no es nueva: en algunas regiones de China existen desde hace siglos algunos sanitarios muy sencillos para lograr esta división (figura 4.5). Más recientemente, una fábrica de Pekín inició la producción de losas de porcelana para acuclillarse, con desviación de orina (figura 2.4).

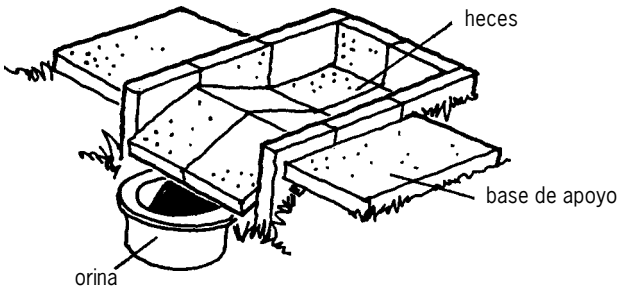


Figura 4.5 *Un sanitario tradicional para canalizar la orina, en China.*

En América Latina y Escandinavia se adaptó el mismo principio en diversos sanitarios y tazas, tanto en casas como en sanitarios públicos.

Una vez que la orina se recoge puede: filtrarse a través de un pozo de absorción o una cama de evapo-transpiración, usarse el mismo día para el riego, o guardarse localmente para su recolección posterior.

Separación de líquidos

Los sistemas basados en la mezcla y separación posterior de los líquidos y sólidos no requieren de un diseño especial para la taza o la losa para acuclillarse. La orina, las heces y, en algunos sistemas, una pequeña cantidad de agua, se van al mismo hoyo. Líquidos y sólidos son separados posteriormente, por ejemplo en el "Aquatron", un mecanismo fijo sobre la cámara de tratamiento (figura 4.6). Este aparato, inventado en Suecia, no tiene partes móviles: usa simplemente la energía del flujo para mandar, por inercia, el líquido sobre las paredes interiores, en una especie de dona, mientras que los sólidos caen en el orificio central.

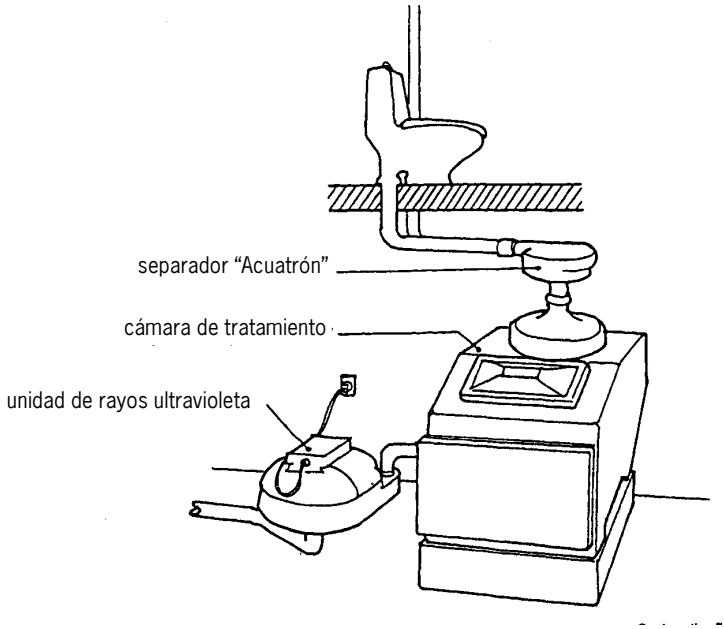


Figura 4.6 *Un “Acuatrón”, para separar los líquidos de los sólidos por medio de un sistema que utiliza un mínimo de agua. El separador está colocado sobre la cámara de tratamiento. Los líquidos se sanean luego con radiación ultravioleta.*

Otra posibilidad es el drenado del contenido de la cámara a través de una malla o un piso falso de mosquitero o red (figura 3.17). Como los líquidos han estado en contacto con las heces, deben esterilizarse o bien tratarse antes de ser usados como fertilizante.

Procesamiento combinado

Bajo condiciones extremadamente secas, o donde se agrega una buena cantidad de material absorbente, pueden procesarse conjuntamente líquidos y sólidos. En este caso la orina y las heces (y en algunos sistemas, una cantidad mínima de agua), también se van al mismo hoyo. Normalmente, no recomendaríamos este enfoque, ya que es muy fácil que el contenido de la cámara de tratamiento se moje y se apeste.

4.2.2 Deshidratación vs. descomposición

El proceso primario de un sistema eco-san es por medio de la deshidratación, la descomposición, o su combinación. El propósito del proceso primario es el destruir patógenos, prevenir molestias, facilitar el transporte, el procesamiento secundario y el uso final.

Deshidratación
“Deshidratación” significa reducir el nivel de humedad del contenido de la cámara de tratamiento a menos de 25%, por medio de la evaporación o la adición de material secante como la ceniza, el aserrín o cascarillas. No debe agregarse agua o materia vegetal húmeda a la cámara de tratamiento. El volumen no se reduce mucho porque se ha agregado materia seca y por la mínima descomposición de materia orgánica. El pastel de migajas que resulta cuando las heces se secan no es composta sino una especie de arrope, rico en nutrientes, carbón y materia fibrosa.

La deshidratación es una manera efectiva para destruir patógenos, especialmente huevecillos de lombrices, ya que los priva de la humedad necesaria para sobrevivir (ver sección 2.1.2). Con esta baja humedad hay muy poco olor y no hay moscas. Hay muy poca desintegración de materia orgánica, de papel higiénico u otras cosas que se tiren a la cámara de tratamiento, no obstante el tiempo transcurrido. El papel higiénico debe por ello tirarse aparte, o hacerse composta en un tratamiento secundario.

Los sistemas de saneamiento basados en la deshidratación requieren de la desviación de la orina y el agua para la limpieza anal. Estos sistemas son particularmente adecuados para climas secos, pero también funcionan en climas húmedos, con calentadores solares simples (ver sección 3.1.4).

Descomposición
La descomposición (composta) es un proceso biológico complejo en el que las sustancias orgánicas sufren un proceso de mineralización y se convierten en humus. Este procedimiento usualmente requiere de niveles de humedad cercanos a 60%, en el montón de composta. Si es mucho menor, el proceso se detiene, ya que los organismos involucrados en el proceso carecen de agua. Si es mucho mayor, el proceso se estimula porque los organismos carecen de oxígeno. También es necesaria una proporción de carbón y nitrógeno de 30:1, lo que significa que debemos agregar material orgánico (aserrín, desperdicios de la cocina, papel higiénico, semillas o restos de zacate).

En la composta de alta temperatura (mayor a los 60ºC) se destruirá la mayoría de los patógenos, aunque en la práctica es difícil alcanzar estas temperaturas en la letrina compostera; ya que el material es poco y tiende a compactarse, y es difícil y desagradable la manipulación de la pasta para airear el centro. Afortunadamente hay otros factores en el ambiente de la composta que ayudan a destruir patógenos, incluyendo el tiempo, un valor pH desfavorable, la competencia por la comida, la acción antibiótica y la toxicidad de los desechos de los organismos que generan el proceso de composta. La mayor parte de las letrinas composteras están diseñadas para la retención de la pasta por un período de 8 a 12 meses.

4.2.3 Otras opciones técnicas

Calentadores solares
Los calentadores solares están dispuestos sobre las cámaras de tratamiento para incrementar el nivel de evaporación. Esto es más importante en climas húmedos, y donde la orina y agua han sido mezcladas con las heces. También es más importante en un sistema basado en la deshidratación que en uno basado en el compostaje.

Los calentadores solares que se usan en algunos de los sistemas descritos en el capítulo 3 consisten de una lámina negra (expuesta al sol) que cubre parte de la cámara de tratamiento. Esta lámina también sirve como una puerta de acceso a la(s) cámara(s) de tratamiento (véanse las figuras 3.8 a 3.10 y 3.16). El calentador solar debe disponerse de tal modo que se evite la entrada de agua, así como de moscas, a la cámara de tratamiento.

Cámara sencilla o doble

Muchas de las letrinas composteras o basadas en la deshidratación que se venden en Estados Unidos y los países escandinavos, tienen sólo una cámara de tratamiento. La preocupación más importante en un sanitario de cámara única son los patógenos en las heces frescas. Si bien la cantidad de material fresco (cada vez que se usa) es relativamente reducida, la cantidad total que se ha vertido para procesar y matar patógenos no es poca, por lo que incluso la adición de una pequeña cantidad de patógenos es suficiente para contaminar todo el montón. De un modo u otro, el sistema debe garantizar el aislamiento de las heces hasta que los patógenos se hayan reducido a niveles aceptables. Con estos sistemas de cámara única, la materia fecal se transfiere a otro montón/depósito/contenedor para seguir procesándose antes de ser reciclada.

Los sanitarios en los países en vías de desarrollo con frecuencia están diseñados con dos cámaras, cada una con su taza o losa para acuclillarse. En estos sistemas, cada cámara se usa de modo alternado, por períodos. Cuando se hace el cambio de una a la otra, el contenido de la cámara que no estaba en uso se vacía, suponiendo que después de varios meses sin materia fecal fresca, su contenido debería resultar manejable, en términos higiénicos.

Cuando la orina y el agua no se echan a las cámaras (o cuando se drenan oportunamente) el proceso de evaporación puede ser tan rápido que puede usarse, con un nivel higiénico aceptable, un sistema de cámara sencilla.

Se han realizado algunas pruebas recientes (como el proyecto en El Salvador, Suecia, México, Sudáfrica, Vietnam y China con sanitarios prototipo de cámara única. Estos sanitarios requieren de un cuidado extremo de parte de los usuarios y una comprensión básica de higiene, ya que los sólidos parcialmente procesados tienen que transferirse a otro lugar para su proceso secundario. Sin embargo, los beneficios no son solamente la disminución del olor y la obtención de un buen fertilizante, típicos de la doble cámara, sino que también se reduce el costo y el espacio requerido por aquéllos.

Estos prototipos se están probando y mejorando constantemente. Aunque todavía no se sabe si los beneficios potenciales para los usuarios de este sistema de cámara única motivarán el cambio de comportamiento necesario para su uso adecuado. Y ya se verá también si los ahorros en materia de construcción se equilibrarán con los gastos adicionales de promoción, educación y seguimiento que requiere este sistema.

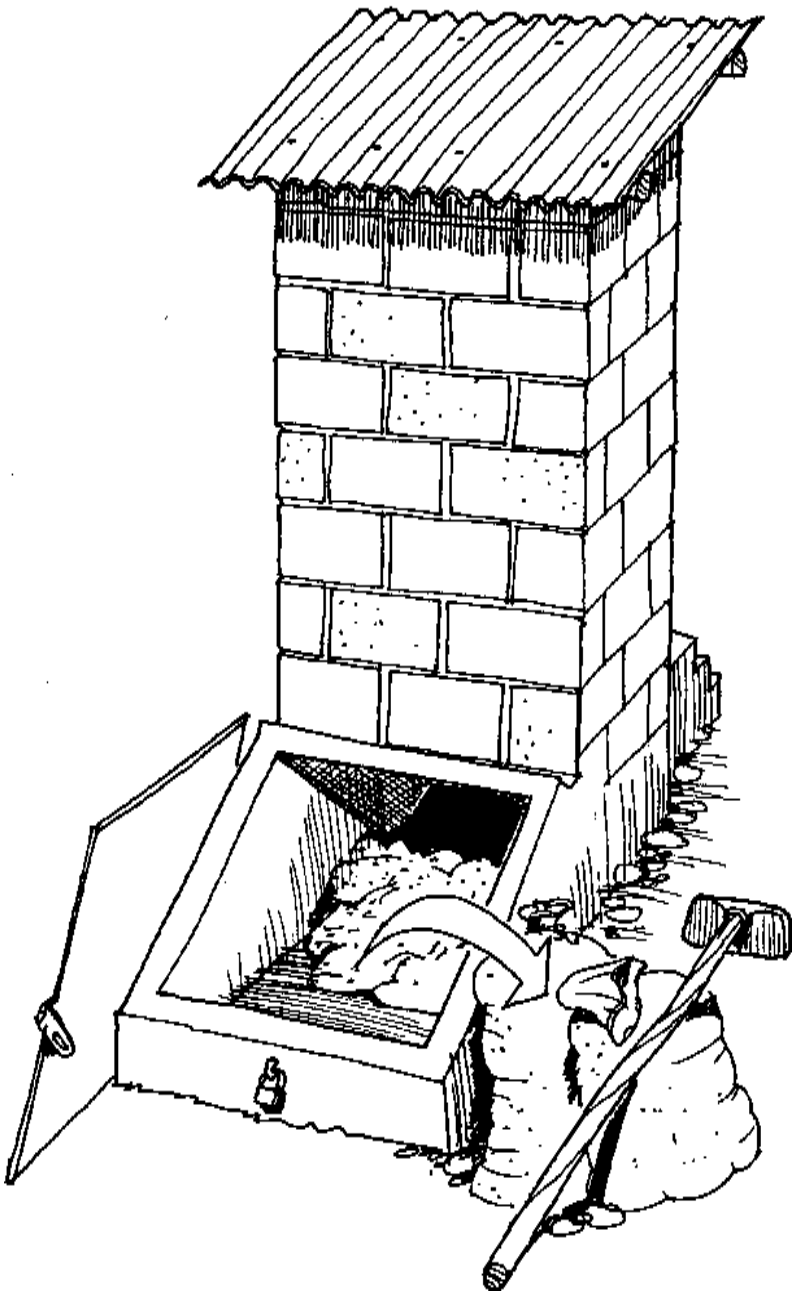


Figura 4.7 *Un sanitario de cámara única basado en la deshidratación en El Salvador. El montón que se acumula bajo la taza se corre periódicamente hacia el extremo anterior, calentado por el sol. Cuando este espacio se llena, se saca el material y se pone en costales para guardarlo hasta que sirva como fertilizante.*

Material para la limpieza anal

El uso de materiales para la limpieza anal varía con las culturas. En algunas se utilizan papel u otras hojas de plantas o piedras; y otras, como ya se dijo, agua. La disposición inapropiada de materiales higiénicos en el sanitario puede causar problemas. En algunas partes del mundo, el drenaje no puede conducir el papel higiénico, de tal modo que hay que depositarlo en un cesto, para después quemarlo. En otras partes, los WC quedan inutilizados rápidamente, pues la gente los satura con piedras u olotes. Además de materiales para limpieza anal, se echan a la taza, trapos, condones y toallas sanitarias.

