

Capítulo 18	385
El camino hacia adelante	
Linda Strande	
18.1	Introducción 389
18.1.1	Reconocimiento de la importancia del manejo de lodos fecales 388
18.1.2	Establecimiento de marcos y responsabilidades 389
18.1.3	Capacitación y difusión del conocimiento 391
18.1.4	Creación de modelos sostenibles de negocios y estructuras tarifarias 391
18.1.5	Implementación de metodologías integradas de planificación 392
18.1.6	Desarrollo de tecnologías apropiada 394
18.2	Caracterización de lodos fecales 394
18.3