Los sistemas secos pueden soportar todo tipo de papeles u objetos sólidos. Los ejemplos de Yemen (3.1.7) y la India (3.2.6) nos muestran que los sanitarios secos pueden incluso adaptarse para soportar el uso de agua para la limpieza anal.

En una letrina compostera se puede desechar papel higiénico, pero en una basada en la deshidratación este papel no se descompone. Existen tres soluciones para este problema, en una letrina compostera:

- hacerlo composta fuera de la cámara de tratamiento,
- quemar por separado el papel residuo de la cámara, o
- colocar el papel en un bote, para quemarlo después, periódicamente.

Material secante/orgánico

El material secante como la ceniza, limo, aserrín, desperdicios, hoja seca, tierra seca y turba seca se usan para reducir los olores, absorber la humedad excesiva y hacer el montón menos compacto y menos visible para el usuario siguiente. Estos materiales deben usarse inmediatamente después de defecar para así cubrir las heces frescas. Se usan en ambos tipos de sanitario, deshidratante y compostero.

El material orgánico como pasto seco, ramitas, fibra de coco y viruta se usan en el sanitario compostero para producir un material más poroso y permitir que el aire penetre en el montón.

En el siglo XIX había ciertos diseños para "dorador de tierra", en los que, al "jalarle", automáticamente caía tierra o ceniza sobre las heces (véase el recuadro 4.1).

Ventilación y aireación

La ventilación tiene varios propósitos: elimina los olores, seca el contenido y, en las letrinas composteras, provee el oxígeno necesario para el proceso de descomposición. Sin embargo, no siempre se requiere un tubo de ventilación: el sanitario vietnamita de doble cámara (3.1.1) y su variante en América Central y México (3.1.2) usualmente están construidos sin tubo de ventilación. Todos los modelos dentro-de-casa, en la Escandinavia (3.1.3, 3.2.1 y 3.2.2) están provistos de un tubo de ventilación; su uso está determinado por las condiciones climáticas, la humedad del material fecal que entra a la cámara y la calidad deseada. Con un buen conducto de ventilación que salga de la cámara de tratamiento, el sanitario puede estar totalmente libre de olores, ya que el aire del cuarto se saca vía la taza o la losa para acuclillarse.

Recuadro 4.1 “Inodoros de tierra” del siglo XIX

Durante la segunda mitad del siglo XIX había una feroz competencia entre aquellos que preferían las “inodoros de agua” o “WC” y los que defendían los “inodoros de tierra”. La primera patente para un “inodoro de tierra” se registró en 1838 por Thomas Swinburne, si bien su invento no fue usado ampliamente. El parteaguas vino un cuarto de siglo después con el trabajo de Henry Moule, quien experimentó enterrando en el jardín las heces de su propia taza. Descubrió que después de 3 ó 4 semanas no había rastros del material enterrado. Moule inició entonces el diseño de un inodoro en el que se depositaba una cantidad determinada de tierra —que caía de una tolva ubicada detrás de la taza— sobre las heces frescas. Después registró la patente del Moule Patent Earth Closet Company Ltd. y desarrolló modelos lujosos y modelos para escuelas, barracas y hospitales. Otros inventores registraron muebles semiautomáticos para “jalarle” a la taza, al liberar el asiento del peso del cuerpo, o bien al accionar un pedal.

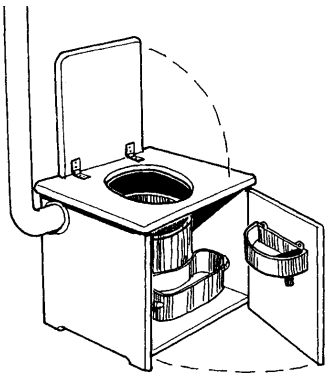


Figura 4.8 El “*closet*” de Henry Moule

Henry Moule fue un publicista muy efectivo: usaba folletos para promover las ventajas de un sistema sanitario basado en el uso de tierra, además de mencionar la suciedad que se promovía con los sistemas que usaban agua. En 1861 Moule publicó un folleto titulado National Health and Wealth (Salud y Riqueza de la Nación), que tuvo un amplio apoyo. En *La Lancet* del 1º de agosto de 1868 se reportó que se usaron 148 sanitarios de tierra en un campamento militar de Wimbledon, Londres. Dos mil soldados utilizaron 40 de dichos sanitarios, sin ninguna molestia por el olor. En 1860 un buen número de escuelas cambiaron los “closets de agua” por los “closets de tierra”, ya que los consideraban más confiables y de mantenimiento más accesible.

En 1870 el Sr. Moule y otros inclinaron sus observaciones hacia cómo podría usarse el calor para tratar los patógenos y quitar olores. Algunos diseños consistían en una bandeja para secado integrada a la parrilla de la chimenea. Otros diseñadores desarrollaron muebles con tolvas más grandes que podían servir hasta para mil sesiones, antes de ser rellenadas de tierra. Algunos diseños incluían conductos para ventilación con puertitas automáticas.

Moule, H. (1875):National Health and Waelth, W. Macintosh, Londres. Véase también Poor, G.V. (1894)Essays on Rural Hygiene, Londres.

Un conducto de ventilación debe tener un diámetro de 10 a 15 cm. En climas húmedos, con un volumen considerable de agua a evaporarse (3.2.5) el diámetro puede ser mayor: hasta 25 cm. El conducto debe estar lo más recto posible y debe alcanzar una altura de 30-90 cm. por arriba del techo.

El compostaje es un proceso primordialmente aeróbico. Muchos de los microbios responsables de la descomposición necesitan oxígeno, así que debe atraerse aire al montón de composta. Esto puede lograrse al revolver, palear o recorrer el montón. Las lombrices, insectos y otros organismos que viven en la composta juegan un papel importante en la oxigenación, mezcla, aireación y despedazamiento del contenido de la cámara de tratamiento. En algunos casos, esta cámara esta provista de pequeños tubos de ventilación que dejan entrar el aire al centro del montón de composta (3.2.1). Otro método consiste en el uso de un costal, o red, colgado con un revestimiento que se pueda hacer composta. Como ya se dijo antes, la aireación se puede lograr también con el uso de material orgánico.

4.3. Aguas grises (aguas jabonosas)

El agua que se desecha después de la preparación de los alimentos, la regadera y el lavabo se conoce como “agua gris” o “jabonosa”. Los sistemas secos de saneamiento no manejan aguas grises, por lo que ésta debe separarse en un sistema aparte, para su cuidado y uso posterior como un recurso potencial.

Muchas autoridades de salud consideran a las aguas grises como una amenaza para la salud, aunque muchas veces es tan limpia o más limpia que los flujos de aguas negras que esas mismas autoridades consideran lo suficientemente seguras como para verterlas al medio ambiente. Por ejemplo, algunos datos generados en Suecia indican que las aguas grises contienen menos de la mitad de nitrógeno y fósforo que las aguas residuales de la agricultura, y más o menos una cuarta parte de nitrógeno que las aguas negras purificadas legalmente y vertidas a las fuentes de agua[6]. Tienen la mitad de la Demanda de Oxígeno Bioquímico (DOB) y sólidos suspendidos que las aguas residuales combinadas (aguas grises con orina, heces y el agua que se usa para su desecho)[7].

Tanto la cantidad como la calidad de las aguas grises pueden controlarse a nivel casero. Cualquier estrategia de manejo de estas aguas puede facilitarse con medidas de conservación de agua y poniendo atención a los jabones, limpiadores y otros químicos caseros. La cantidad generada de aguas grises puede reducirse de modo importante con un cambio de comportamiento, un buen mantenimiento de tubos y llaves, y el uso de dispositivos para el ahorro de agua. Como los agentes contaminantes de las aguas grises

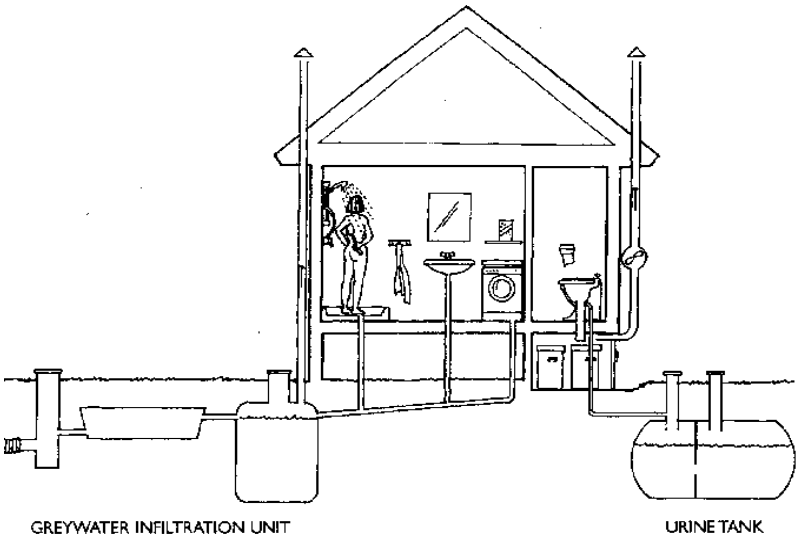


Figura 4.9 *Una casa en Suecia, con sanitario deshidratante, orina separada, almacenaje en un tanque subterráneo (sección 3.1.3), y tratamiento local de aguas jabonosas.*

son un problema, tiene mucho sentido el seleccionar productos caseros no contaminantes. Estas soluciones tienden a ignorarse porque no atañen a los ingenieros, pero pareciera más fácil llevarlas a cabo que separar los contaminantes después.

Con frecuencia, el modo más fácil de reciclar las aguas grises es usándolas para regar plantas. En muchos países del mundo donde el agua escasea, esto se hace por razones obvias. El riego con aguas grises puede ser tan simple como verterla en las plantas, a mano. Aún cuando existan pocos jardines pueden usarse como en la ciudad de Guatemala, donde los habitantes simplemente la riegan con cubetas en la calle, para evitar que vuele el polvo. Sin embargo, estudios recientes demuestran que se usa en mucha de la jardinería practicada en áreas urbanas y suburbanas, que el riego con esta agua es del todo posible.

Si bien las aguas grises no presentan peligro alguno para la salud, y tampoco es una amenaza seria en términos de contaminación, si no se han vertido en ella productos tóxicos, lo mejor es diseñar un sistema en el que estas aguas no sean tratadas directamente y se reduzca el riesgo de contaminación ambiental. Se puede encontrar una serie de sistemas accesibles comercialmente en los países desarrollados que cumplen la función de riego con aguas grises.

En áreas donde el agua no se bombea de modo particular a cada casa, pueden ser suficientes ciertas soluciones simples para reciclar las aguas grises, ya que, en primera instancia, se genera menor cantidad de este desecho. Y aún si su manejo consiste en el uso para las plantas, o para bajar el polvo, o si se tira para ser absorbida por el suelo, el peligro que representa este tipo de agua es, por lo común, menor que la excreta humana o la falta de una buena higiene.

4.4 ¿Cómo seleccionar un sistema eco-san?

Idealmente, un sistema eco-san previene la contaminación, sanea los nutrientes de la excreta y los regresa al suelo, sin necesitar de agua para su transporte y proceso. Por razones de espacio, llamamos a este arreglo “sanear y reciclar”. Este libro presentó ya un buen número de ejemplos con diferentes estrategias de diseño para los sistemas eco-san, y sus aspectos más importantes. Algunos de los ejemplos que incluimos se acercan más que otros a lograr este ideal. Sin embargo, cada uno de estos sistemas se ha expuesto para destacar los factores que era necesario resaltar, según el caso. Este libro intenta ser un marco de referencia para reflexionar acerca de la aplicación de los sistemas eco-san y su enfoque, como una respuesta a circunstancias locales.

Hay muchas variables locales que determinan la selección de un sistema adecuado:

- Clima: temperatura, humedad y precipitación pluvial.
- Topografía y tipo de suelo: la relativa facilidad para ubicar sistemas subterráneos; la velocidad y dirección en que se desplazan el agua y los contaminantes en el suelo.
- Abundancia-escasez de agua: la importancia de conservar el agua.
- Proximidad y sensibilidad de los ecosistemas acuáticos: nivel de los mantos acuíferos, su accesibilidad, su cercanía a los lagos, ríos, arroyos o costas.
- Energía: La accesibilidad y recepción de los recursos energéticos locales (como la radiación solar).
- Factores socio-culturales: las costumbres, creencias, valores y prácticas que influyen en el diseño de un sistema de saneamiento, su aceptación o adecuación en una comunidad (debe destacarse, sin embargo, que estos perfiles no son permanentes y que las sociedades constantemente acogen nuevas prácticas).
- Economía: los recursos financieros tanto de individuos como de la comunidad, como un todo, para apoyar un sistema de saneamiento.
- Capacidad técnica: el nivel tecnológico que puede sustentarse en la capacidad local y sus herramientas.
- Infraestructura: el nivel actual tanto de la infraestructura física y los servicios existentes que pueden apoyar un sistema de saneamiento, la ampliación del volumen de agua accesible, transporte, red de salud pública, sistema educativo, etcétera.
- Densidad demográfica y patrones de asentamiento: la accesibilidad de espacio para el procesamiento y almacenaje en sitio, y el reciclado local.
- Agricultura: las características de la agricultura local y jardinería casera.

La naturaleza de estos factores determinará tanto la importancia relativa de la prevención de la contaminación, el reciclado de los nutrientes de la excreta y la conservación del agua, como otros factores de diseño y sus posibles desventajas. En algunas comunidades, la necesidad de recursos para nutrir a las plantas puede ser la razón determinante para diseñar un sistema eco-san, y éste se orientará a la recuperación de la orina y las heces. Para otras, la necesidad de proteger las delicadas fuentes de agua pura puede ser primordial y se preferirá quizá, sacrificar la recuperación de los nutrientes de la excreta si con ello las estrategias de diseño que favorecen el compostaje y la pérdida atmosférica de nitrógeno son más fáciles de llevar a cabo. En regiones secas sería más fácil sanear heces por medio de la deshidratación, mientras que en climas húmedos el compostaje será más eficiente.

4.5 Familia y comunidad: promoción y apoyo

Los sistemas eco-san son más complejos que la mayoría de los sistemas sanitarios convencionales y usualmente requieren de mayor responsabilidad, por parte de la familia o la comunidad, para su funcionamiento adecuado. Los usuarios deben prever que, además de los beneficios potenciales para la salud, un uso inapropiado de cualquier taza de sanitario se convertirá en una molestia, una amenaza para la salud pública y derivará en contaminación del medio ambiente. Estos problemas se pueden evitar con bastante facilidad si se adoptan los comportamientos adecuados desde el principio. Además, se requiere de un cuidado extra para aprovechar todas las ventajas del recurso potencial que significan los nutrientes reciclados para las plantas.

A nivel casero, tanto cada persona como cada familia debe entender cómo funciona el sistema eco-san, qué puede resultar mal y tener el compromiso y capacidad para manejarlo correctamente. Para una aplicación a gran escala, es también esencial que una buena parte de la comunidad comparta esta comprensión y compromiso.

En áreas urbanas, el tema fundamental es cómo establecer una operación a gran escala. Una cosa es operar tazas de sanitario eco-san diseminadas en un territorio extenso, y otra muy distinta es hacer que miles de tazas eco-san funcionen adecuadamente en un área de paracaidistas densamente poblada. Al concebir sistemas eco-san en el ámbito urbano, surgen algunos aspectos críticos, especialmente relacionados con el manejo, el transporte y reciclado del producto de las tazas.

En esta sección se examinarán algunos de estos aspectos delicados, relacionados con una estrategia general de la promoción, educación y capacitación. Las dos últimas incluyen los arreglos institucionales esenciales que se requieren para desarrollar y sustentar un sistema con enfoque comunitario. Es importante no caer en la posición común de manipular la opinión pública, sino desarrollar capacidad por medio del conocimiento compartido, el delegar responsabilidades y el desarrollo de trabajo conjunto.

4.5.1 Promoción y estímulo comunitario

Los sistemas eco-san no deben promoverse solos, sino como parte de un proceso más profundo de fortalecimiento de la gente pobre, en particular, para hacerse cargo de su propio desarrollo. Una mayor capacidad de vigilancia y transformación tanto a nivel individual como de grupo y comunidad, es más importante que un sistema mejorado de saneamiento, que en todo caso se podrá mantener si se llevan a cabo cambios más profundos.

Para poder sostenerse, los sistemas eco-san deben apoyarse en la comprensión de sus elementos básicos y cómo se correlacionan. Estos elementos ya se delinearon en la sección 1.3:

- la naturaleza que influye y es afectada por el sistema (el clima y los cambios de estación); el posible impacto en el nivel de accesibilidad del agua y los recursos en peligro de ser contaminados;
- las implicaciones culturales y de comportamiento dentro de la sociedad en la que opera;
- las características básicas y los límites del proceso seleccionado; y cómo mantener las condiciones adecuadas para que funcione, y
- las principales características del aparato ; su diseño, uso y cuidado adecuados.

En aquellos lugares donde el sistema, concepto o tecnología eco-san es novedoso o poco familiar, se requerirá de una buena dosis de promoción y capacitación. Esta promoción de eco-san se facilitará si ésta no representa un rompimiento radical de las prácticas culturales aceptadas. Por ejemplo, la arraigada tradición de separar la orina en los viejos pueblos y viviendas en Yemen, o el uso de excreta como fertilizante en China y Vietnam, son un magnífico precedente para mejorar y extender estos sistemas en esos países. De modo similar, en la Escandinavia, la tradición de mantener las casas de campo de verano con sistemas sanitarios no centralizados ha favorecido la diseminación de un mayor número de sistemas eco-san (ver: 3.1.3, 3.2.1 y 3.2.2).

Es particularmente importante que las mujeres estén incluidas en el proceso de empoderamiento y promoción de la comunidad desde su inicio. Las mujeres son las responsables del abastecimiento del agua en sus viviendas, de la sanidad, de la higiene y de la preparación de alimentos. Sus puntos de vista y preocupaciones deben poder expresarse e incluirse en el diseño del programa y todos sus detalles.

Enfoque basado en las necesidades
Los programas de saneamiento deben diseñarse para responder a las necesidades definidas por la comunidad y los habitantes, en vez de considerarse soluciones definidas por agentes externos. Las necesidades pueden variar de un modo excesivo, por ejemplo, la diseminación relativamente rápida de sanitarios basados en la deshidratación en El Salvador se debe principalmente a factores ambientales. Una escasez aguda y ahora crónica de agua en la mayor parte del país ha hecho que los sistemas convencionales de recolección y evacuación de aguas negras sean muy poco realistas, mientras que el nivel de la marea alta, característica de las áreas costeras, hace que las letrinas no sean prácticas. Por otro lado, la mitigación de la pobreza a través del uso de la orina para la producción de comida ha sido un factor primordial de motivación para la ANADEGES, en la Ciudad de México; el ahorro de agua es considerado como un importante beneficio secundario.

Por lo general, si los usuarios potenciales no han identificado un sistema alternativo de saneamiento como una necesidad y tienen conocimientos limitados de cómo se construye y maneja, el proyecto fracasa. La nueva taza acabará como baúl de chácharas o un chiquero; o en un escenario más serio, una taza mal usada puede convertirse en seria amenaza para la salud. Cuando las tazas "no funcionan" el rumor se expande muy rápido, propiciando la idea negativa de que una tecnología o un sistema no conocidos pueden resultar extremadamente "difíciles de manejar".

Estrategias de promoción

No importa que tan efectivo pueda parecer un sistema eco-sanitario, porque su éxito a largo plazo dependerá de la confianza que éste goce por parte de los usuarios potenciales. Para que el sistema forme parte integral de la cultura local debe demostrarse primero que funciona y debe ser aceptado por los líderes locales reconocidos y los generadores de opinión. Una visita a un sanitario eco-sanitario que funciona bien en una casa vecina es una de las mejores maneras de convertir a los incrédulos.

Las familias clave pueden ser un valioso mecanismo para introducir los conceptos eco-sanitarios a la comunidad. Si estas familias clave están contentas con el sanitario, la voz se corre rápidamente. Hay que persuadirlas para que desarrollen el trabajo conjunto y el aprendizaje común basado en las experiencias compartidas, éxitos y fracasos. Inicialmente este apoyo mutuo puede ser útil para evitar la sensación de ridículo y el rechazo por parte de otros miembros de la comunidad.

En general, es mejor trabajar a través de organizaciones de base exitosas y reconocidas en la comunidad. Estas organizaciones usualmente están comprometidas para que la transformación beneficie a todos y al medio ambiente. También podrían haber iniciado el análisis de la situación local (y más general) y desarrollado mecanismos para superar problemas colectivamente; y quizá tendrán ya la capacidad social y política para enfrentar resistencias al cambio dentro de la comunidad.

Selección y adaptación de la tecnología

En la promoción del sistema eco-sanitario también es importante ofrecer un enfoque alternativo y persuadir a los usuarios para que seleccionen la opción más apropiada a su comunidad. Para hacerlo, se deberá tener acceso a toda la información relacionada con las ventajas y desventajas de cada una, incluyendo las implicaciones a largo plazo para la salud y el medio ambiente.

Los sistemas eco-sanitarios basados en la deshidratación o la composta deben promoverse como alternativa viable de largo plazo – no como una tecnología "intermedia" – frente a los sistemas sanitarios convencionales. Por ejemplo, en algunas partes de América Latina, las "letrinas" secas se ofrecen como una solución sanitaria (ríos rurales) con la desafortunada implicación de que son "sanitarios de pobres", de alguna manera inferiores al sanitario de flujo y descarga.

Especialmente cuando las tecnologías han sido adoptadas de otras culturas y condiciones físicas, es importante implicar a los usuarios locales en una fase piloto a través de la cual el nuevo sistema se prueba y modifica para adecuarse a las prácticas y condiciones locales. El éxito y la permanencia natural a largo plazo dependerán de la efectividad de esta etapa.

El sanitario de doble cámara vietnamita ha sufrido una serie de adaptaciones para adecuarse a las circunstancias de América Latina. Por ejemplo, la taza desviadora de orina se desarrolló primero en Guatemala para confortar las expectativas de la cultura local, en la que se prefería la taza y no la losa para acuclillarse. El proyecto Sydot Sec en México (sección 3.2.3) se ha inspirado en una serie de ideas, en las que se incluye el Clivus Multrum, el sanitario de doble cámara vietnamita y los experimentos de Uno Winblad con los calentadores solares en Tanzania, en 1974-1977.[9]

Finalmente, la instalación de sanitarios de demostración en lugares públicos como escuelas, o cerca de las clínicas, usualmente fracasa, ya que, normalmente, nadie toma la responsabilidad por los sanitarios públicos. El riesgo es mayor aún en el caso de los sanitarios eco-san que requieren, a diferencia de las letrinas convencionales, de más atención y mantenimiento por parte de los usuarios.

Diseño del programa por fases

La historia de la transferencia tecnológica está llena de experiencias que fracasaron porque los encargados de la planificación o los políticos fueron demasiado rápido, sin poner cuidado a la participación y la comprensión. Eco-san no es la excepción.

Es aconsejable iniciar con proyectos piloto, a pequeña escala, en los que se pueda acceder a los diferentes aparatos eco-san. Durante la fase de demostración, los aspectos sociales del enfoque pueden afinarse mientras se comprueba a una audiencia más amplia que la tecnología funciona. Finalmente, como ya lo mostró César Añorve en México, una difusión amplia requiere de un producto accesible y atractivo, de alianzas estratégicas para promover un cambio holístico de visión y una reforma normativa. Finalmente tiene que haber un seguimiento regular para vigilar los aspectos experimentales y para asegurar que los ajustes necesarios y las modificaciones se realicen.

4.5.2 Educación y capacitación para los facilitadores eco-san y la comunidad

Generalmente, para asegurar que la gente implicada asuma el compromiso necesario y la capacidad para establecer, operar y mantener un sistema eco-san, es necesario el reclutamiento y la preparación de un grupo de facilitadores o promotores eco-san. Esta gente puede tener su origen dentro de la comunidad o ser parte de una institución, como voluntarios o con paga. Con frecuencia serán encargados de programas que en primera instancia se orientan hacia otras áreas, como el agua, la salud, la agricultura o el medio ambiente. De hecho, los equipos interdisciplinarios o pertenecientes a diversas institucionales pueden ser más efectivos para establecer programas eco-san sustentables y deben ser persuadidos en esta dirección. (Ver “Estrategias integradas y sociedades”)

Para el buen pertrecho de un equipo de facilitadores eco-san, se necesita un balance de tres estrategias educativas complementarias: aprendizaje participativo, información compartida y capacitación. El grado de énfasis dado a cada estrategia dependerá de las circunstancias o de la cultura específica. Por ejemplo, el aprendizaje participativo será esencial en los casos donde no se acepta o es poco usual la desviación de la orina y el concepto del reciclaje de la excreta humana. Por otro lado, en comunidades motivadas con poca o ninguna resistencia o tabú relacionado con la desviación de la orina o el reciclaje, simplemente necesitará información de las opciones accesibles y la capacitación específica sobre la construcción de unidades y su vigilancia. Cualquiera

Recuadro 4.2 San Luis Beltrán

San Luis Beltrán es un barrio periurbano ubicado al norte de la ciudad de Oaxaca, México. Los habitantes de San Luis siempre han esperado un sistema completo de drenaje, pero los recursos que requiere están mucho más allá de lo que ellos o el municipio puede pagar. A finales de los años ochenta un técnico del Centro de Innovación en Tecnología Alternativa (CITA), una ONG nacional, logró convencer a unas pocas familias de instalar sanitarios secos con desviador de orina. Para comenzar, se construyeron 35 unidades con el apoyo de la Secretaria de Obras Públicas. "Primero dudamos que funcionaran" dijo Don Jerónimo, presidente del comité local, "pero cuando la gente empezó a ver por sí misma que funcionaban, sin pestes y sin moscas, entonces se interesaron en tener su sanitario seco propio."

Motivados por este éxito, los ciudadanos pudieron conseguir el apoyo del presidente municipal para construir otras 140 tazas. En sólo dos años San Luis fue la primera comunidad en el estado, y quizá en el país, en resolver, de una vez por todas, el problema de la disposición de excretas. Cinco años más tarde, convencidos de los beneficios de un sistema seco, los habitantes de San Luis Beltrán rechazaron la oferta de las autoridades municipales para construir un sistema de drenaje convencional.

No fue simplemente la preocupación por el medio ambiente lo que motivó a la gente a adoptar un sistema seco de saneamiento. Su interés estaba enfocado en evitar una confrontación con sus vecinos de "abajo". Estaban al tanto de los serios conflictos originados en casos similares, donde una comunidad acabó recibiendo las aguas negras brutas de sus vecinos de "arriba".

Desde que los sanitarios secos se introdujeron en San Luis, el río está claramente menos contaminado, y sus aguas son más seguras. La actitud de la gente también cambió: ahora nadie está interesado en el drenaje convencional. La gente está contenta con la efectividad de los sanitarios secos y se pasan el tiempo mejorándolos, ya que su uso es muy cómodo.

El sistema de saneamiento ecológico que se usa en San Luis Beltrán llamó la atención de Clara Sherer, esposa del gobernador de Oaxaca y presidenta de la Dirección Integral de la Familia (DIF) estatal. La Sra. Sherer decidió promocionar los sanitarios secos y ahora pueden contarse unos 27,000 sanitarios ecológicos registrados en el estado.

César Añorve (1998), comentario personal.

que sea la combinación, es particularmente importante conservar una orientación holística e interdisciplinaria que permita integrar eco-sanitarios al estilo de vida de los usuarios y su cultura local.

CAPÍTULO 5. UNA VISIÓN PARA EL FUTURO

En los capítulos anteriores explicamos lo que sabemos de los sistemas *eco-san*, sus fortalezas y sus debilidades. Dependiendo del tipo de vivienda, hemos sugerido cómo seleccionar, diseñar y manejar un sistema sanitario ecológico. También hemos compartido nuestros conocimientos acerca de la promoción y el apoyo necesarios para que operen con éxito. Sin embargo, ¿cómo operar un sistema *eco-san* a gran escala, por ejemplo, en un pueblo o ciudad? y ¿cómo lograr un manejo seguro e higiénico del producto final para que beneficie a la sociedad y el medio ambiente en su totalidad?

Hay algunos ejemplos a gran escala que permiten derivar algunas conclusiones; sin embargo, el uso de este sistema a nivel urbano depende de la capacidad que tengamos para visualizar su forma de operación.

5.1 La visión

Las ciudades típicas de los países en desarrollo presentan áreas donde se dispone de todos los servicios modernos, zonas empobrecidas y marginadas, con un crecimiento acelerado de asentamientos irregulares y áreas periféricas rurales con granjas y viveros. También es típico que estas ciudades carezcan críticamente de agua limpia y por ello están – o deberían estar – muy preocupadas por preservar la calidad de sus mantos freáticos y aguas superficiales. Los gobiernos municipales de los países en desarrollo y la mayor parte de la población que habita en las ciudades y sus zonas conurbadas, no cuentan con muchos recursos económicos. Además, estas ciudades padecen de áreas sobrepobladas, carentes de cualquier planeación y ubicadas en terrenos poco accesibles, con calles estrechas y poco espacio entre sus casas.

Imaginemos una ciudad típica, con estas características, pero con un gobierno municipal progresista. El gobierno de esta ciudad se preocupa efectivamente por el bienestar de todos los ciudadanos y trata de conciliar intereses. Además, sus dirigentes toman en serio la *Declaración de Río* y tratan de tomar decisiones razonadas, basadas en los principios de equidad, sustentabilidad y conservación de la calidad del medio ambiente. Buscaron soluciones al problema de las condiciones precarias de sanidad y rechazaron el uso de un sistema centralizado de aguas residuales; ya que, por un lado, no cuentan con el agua necesaria para descarga y, por otro, carecen de los fondos para el alcantarillado, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento. Debido a la preocupación existente por la calidad de los mantos freáticos, tampoco optaron por el uso de letrinas convencionales o inodoros. Además, les interesa echar mano de los recursos locales y desarrollar capacidades propias – ambos aspectos importantes para lograr la sustentabilidad – y evitar la dependencia del apoyo externo, sea en forma de materiales, partes o financiamiento.

En su búsqueda, los dirigentes de la ciudad se percataron de la necesidad de un sistema sanitario útil para todos los ciudadanos que no fuese tan caro. Para seleccionar el sistema tomaron en cuenta: condiciones climáticas, topográficas y de mantos freáticos, densidad de la población, patrones de asentamiento, creencias y hábitos de defecación.

Optaron por un sistema sanitario basado en el manejo no centralizado de excreta humana y desechos orgánicos. El mantenimiento, que recae en los miembros de las familias, se aligera con la contratación de servicios y la recolección comunitaria. Para ello, cada barrio cuenta con un centro de reciclado para metal, papel, plástico, vidrio y desechos orgánicos provenientes de las cocinas y jardines, además de la excreta humana. Es un sistema *eco-san* que permite reciclar con seguridad los desperdicios orgánicos de la cocina, además de orina/excreta humana limpia, que se transporta a las hortalizas de la ciudad y las granjas en las áreas conurbadas. La taza de sanitario (el aparato) diseñada con desviador de orina y cámara de tratamiento es parte integral del sistema, separa la orina de las heces saneadas.

Se echó a andar el sistema y se establecieron centros de reciclado en cada barrio. Hay trabajadores que recolectan periódicamente la orina y desechos orgánicos de la cocina; la periodicidad de la recolección se estableció de acuerdo con la comunidad. Los productos fecales saneados se recolectan cada seis meses; se sacan de los sanitarios y se transportan a los centros de reciclado. Después del primer tratamiento local (deshidratación), disminuye considerablemente el peso de las heces parcialmente saneadas y su manejo es seguro e inofensivo para los trabajadores; ello facilita la recolección, especialmente en los barrios con calles angostas donde el retiro y transporte del material procesado se hace con bicicletas y carros tirados por bestias.

En el centro de reciclado, las heces parcialmente saneadas reciben un segundo tratamiento de composta a alta temperatura, para garantizar la destrucción total de patógenos.

La orina, por su parte, se almacena cerca del sanitario y se utiliza para el jardín de la casa o el sistema de cultivo de hortalizas en el techo de los hogares (ver recuadro 2.1).

El excedente de orina, o la orina que no se desea utilizar en la propia casa, se recolecta semanalmente, se almacena en tanques del centro de reciclado hasta que sea saneada para finalmente vendérselo como líquido fertilizante a los viveros y granjas de la ciudad y zona conurbada. Durante la época de frío, los invernaderos donde se cultiva verdura demandan la orina como fertilizante.

Las heces saneadas se venden como acondicionador de suelo. Se ha visto que este producto es tan bueno como los fertilizantes industrializados, y mucho más barato. El ingreso proveniente de la venta del producto a los agricultores y horticultores sirve como un fondo de inversión para pagar salarios en el centro de reciclado, por ello, las familias no tienen que pagar nada por el servicio de recolección de desechos. Cada centro de reciclado crea un buen número de plazas de trabajo para los residentes locales.

Todo el sistema se apoya en programas de educación y capacitación, tanto para las familias como para los trabajadores en el centro de reciclado. A estos últimos se les capacita para que a su vez entrenen a las familias, además de considerar seriamente el seguimiento. Si al momento de hacer la recolecta detectan algún problema en la unidad sanitaria de la familia, parte de su trabajo es hablar del problema con el propietario para tratar de corregir la situación. Además, el gobierno municipal hace un seguimiento regular de los centros de reciclado en los barrios y la vigilancia del producto final usado como fertilizante.

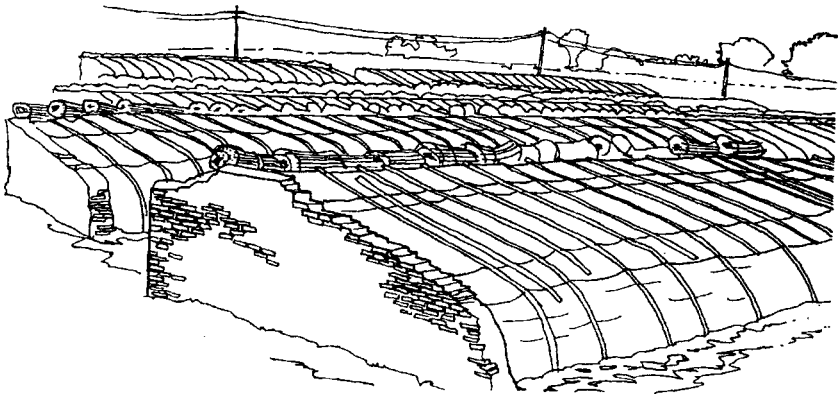


Figura 5.1 *La producción de verduras en invernadero necesita de la orina como fertilizante, durante la época de frío.*

Hay un período de prueba de la orina y las heces saneadas. Esto se realiza por razones de salud pública.

Un beneficio adicional al programa de formación para el manejo del nuevo sistema sanitario es que se trabaja sobre los aspectos del saneamiento. Se pone atención especial a la higiene en manos y alimentos, así como al cuidado de los niños y bebés para prevenir enfermedades diarréicas. Otro beneficio para la comunidad es el uso de métodos participativos, particularmente en la planeación de los centros de reciclado. Posteriormente, la comunidad puede echar mano de dichos métodos para enfrentar otros aspectos del desarrollo.

5.2 Ventajas del saneamiento ecológico

De realizarse esta visión del saneamiento ecológico, habría incontables beneficios para el medio ambiente, los hogares y sus miembros, lo mismo que para los municipios. A manera de conclusión de este libro, hacemos un resumen de estos beneficios.

5.2.1 Beneficios para el medio ambiente

Si el saneamiento ecológico se pudiera adoptar a gran escala, nuestros mantos freáticos, ríos, lagos y mares estarían libres de contaminación fecal; el consumo de agua se reduciría y los agricultores requerirían de menos fertilizantes industrializados caros que, además, tienen el inconveniente de filtrarse a los mantos freáticos y contribuir a la degradación del medio ambiente.

Eco-san permite utilizar el alto valor de fertilización de la orina. Los 400/500 litros anuales de orina que produce una persona contienen nutrientes para producir 250 Kg de grano, cantidad suficiente para alimentarla durante un año. La orina es rica en nitrógeno, fósforo y potasio. Noventa por ciento del valor fertilizante de las heces humanas se encuentra en la orina.[1] Este recurso puede manejarse más fácil y con mayor seguridad si se separa previamente de la excreta; puede diluirse con agua y suministrarse directamente en hortalizas y campos de cultivo o bien almacenarse en tanques para su uso posterior.

Eco-san también nos permite recuperar el valor fertilizante de las heces, que pueden convertirse así en un valioso acondicionador de suelos. Sin embargo, las heces también pueden contener microorganismos peligrosos. Antes de reintegrarlas al suelo, hay que destruir dichos organismos patógenos. Separar las heces de la orina o agua, facilita la destrucción de los patógenos y hace que el manejo de la excreta sea seguro, fácil y barato.

El reciclado a gran escala puede revitalizar la agricultura urbana y rural. Llevar periódicamente orina y excreta humana procesada a las zonas rurales asegura la recuperación de nutrientes en los suelos, lo que redundará en un incremento impresionante de la productividad. Un estudio realizado en Suecia demostró que el contenido de nutrientes del material obtenido en los sanitarios de composta era igual al del estiércol y que, en algunos casos, era superior.[2]

El reciclado a gran escala podría reducir el efecto invernadero. Esto sería posible si el reciclado de excreta humana a gran escala fuese parte de un programa integral para incrementar el contenido de carbono en el suelo. Los cambios climáticos se atribuyen al bióxido de carbono (CO^2) en la atmósfera; por ello, los esfuerzos para resolver el problema se han centrado en la reducción de emisiones de CO^2 liberado por el consumo de combustibles fósiles y la destrucción de las selvas. Recientemente, sin embargo, los científicos comienzan a orientar sus esfuerzos a la posibilidad de que los suelos absorban el carbón atmosférico excedente (ya que en éstos el carbón se almacena en forma de humus y materia orgánica en descomposición). Hay una serie de factores que contribuyen a la acumulación del carbono en los suelos, y el retorno del excremento humano saneado a las tierras degradadas podría jugar un papel significativo en este proceso, pues al elevar la fertilidad del suelo se incrementa el crecimiento de las plantas y con ello la absorción de CO^2 en la atmósfera (a través de la fotosíntesis). Duplicar en cien años la cantidad de carbón en suelos no boscosos – que debido a la erosión sólo es de 1 a 2% –, redundaría en el balance del incremento anual neto de carbón atmosférico durante el mismo período.[3]

5.2.2 Ventajas para las familias y los barrios

Si se les da mantenimiento y se hace un manejo adecuado a los sistemas *eco-san*, éstos no producen malos olores ni moscas o cualquier otro tipo de insecto. Esta es una gran ventaja sobre las letrinas convencionales. La orina y las heces no entran en contacto, por lo que no hay hedor y el nivel de humedad es tan bajo que no permite el criadero de moscas.

Una objeción frecuente a la letrina convencional es que los niños pequeños pueden caerse al hoyo y morir. Los sistemas *eco-san* no presentan ese riesgo debido a que no tienen gran profundidad ni conservan la humedad y además generalmente se construyen por encima del nivel del piso.

No importa el grado de degradación del ambiente: una familia puede mejorar considerablemente sus condiciones de vida si adopta un sistema *eco-san*. No hay que esperar a que las autoridades lleguen e instalen un sistema de alcantarillado. La taza de sanitario (el aparato) en sí misma puede resultar barata y su construcción no es difícil. Las familias pueden gozar de manera inmediata las ventajas de intimidad, conveniencia y estética, aparte de evitar los malos olores y el criadero de moscas. El sanitario estaría construido anexo a la vivienda o incluso dentro de ella (aunque fuera pequeño). Esto es particularmente importante para las mujeres. Las familias que habitan en áreas donde

no hay acceso a sanitarios y practican la defecación al aire libre, pueden mejorar las condiciones de su barrio en forma impresionante.

Los beneficios que un sanitario tiene para la salud no se utilizan como elemento de publicidad ni de aceptación entre el público. Sin embargo, es posible que algunos consumidores encuentren atractivo saber que una parte significativa de su comunidad puede mejorar en términos de sanidad (por ejemplo, reducir la incidencia de diarrea o parásitos) y con ello mejorar la salud de los niños y su desempeño en la escuela.[4]

También puede mejorar la nutrición de la familia con el reciclado de la orina y las heces, pues además de obtener verduras y hortalizas en los patios, puede hacerse en los techos y balcones (ver recuadro 2.1) o incluso en las paredes (ver recuadro 2.2). El valor de la orina reciclada como fertilizante y las propiedades de las heces descompuestas para mejorar el suelo pueden producir buenos cultivos, incluso en suelos deficientes o con la horticultura sin suelo.[5] Nuevamente, esto es muy importante para las mujeres, pues tradicionalmente son las responsables de la alimentación familiar.

El diseño de algunos sanitarios *eco-san* los hace ligeros y portátiles. Por lo general, los terrenos ocupados por personas de escasos recursos no son de su propiedad y están en riesgo constante de desalojo, por ello no ven conveniente invertir mucho en una infraestructura que, después o eventualmente, tendrían que dejar. Desde el enfoque de *eco-san,* es posible acceder a tazas de sanitario prefabricadas y portátiles. Esto se ha convertido en un punto de promoción muy importante para la venta de las unidades que produce *Tecnología Alternativa S. A.* en la Ciudad de México (ver sección 3.2.3).

Vaciar letrinas convencionales, lo mismo que el fango de los tanques sépticos, no sólo es una operación sucia, sino cara y técnicamente difícil. En muchos asentamientos informales, los camiones que realizan la limpieza del alcantarillado simplemente no entran en las calles estrechas ni pueden sortear las irregularidades del terreno. De retirar manualmente el contenido, el fango tiene un hedor muy desagradable, está mojado e implica peligro para los trabajadores. Los sistemas *eco-san* basados en la deshidratación o descomposición reducen el volumen del material que se maneja y transporta, además está seco y su apariencia es similar a la tierra, completamente inofensivo y fácil de manipular. Como el aparato se construye por encima del suelo, es fácil acceder a las heces, y en caso de requerir un segundo tratamiento para destruir organismos patógenos su manejo es sencillo.

En algunas zonas las condiciones del subsuelo y los mantos friáticos son un problema. En efecto, en algunas áreas el subsuelo es demasiado duro para excavar, mientras que en otras los mantos friáticos están muy superficiales. Ambos problemas condicionan la construcción de letrinas convencionales, letrinas ventiladas mejoradas (*VIP*) o inodoros.

Ya que los sistemas *eco-san* se construyen por encima del nivel del piso, pueden instalarse en cualquier lugar donde se construye una casa. No hay riesgo de que se desplome, no amenaza los cimientos de la vivienda y no contamina los mantos friáticos.

No es extraño escuchar que un buen sanitario debe usar agua. Esto se debe a que muchos sistemas sanitarios dependen de ella para sacar las heces y orina del lugar donde se generan. La mayoría de los sistemas *eco-san* no requieren agua. De hecho, ésta puede resultar peligrosa para el buen funcionamiento de muchos diseños.

Figura 5.2 *Un barrio con un sistema sanitario ecológico. Cada casa habitación cuenta con un sanitario de composta o deshidratación anexo. La taza de sanitario desvía la orina y la cámara de tratamiento tiene un calentador solar. Trabajadores municipales recolectan orina y heces procesadas, lo mismo que los desechos de la cocina, en la primera fase, para depositarlos en el centro de reciclado del barrio.*

De la población que vive en los países en desarrollo, más de la mitad carece de un sistema sanitario para manejar la excreta humana. Ahí esta el mercado y la demanda para aparatos apropiados, es decir, que no requieran de mucho equipamiento ni tecnología de punta. Si se considera que la mitad de la población en estos países está desempleada, una ventaja de las tazas de sanitario *eco-san* es que pueden crear plazas de trabajo; ya sea en la construcción de las unidades o en la recolección de orina y heces saneadas. Los productos pueden venderse a los agricultores, o bien los miembros de la familia pueden hacer uso de ellos para cultivar alimentos. Hay toda una microeconomía en potencia que puede desarrollarse a partir de un sistema de sanidad ecológica, especialmente en las zonas urbanas.

5.2.3 Ventajas para las municipalidades

Las municipalidades en todo el mundo enfrentan día con día mayores dificultades para proveer de agua a familias, en colonias enteras. En muchas ciudades el agua se raciona y su aprovisionamiento dura sólo unas horas a la semana. Las familias con recursos económicos almacenan el agua en grandes cisternas, mientras que las de escasos recursos se abastecen cotidianamente en las tomas públicas. Los sistemas *eco-san* no utilizan este recurso tan escaso y pueden contribuir a un reparto más equitativo, entre ricos y pobres.

El incrementar la cobertura sanitaria es otra ventaja muy importante de los sistemas *eco-san*, además de que pueden hacerlo más rápido que cualquier otro sistema. Para los gobiernos municipales es una gran ventaja porque, día con día, reciben más presiones para dar cobertura sanitaria a toda la población. Ahora bien, no es extraño que gobiernos municipales con voluntad política enfrenten severas limitaciones debido a la escasez del agua y/o dinero (para sistemas de flujo y descarga); o falta de espacio y

dificultades con el subsuelo y los mantos friáticos (para sistemas de caída y depósito). Las opciones *eco-san*, como las presentadas en el capítulo 3, están al alcance del bolsillo de los pobres y no tienen costos ocultos para su operación y mantenimiento. En la mayoría de los casos no se requiere de excavación ni es necesario depender de sistemas de tubería. Además, las unidades no despiden malos olores y pueden instalarse en cualquier lugar, incluso dentro de la casa habitación, o en un edificio de varios pisos. Aquí se incluyen las áreas densamente pobladas. *Eco-san* puede resultar una alternativa barata frente a la expansión de sistemas convencionales de alcantarillado.

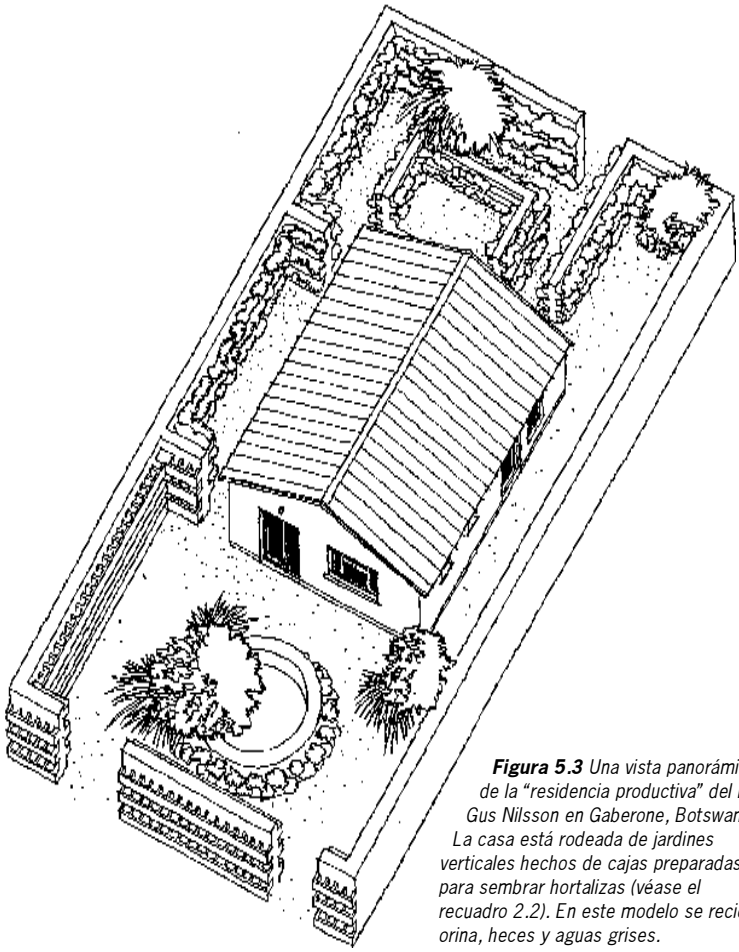


Figura 5.3 *Una vista panorámica de la "residencia productiva" del Dr. Gus Nilsson en Gaberone, Botswana. La casa está rodeada de jardines verticales hechos de cajas preparadas para sembrar hortalizas (véase el recuadro 2.2). En este modelo se reciclan orina, heces y aguas grises.*

Finalmente, los sistemas *eco-san* permiten, e incluso favorecen, el manejo no centralizado de los desechos urbanos, convirtiéndolos en un recurso. La carga que significa el garantizar un buen funcionamiento del sistema pasa del gobierno municipal, al barrio o la colonia, donde los ciudadanos pueden hacer un seguimiento de sus condiciones de operación y desarrollar acciones cuando sea necesario. Con ello, el gobierno municipal más bien desempeña un papel regulador cuya meta es garantizar la salud pública.

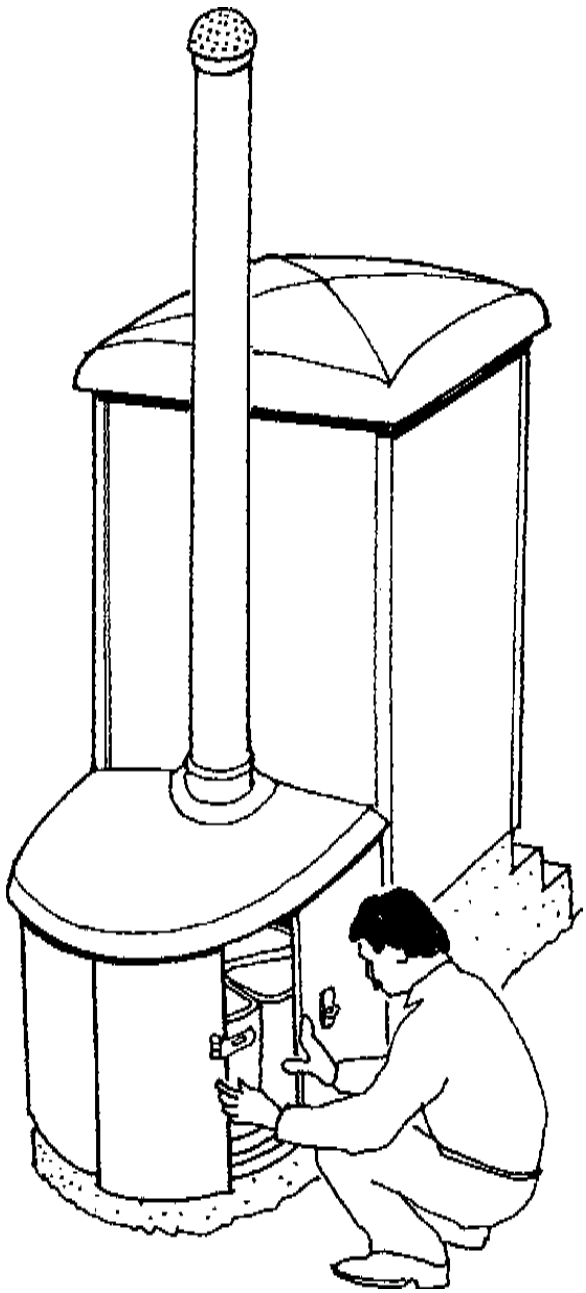


Figura 5.4 *Los sanitarios eco-san se construyen totalmente sobre la superficie. Este ejemplo es el de una unidad prefabricada que tiene una cámara de tratamiento con calentador solar y un depósito con piso giratorio.*

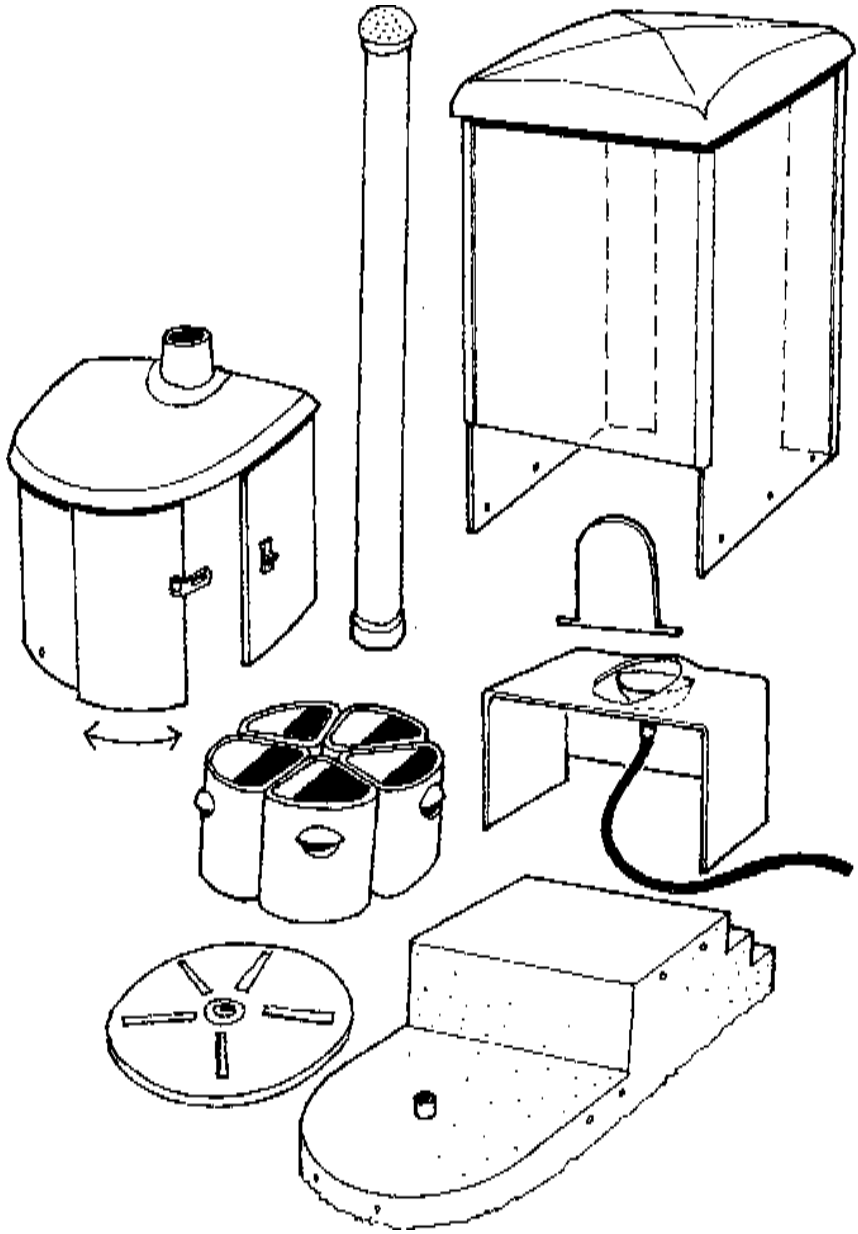


Figura 5.5 *Las piezas del sanitario que aparece en la figura 5.4.*

NOTAS FINALES

Capítulo 1: Introducción

(1) Union of Concerned Scientists (1992): *World Scientists' Warning to Humanity*, publicada en Washignton D.C., noviembre. También UNCH (1996): "Water Crisis to strike most developing world cities by 2010", *Habitat Press Release*, Nairobi. También UNDP: Habitat II, Dialogue III: *Water for thirsty cities*, reporte de un Diálogo, Conferencia de la ONU sobre Asentamientos Humanos, junio, Estambul.

(2) Niu Mao Sheng, Ministro de Recursos Hidráulicos, China, citado en Borown L.R. (1997): *Who will feed China?, Wake-up call for a small planet.* WW Norton & Co., Nueva York.

(3) UNCSD (1997): *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*, Economic and Social Council, quincuagésima sesión, del 5 al 25 de abril, E/CN.17199/9/, Nueva York.

(4) Cosner, P. y J. Thornton (1989): *We all live downstream - the Mississippi River and the national toxic crisis*, *Greenpeace*, Washington, D.C. También en Plate, A.E. (1995): "Dying seas", *World Watch*, 8 (1), Worldwatch Institute, Washington, D.C. También en Smayda, T. (1990): "Novel and nuisance phytoplankton in the sea - evidence for a global epidemic", en Graneli, E. *et al.* (edits.) *Toxic marine phytoplankton,* Elsevier Science Publishing House, Nueva York.

(5) Briscoe, J. y A. Steer (1993): "New Approaches to sanitation - a process of structural learning", *Ambio*, 22 (7), p. 456. Estocolmo. También en OMS (1997): *Environmental Health Newsletter*, 27, Suplemento, Ginebra.

(6) Véase un reciente estudio sobre la contaminación de los mantos freáticos causada por las letrinas convencionales: Stenström, T.A. (1996): "Water microbiology for the 21st century", ponencia presentada en el taller 3, *Stockholm Water Symposium*, 7 de agosto de 1996, Estocolmo. "La ubicación deficiente de las letrinas convencionales con relación a los pozos puede provocar una contaminación severa de microorganismos en los mantos freáticos. Se asumen viejas creencias sin tomar en cuenta factores importantes. Una distancia de 10 a 30 metros entre letrinas convencionales y pozos, en el mejor de los casos, se asume como correcta en muchos países en vías de desarrollo, pero sin considerar factores que pueden aumentar el riesgo real de contaminación. Para valorar y ejemplificar este hecho como ruta de transmisión, realizamos una serie de experimentos simples en los que se introdujeron bacteriófagos como bio-trazadores en diversas letrinas convencionales, en dos asentamientos periurbanos en África. Se demostró que la transmisión ocurrió sólo en días, bajo las condiciones prevalecientes, de las letrinas convencionales hasta los pozos, en distancias de hasta de 50 a 100 metros. Esto demuestra que, si bien los parásitos y las bacterias fueron retenidas de modo efectivo, no sucedió lo mismo con los virus."

Capítulo 2: Saneamiento y reciclaje

(1) Los patógenos (y enfermedades relacionadas con ellos) encontrados con mayor frecuencia en la orina son: *Salmonella Typhi* (paratifoidea), *Salmonella paratyphi* (fiebre paratifoidea), *Schistosoma haematobium* (esquistosomiasis). La *Salmonella typhi* y *paratyphi* se excreta en la orina y las heces y, en la mayor parte del mundo, los portadores fecales de corto plazo son más comunes que los portadores urinales. Los huevecillos del *Schistosoma haematobium* salen del cuerpo principalmente a través de la orina, pero penetran la piel después de un período de desarrollo fuera del cuerpo. Una descripción más completa de los patógenos arriba señalados y las enfermedades relacionadas puede consultarse, por ejemplo, en Beneson, A.S. (edit.) (1995): *Control of communicable diseases manual*, American Public Health Association, Washington, D.C.. También en Höglund, C. (1998): *Hygienisk kvalitet på källsorterad* (Calidad higiénica en orina separada) ponencia presentada en la *National VAV Conference*, Linköping, 2-3 de marzo de 1998.

(2) En los países en desarrollo se trata menos de 5% de aguas negras. Véase: World Resources Institute (1996): *The urban environment*, 1996-1997, Oxford University Press, Nueva York, p. 109.

(3) Para una reseña sobre la resistencia de la *Shigella*, véase: Tuttle, J. y R. Tauxe (1995): *Antimicrobial-resistant Shigella - the growing need for preventive strategies*, reporte de la CDC/ NCID. Infectious diseases in clinical practice, 2(1), pp.55-59. Los patógenos son ahora más resistentes a la desinfección del medio ambiente. Por ejemplo, el cloro ya no es efectivo en contra de los helmintos y protozoarios.

(4) Pueden consultarse estudios más profundos sobre estos factores y el período de vida de los patógenos en documentos diversos: Strauss, M. y U.J. Blumenthal (1990): *Use of human wastes in agriculture and aquaculture - utilization practices and health perspectives*, International Reference Centre of Waste Disposal (IRCWD), Dauebendorf, Suiza. También en Feachen, R.G., *et al.* (1983): *Sanitation and disease - health aspects of excreta and waste water management*, John Wiley & Sons, Chichestyer, Nueva York. Véase también Jenkins, J.C. (1994): *The humanure handbook - a guide to composting human manure emphasizing minimum technology and maximum hygienic safety*, Jenkins Publishing, Grove City, PA., EE.UU.

(5) Para la descripción de cada agente patógeno, incluida su epidemiología, supervivencia y características patológicas, véase Feachem, R.G., *et al.* (1983): *Sanitation and disease - health aspects of excreta and waste water*, John Wiley & Sons, Chichestyer, Nueva York.

(6) Markell, E.K., M. Voge y D.T.T. John (1986): *Medical parasitology*, WB Saunders Company, Philadelphia.

(7) Beneson, A.S. (edit.) (1995): *Control of communicable diseases manual*, American Public Health Association, Washington, D.C.

(8) Robertson, L.J., A.T. Campbell y H.V. Smith (1993): "Survival of *Criptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures", *Applied and Environmental Microbiology*, 58(11), pp. 3494-3500.

(9) Fayer, R. (1985): "Effect of high temperature on ineffectively of *Criptosporidium parvum* oocysts in water", *Applied Environmental Microbiology*, 60(8), pp. 2732-2735. Véase también Anderson, B.C. (1985): "Moist heat inactivation of *Cryptosporidium* sp.", *American Journal of Public Health*, 75(12), pp. 1433-1434.

(10) Armando Cáceres, CEMAT: comentario a nivel personal.

(11) Una serie de estudios fueron realizados por Reimers, R.S., *et al*. Acerca de la sobrevivencia de *Ascaris* bajo condiciones diversas en aguas residuales. Véase *Parasites in Southern sludges and disinfection by standard sludge*, (EPA-600/S2-81-166, octubre de 1981); *Investigation of parasites in sludges and disinfection techniques*, (EPA-600/S1-85/022, enero de 1986). También véase *Persistence of pathogens in lagoon-stored sludge*, (EPA-6000/S@-89/015, enero de 1990).

(12) King, F.H. (1973): *Farmers of forty centuries: permanent agriculture in China, Korea and Japan*, Rodale Press, Emmaus, PA, EE.UU. (publicado originalmente en 1909), Véase también Winblad, U. y W. Kilama (1985): *Sanitation without water*, edición corregida y aumentada, Macmillan, Londres.

(13) Matsui, S. (1977): "Nightsoil collection and treatment in Japan", *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources, 9, Asdi, Estocolmo.

(14) UNDP (1996): *Urban Agriculture*, Nueva York.

(15) Jönsson, H. (1997): "Assesement of sanitation systems and reuse of urine", *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources, 9, Asdi, Estocolmo.

(16) Jönsson, H., A. Olsson, T.A. Stentörm y G. Dalhammar (1996): "Källsorterad humanurin i kretslopp - en förstudie i tre delar" (Fuente de reciclado con orina humana separada: estudio piloto en tres partes), *VA-Forsk Report*, 96-03, Estocolmo (en Sueco, con un resumen al inglés).

(17)Olsson, A. (1995): *Källsorterad humanurin - förekomst och överlevnad av fekala mikroorganismer samt kemisk sammansättning* (*Orina humana separada: ocurrencia y sobrevivencia de microorganismos fecales y composición química*), Reporte 208, Departamento de Investigaciones en Ingeniería Agrícola, Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, Uppsala, Suecia.

(18) Jönsson, H., T.A. Stenström, J. Svensson y A. Sundin (1997): "Source separated urine - nutrient and heavy metal content, water saving, and faecal contamination", *Water Science and Technology*, 35(9), pp. 145-152. Otros investigadores encontraron que la adición de ácido inhibe el proceso de descomposición de la urea. Hay que aplicar el ácido antes de que el proceso de descomposición inicie. Véase: Hanaeus, Å., *et al.* (1996): "Conversion of urea during storage of human urine", *Vatten,* 52, pp. 263-270, Lund, Suecia. Un investigador vietnamita recomienda la aplicación de superfosfato para prevenir la evaporación de la amonia, véase Polprasert, C. (1981): *Human faeces, urine and their utilization*, ENSIC, Bangkok.

(19) Jönsson, H. (1997): "Assessment of sanitation systems and reuse of urine", *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources, 9, Asdi, Estocolmo. También véase Elmuist, H., L. Rodhe, M. Blomberg, B. Lindén y S. Steineck (1998): "Human urine and effluents from digestion of food refuse as a fertilizer to barley - crop yields, ammonia emission and nitrate leakage", ponencia presentada en la Octava Conferencia Internacional RAMIRAN Sobre Estrategias de Manejo de Desechos Orgánicos en la Agricultura, 26-29 de mayo de 1998, Rennes, Bretaña, Francia.

Capítulo 3: Saneamiento ecológico: prácticas tradicionales e ideas nuevas

1) El sistema sanitario destruye patógenos en cuatro fases (véase la sección 2.1.3). Idealmente, los patógenos se deben destruir en la primera cámara de tratamiento. Si este tratamiento no logra un producto sin patógenos, entonces debe pasar por un segundo tratamiento fuera de la cámara de tratamiento.

(2) McMichael, J.K. (edit.) (1976): *Health in the Third World —studies from Vietnam*, Spokesman Books, Nottingham. Véase también Polprasert, 1981: *Human faeces, urine and their utilization*: ENSIC, Bangkok.

(3) *ibídem*

(4) En 1998 *Sanres* inició un programa de prueba en colaboración con el Instituto de Suecia para el Control de las Enfermedades Infecciosas. Los resultados se publicarán en 1999-2000.

(5) Para los primeros prototipos de sanitarios con calentadores solares en México y Tanzania véase Winblad, U. y W. Kilama (19859: *Sanitation without water*, edición revisada y aumentada: MacMillan, Londres. Para el caso de los sanitarios con calentador solar en Vietnam véase Winblad, U. y T.A. Stenström (1997): *Pilot project in Cam Duc commune, Kan Hoa province —rapid assessment*, informe preparado para Asdi, Estocolmo.

(6) Gough, J. (1997): "El Salvador: experience with dry sanitation", *Ecological alternatives in sanitation*: Publications on Water Resources, No. 9, Asdi, Estocolmo. Entre 1996 y 1997 se analizó el contenido de los sanitarios en Tecpan. De diecinueve, diecisiete presentaron una textura de polvo fino, uno con textura pastosa y otro semi-pastosa. La media de los *faecal coliforms* en NP/g tuvo un valor de 4, mientras que en material pastoso fue de 2,400, el más alto que se haya reportado. Sólo uno de los sanitarios presentó quistes de *Ascaris*, pero cuando se les observó al microscopio ninguno de ellos era peligroso. Es posible que en esta comunidad no exista una presencia extendida de *Ascaris* (a la fecha está en marcha un estudio sobre la pervivencia del *Ascaris*). El rango pH estuvo entre 7 y 12, con un promedio de 10. En general, el contenido de humedad fue bajo, entre 8 y 38%. El valor de la media fue 13% y sólo cuatro muestras presentaron 20% de humedad.

(7) Kirkman, J. (1976): *City of Sana'a*: World of Islam Publishing Co. Ltd., Londres. También véase Lewcock, R., 1976: "Towns and buildings in Arabia—N. Yemen", en *Architectural Association Quarterly*, 8(1).

(8) Irma de Cal, comentario a nivel personal.

(9) En Salsbury Beach, Massachusetts, hay una instalación de *Clivus Multrum* (treinta y tres tazas de sanitario y seis mingitorios) que dan servicio a 20,000 personas al día. Su puesta en marcha se inició en 1996, el mismo año en que se terminó de instalar. Hay otro *Clivus Multrum* en Rhode Island, en Misquamicut Beach (con doce cámaras de tratamiento); tiene seis años de operación y ya se piensa en su ampliación. Ambas instalaciones son de propiedad pública, si bien su administración está a cargo de *Clivus New England Inc*. Ambas playas estuvieron cerradas al público debido a los problemas de contaminación, sin embargo, se reabrieron después de instalar el sistema de composta.

A la fecha hay negociaciones con algunos agricultores para que se encarguen de reciclar el líquido. El material sólido permanecerá en los tanques por diez años, antes de que pueda extraerse. Actualmente, en Estados Unidos están en funcionamiento varios miles de sanitarios públicos de composta: en parques nacionales, zonas de descanso en las autopistas y campos militares. Las normas para el rehuso del producto final varían de un estado a otro. Carl Lindström, 1998, comentario a nivel personal.

(10) Dudley, E. y U. Winblad (1994): *Dry latrines for urban areas—the findings of the 2nd Sanres Workshop*, Ciudad de México.

(11) Berry, G. y L. Crennan (1996): Trabajo que se presentó en el Taller *Eco-sustainable Sanitation*, San Salvador.

(12) Rapaport, D. (1995): *Sewage pollution in Pacific island countries and how to prevent it*, Center for Clean Development, Eugene, Oregón.

(13) Calvert, P. (1997): "Seeing (but no smelling) is believing — Kerala's compost toilet", en *Waterlines*, 15:3, pp. 30-32. También véase Calvert, P. (1998): *A positive experience with composting toilets in India —Kerala case study*, trabajo que se presentó en la *CSE Conference on Health and Environment*, Nueva Delhi, julio de 1998. Paul Calvert (1998), comentario a nivel personal.

Capítulo 4: ¿Cómo garantizar que funcione el saneamiento ecológico?

(1) Fondo de Inversión Social (1994): Diagnóstico y recomendaciones, proyecto letrinas aboneras, operaciones BID I y II, San Salvador.

(2) FIS, UNICEF y Ministerio de Salud (1995): Evaluación inédita del proyecto piloto del módulo de educación e higiene, San Salvador, El Salvador.

(3) Fittschen, I. (1995): *Water Management in the Ecovillage Toarp*, Departamento de ingeniería y recursos hidráulicos, Universidad de Lund, Lund, Suecia; y comentario a nivel personal de Janusz Niemczynowicz.

(4) Clark, G.A. (1997): "Dry sanitation in Morelos Mexico", *Ecological alternatives in sanitation*, Publications on Water Resources, 9, Asdi, Estocolmo.

(5) Dos ejemplos reciente en Suecia: El nuevo edificio de ciencias (1997) de la Universidad de Kalmar está equipado con un sistema ecológico de saneamiento para 500 estudiantes y 50 miembros del personal. El sistema cuenta con desviación de orina, compostaje con gusanos y tratamiento local de aguas grises. El jardín botánico *Bergianska*, en Estocolmo, tiene un sanitario para encargados y huéspedes con desviación de orina y una cámara de tratamiento con carrusel, para las heces.

(6) Günther, F. (1992): *Simplifying waste treatment by source separation*, Departamento de ecología sistémica, Universidad de Estocolmo, Suecia.

(7) Clivus, Multrum (1998): *Greywater - facts about greywater: what it is and how to treat it*, http://www.clivusmultrum.com /greywater.html

(8) Véase nota 14, capítulo 2.

(9) Haden, A. (1997): "Gender checklist for planning sanitation programmes", *Sanitation Promotion Kit*, Simpson-Hébert, M. y S. Woods (edits.), OMS y Water Supply & Sanitation Collaborative Council, Ginebra.

(10) Winbald, U. y W. Kilama (1985): *Sanitation without water*, edición corregida y aumentada, Macmillan, Londres.

(11) Sawyer, R., S. Wood y M. Simpson-Hébert (1998): *Phast step-by-step guide - a participatory approach for the control of diarrhoeal disease*, OMS, Ginebra.

Capítulo 5: Una visión para el futuro

(1) Sunblad, K. y M. Johansson (1997): *Ecological engineering in sewage management*, Coalition Clean Baltic, Estocolmo.

(2) Valdmaa, K. (1995): *Functioning of the 'Ecolet' biological compost toilet*, The Royal Agricultural College, Uppala, Suecia.

(3) Strong, M. y E. Arrhenius (1993): "Closing linear flows of carbon through a sectoral society —diagnosis and implementation", *Ambio*, 22(7), pp. 414-416.

(4) OMS (1997): *Strengthening interventions to reduce helminth infections*, Organización Mundial para la Salud, Ginebra.

(5) Véase por ejemplo Brown, L. R. *et al.* (1998): *State of the world*, Earthscan Publications Ltd. Londres. "Para los pobres en zonas urbanas, la composta es prácticamente un fertilizante y un reconstituyente de suelo gratuito, cuya producción requiere poco espacio, casi nada de equipo y muy poco trabajo. Un recurso tan valioso y barato, del que se puede disponer sin depender de proveedores externos, puede hacer una diferencia económica y de nutrición para la gente que habita en las zonas marginadas".

GLOSARIO

Asdi. Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional.

Aguas grises. También conocidas como aguas jabonosas, son producto de la limpieza personal y el lavado de alimentos y utensilios en la cocina.

Aguas negras. Agua utilizada para transportar la excreta humana.

Aguas superficiales. Agua de ríos, arroyos, lagos y lagunas.

ANADEGES. Autonomía, Descentralismo y Gestión, A.C.; organización no gubernamental en México.

Aparato. Sanitario, letrina o inodoro. Invento o instrumento que se utiliza para lograr un objetivo específico. En el caso de eco-san se utiliza para sanear excreta humana.

BID. Banco Interamericano de Desarrollo.

CCD. *Center for Clean Development*; organización no gubernamental en Estados Unidos.

CEDICAR. Centro de Investigación y Capacitación Rural, A.C.; organización no gubernamental en México.

CEMAT. Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropiada; organización no gubernamental en Guatemala.

Composteo, compostar. Proceso biológico por medio del cual cosas vivas (p.e. bacterias, hongos, lombrices de tierra, etc.) descomponen la materia orgánica para producir humus o ***composta***.

Cultura coprofílica. Cultura cuyas actitudes y creencias le permiten hablar de y aprovechar la excreta humana.

Cultura coprofóbica. Cultura cuyas actitudes y creencias le impiden hablar de y manejar la excreta humana.

Defecar. Acto por medio del cual se expulsan las materias fecales del organismo.

Deshidratar. Eliminar el líquido de una cosa; desecar.

CITA. Centro de Innovación en Tecnología Alternativa, A.C.; organización no gubernamental en México.

Eco-san. Saneamiento ecológico

Evapo-transpiración. Proceso mediante el cual el agua se pierde en el aire a través de las hojas de las plantas, el suelo y la superficie del agua.

Esquistosomiasis. Infestación de diversos tipos de helmintos (lombrices) del género *Schistosoma*.

Heces. Material sin digerir que se descarga por el ano.

Helmintos. Lombrices parásitas del género *Schistosoma*.

HPG. Huevecillos por gramo de *Ascaris Lumbricoides*.

Humus. Materia orgánica presente en los suelos que se ha descompuesto a tal punto que ha perdido toda su estructura original.

LASF. Letrina Abonera Seca Familiar (versión del sanitario vietnamita en América Central).
Mantos freáticos. Aguas no superficiales y que se encuentran a distintas profundidades.

Material secante/orgánico. Material rico en carbón o especialmente absorbente que se hecha al sanitario seco después de defecar.

Nutriente. Cualquier sustancia que proporcione nutrimento.

OMS. Organización Mundial de la Salud.

ONG. Organización no gubernamental.

Parásito. Organismo que vive en o sobre otro y se beneficia de ello; p.e. las lombrices intestinales.

Patógeno. Agente que produce enfermedades.

Pedestal, taza de. Base donde se coloca o incorpora el asiento de la taza en un cuarto de baño. Se utiliza en las culturas donde la gente se "sienta" a defecar.

Permeabilidad. Propiedad del suelo para dejar pasar líquidos.

PHAST. *Participatory Hygiene and Sanitation Transformation*. Enfoque participativo basado en la metodología SARAR. Promueve entre la comunidad una mejora integral en los aspectos de saneamiento ambiental y el cambio de comportamiento en relación con la higiene.

Protozoario. Seres vivos microscópicos compuestos por una sola célula.

Saneado de la excreta humana y desechos orgánicos. "El buen saneamiento es un estado de limpieza y un ambiente saludable y libre de contaminantes. El saneamiento es el proceso que logra y mantiene dicho estado ambiental." (OMS-*Collaborative Council Working Group on Sanitation Promotion*, 1995).

Sanear. Acción de limpiar (hacer higiénico) algo hasta el punto que no es fuente de enfermedad.

Sanres. Iniciales en inglés de un programa internacional de investigación sanitaria financiado por Asdi.

SARAR. Metodología participativa de educación no formal que promueve la confianza de los/las participantes en sí mismos/as, fortalece el trabajo conjunto, la capacidad creativa en el manejo de recursos, la planeación aplicada y la responsabilidad.

SIRDO. Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos.

Sistemas de drenaje convencionales. Sistemas centralizados para recolectar y transportar las aguas negras, grises y pluviales con o sin sistema de tratamiento. Estos sistemas generalmente funcionan por gravedad.

Taza de sanitario de pedestal. Aparato que a diferencia de una simple losa se levanta por encima del piso y responde a la práctica cultural de sentarse para "hacer del baño" en lugar de acuclillarse.

VIP. Siglas en inglés para designar la letrina ventilada mejorada (*ventilated improved pit latrine*).

ÍNDICE

A
aeróbico 58, 87
aire, corriente de
airear 33, 54
agricultura
4, 14, 16, 18, 44, 58, 60, 64, 74
aguas grises (aguas jabonosas) 58, 59, 77, 84
aguas negras
1, 2, 10, 14, 58, 62, 64, 81, 86
alimentos
9, 14, 39, 58, 61, 73, 76, 85
almacenado 9, 22, 33, 34
América Central 21, 22, 23, 25, 27, 44, 45, 56, 66, 68, 85
América Latina 2, 52, 63
amoniaco 17, 32
ANADEGES 15, 62, 85
anaerobio 87
andina, región 29
Añorve, C. 22, 24, 25, 63, 64, 67
aparato 5, 6, 7, 20, 50, 52, 61, 66, 72, 74, 75
aprendizaje participativo 65
Ascaris 12, 13, 81, 83, 85
Asdi 19, 68
aserrín 23, 29, 32, 53, 56
Australia 33, 36

B
bacteria 11
barrera 8, 9
Bilharzia 8
BID 48, 84, 85
Brasil 1
Botswana 18, 19, 77

C
C:N, relación de 33
caída y depósito, sistema de 3
cal 22, 23, 27, 28
calentador solar 27, 28, 37, 54, 76, 78, 83
cámara de almacenado 39, 40, 41
cámara de asimilación 39, 40, 41
cámara de tratamiento 13, 20, 23, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 38, 41, 45, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 58, 72, 76, 78, 82, 84
carbón 18, 31, 33, 39, 41, 43, 53, 74, 86
capacitación 25, 44, 48, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 72
Carrusel 36
CCD 39, 40, 41, 85
CEMAT 22, 68, 81, 85
ceniza 22, 23, 28, 53, 56
cero descarga 7, 39
CITA 64, 85
Ciudad de México 15, 18, 62, 75, 83
clima 5, 6, 29, 30, 31, 40, 43, 48, 50, 61
Clivus Multrum 33, 34, 35, 36, 44, 47, 63, 83
cocina, desperdicios orgánicos de la 47, 49, 54, 72, 76
composta 12, 13, 14, 15, 24, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 49, 53, 54, 56, 58, 63, 69, 72, 74, 76, 83, 84, 85
compostaje
11, 12, 14, 15, 49, 50, 54, 58, 60, 84
contaminación 1, 2, 3, 5, 9, 10, 14, 41, 58, 59, 60, 73, 80, 83
costo 3, 15, 16, 19, 20, 25, 26, 28, 36, 38, 43, 46, 55, 69
Cotopaxi 29
costumbres 60, 66
creencias 6, 20, 60, 66, 71, 80, 85
criterios 5, 7, 20
Cryptosporidium 12, 81
Cuernavaca 22, 24, 25, 49, 68
coprofílicas 44
coprofóbicas 44

CH
China 1, 16, 51, 52, 54, 61, 80, 82
chiquero 21, 46, 62

D
defecar 22, 56, 86
del Porto, D. 39
descomposición 4, 5, 6, 13, 18, 20, 32, 33, 34, 41, 43, 49, 53, 56, 58, 74, 75, 82
deshidratación 4, 5, 6, 8, 12, 13, 18, 20, 21, 26, 27, 28, 29, 41, 43, 49, 53, 54, 55, 56, 60, 62, 63, 66, 72, 75, 76, 87
desnutrición 1, 8, 12, 15

desviación de orina 14, 17, 27, 33, 43, 51, 84
diagrama "ANO-MANO-BOCA" 9
diagrama "F" 9
diarrea 8, 9, 10, 12, 75
digestor 32
diseño 21, 22, 36, 39, 44, 46, 48, 50, 51, 52, 57, 59, 60, 61, 62, 75
DOB 58
doble cámara 20, 21, 22, 25, 28, 29, 30, 39, 41, 42, 43, 44, 48, 55, 63, 68
drenaje 1, 2, 30, 50, 56, 64, 86

E
Ecuador 20, 28, 29, 30
educación 21, 22, 44, 48, 49, 55, 61, 66, 72, 84, 86
El Salvador 22, 23, 25, 27, 48, 54, 55 62, 65, 67, 68, 83, 84
empoderamiento 61
empresa privada 50
energía 29, 39, 52
Escandinavia 52, 56, 61
Estados Unidos 1, 33, 35, 36, 44 46, 54, 83, 85
Estocolmo 17, 19, 26, 80, 82, 83, 84
Europa 46
evapo-transpiración 17, 36, 38, 40, 41, 42, 52
evaporación 17, 28, 29, 33, 37, 39, 40, 41, 53, 54, 82
excreta 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 21, 22, 23, 27, 32, 35, 37, 39, 44, 50, 51, 59, 60, 61 65, 72, 73, 74, 75, 81, 85, 86

F
facilitadores 63, 64
fertilizantes 14, 15, 16, 17, 18, 69, 72, 73
fibra de vidrio 16, 24, 25, 37, 38
flujo y descarga, 1, 2, 10
fósforo 16, 18, 58, 73

G
Greenpeace 39, 40, 68, 80
Guatemala 13, 22, 58, 63, 68, 85

H
heces 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 20, 21, 22, 23, 26, 28, 2 9, 30, 31, 33, 34 , 35, 36, 41, 42, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 68, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 81, 84
hedor 25, 32, 43, 74, 75
helmintos 8, 81, 85
Hermosa 23, 24, 67
hortalizas 9, 15, 72, 73, 75, 77
horticultura 14, 75
huevecillos 5, 8, 11, 12, 13, 49, 53, 81
humedad 49, 51, 53, 56, 59
humus 12, 14, 18, 32, 33, 34, 35, 39, 53, 74, 85

I
India 1, 31, 32, 41, 45, 56, 83
infraestructura 5, 60, 75
insectos 33, 49, 58
instituciones 17, 27, 35, 50, 65, 66, 68, 69
invernadero 40, 73, 74

J
jardines 14, 58, 72, 77

K
Kerala 42, 83
Kiribati 38, 39

L
Ladakh 31, 32, 44
LASF 13, 22, 23, 24, 25, 27, 44, 45, 48, 85
lavado anal 30, 45
letrina compostera 54, 56, 68
letrina convencional 1, 6, 74
letrina ventilada 3, 44, 86
limo 11, 13, 56
limpieza anal 3, 53, 56, 88
líquidos 9, 18, 30, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 51, 52, 53, 86
lombrices 8, 11, 12, 33, 35, 53, 58, 85, 86
losa para acuclillarse 16, 20, 21, 22, 30, 31, 51, 52, 54, 56, 63
luz solar 11, 12, 37

M
manejo 13, 17, 20, 25, 33, 44, 46, 48, 51, 58, 59, 61, 65, 66, 67, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 86
Mantenimiento 22, 50
mantenimiento 5, 41, 43, 46, 48, 50, 57, 58, 63, 66, 67, 69, 72, 74 77
mantos freáticos 2, 3, 5, 71, 73, 80
Material secante 56, 86
material secante 20, 23, 53, 56
metales pesados 17
metodología participativa 65
métodos húmedos 13
métodos secos 8, 13
México 1, 75, 83, 85
Micronesia 40, 68
moscas 23, 25, 32, 74
Moule 57
mujeres 43, 45, 48, 61, 74, 75
municipalidades 76

N
naturaleza 4, 5, 6, 11, 14, 46, 50, 60, 61
Nilsson 19, 77
nitrógeno 16, 17, 18, 33, 53, 58, 60, 73
Noruega 36
Nueva Zelanda 36
nutrición 75, 84
nutrientes 3, 4, 5, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 33, 41, 53, 59, 60, 73, 74

O
Oaxaca 24, 64
olores 2, 3, 17, 20, 23, 25, 28, 31, 33, 37, 40, 49, 56, 57, 74, 77
ONG 15, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 86
Oriente Medio 1
orina 2
oxígeno 13, 33, 53, 56, 58

P
Pacífico del Sur 36, 39
Pacífico Meridional 38
papel higiénico 53, 54, 56
parásitos 8, 9, 10, 48, 49, 75, 80
paratifoidea 8, 80
participación 23, 48, 63, 65, 66, 67, 68, 89
patógenos 1, 3, 4, 5
pedestal 16, 20, 23, 24, 25, 26, 28, 33, 39, 41, 45, 86
periurbano 64, 69
pH 11, 13, 54, 83, 89
PHAST 86
piso falso 38, 39, 53
potasio 16, 18, 73
prefabricado 38
prejuicios 44
primer tratamiento 72
proceso 2, 4 , 5, 6, 7, 11, 13, 14, 18, 20, 25, 26, 27, 28,29, 31,32, 34, 35, 40, 41, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 59, 61, 65, 74, 82, 86
promoción 44, 48, 55, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 70, 71, 75
protozoario 12

Q
quemar 56

R
reciclado 7, 13, 14, 39, 41, 49, 60, 61, 72, 73, 74, 75, 76, 82
reciclaje13, 14, 17, 18, 28, 29, 65, 80
reciclar 4, 8, 14, 18, 50, 58, 59, 72, 83
recipiente 20, 26, 27, 36, 38
rehidratación 10
respiradero 29, 33, 38
retención 18, 54
Río 71
Rota 36

S
salmonela 11
Sana'a 30, 31, 83
saneamiento 44, 48, 49, 51, 53, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69
sanear 4, 50, 59, 60, 85
Sanres 16, 54, 68, 82, 83, 86
SARAR 65, 86
separación 4, 33, 39, 51, 52
separación de 51
servicio público 50
Sirdo Seco 37, 38, 63
sociedad 3, 5, 6, 50, 61, 71
Suecia 44, 47, 52, 58, 59
suelo 1, 2, 3, 4, 6, 9, 13, 14, 17, 18, 20, 29, 32, 33, 34, 35, 39, 41, 47, 59, 72,

74, 75, 84, 85, 86
suelos 14, 32, 73
sustentable 3, 5, 67

T
tabúes 6, 49, 51
Tanzania 27, 37, 63, 83
tapa 22, 27, 29, 37, 41
Tasmania 38
Tecpan 27, 28
temperatura 5, 11, 12, 13, 32, 33, 35, 37, 54, 59, 72
tercer tratamiento 13
tifoidea 8
tóxicos 58, 69
trabajo 38, 57, 61, 62, 66, 72, 76, 83,84, 86
transporte 13, 50, 53, 59, 60, 61, 67, 69, 72
tratamiento secundario 26, 27, 53
turba 32, 34

U
UNICEF 68, 84
urea 16, 17, 82

V
vecindario 67
ventilación 17, 20, 26, 29, 33, 37, 38, 49, 50, 56, 57, 58
ventilador 26
ventilación, tubo de 27, 29, 37, 56
Vietnam 20, 21, 22, 27, 44, 48, 49, 54, 61, 82, 83
VIP 3, 44, 75, 86
virus 8, 12, 33, 80
visión 3, 5, 63, 71, 73, 84
volumen 10, 13, 21, 22, 26, 34, 35, 41, 47, 53, 56, 60, 75

W
Winblad 19, 63, 82, 83
WM Ekologen 26, 27, 89
Wolgast 26

Y
Yemen 30, 31, 44, 45, 56, 61, 83

AUTORES

STEVEN A. ESREY (*epidemiólogo nutricional*).
Realiza estudios comparativos de los impactos que tienen sobre la salud las medidas para mejorar el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento.
Actualmente trabaja con UNICEF, Nueva York, Estados Unidos.
sesrey@igc.apc.org

JEAN GOUGH *(ingeniero sanitario)*.
Instrumenta programas de agua y saneamiento en América Central.
Actualmente trabaja con UNICEF, El Salvador.
jgough@hqfaus01.unicef.org

DAVE RAPAPORT (*ambientalista-activista)*.
Instrumentó proyectos de saneamiento con *Greenpeace* y el *Centre for Clean Development* (Centro para el Desarrollo Limpio) en el Pacífico Sur.
Actualmente trabaja con VPIRG, una ONG ambientalista en Vermont, Estados Unidos.
vpirg@together.net

RON SAWYER (*psicólogo)*.
Trabajó en el desarrollo del proyecto PNUD/PROWWESS y la iniciativa PHAST del Banco Mundial/OMS.
Actualmente trabaja con el grupo consultor internacional SARAR Transformación, S.C., Tepoztlán, México.
rsawyer@laneta.apc.org

MAYLING SIMPSON-HÉBERT (*antropólogo y médico)*
Promueve la sanidad en todo el mundo. Se encargó de la edición del libro *Sanitation Promotion* (*Promoción del Saneamiento*), publicado por OMS/WSSCC/Sida.
Actualmente trabaja como consultor para la promoción de la salud e higiene, Colorado, Estados Unidos.
phebert@cmn.net

JORGE VARGAS (*economista y sociólogo)*.
Instrumenta programas de vivienda en Costa Rica.
Actualmente cursa estudios de postgrado en Costa Rica y Estados Unidos.
jvcaam@sol.racsa.co.cr

UNO WINBLAD (*arquitecto y planificador)*
Realiza investigación y desarrollo de sistemas sanitarios innovadores para las zonas urbanas del Tercer Mundo.
Actualmente trabaja con el grupo consultor internacional WKAB, Estocolmo, Suecia.
uno.win@wkab.se

Urban and peri-urban areas in developing countries are among the worst polluted and disease ridden habitats of the world. Much of this pollution is caused by inadequate sanitation services. As cities expand and populations increase, the situation will grow worse and the need for safe, sustainable and affordable sanitation systems will be even more critical. Existing approaches to sanitation are neither viable nor affordable to the vast majority of people.

This book is about seeking new solutions in the form of 'ecological sanitation'. The book discusses what is currently known about ecological sanitation systems, their strengths and weaknesses. It gives advice on how to make such systems work with regard to the selection, design and management of devices as well as about the promotion and support aspects so necessary to their success.

The book is intended for all who share the will to explore new ways of tackling urban sanitation systems.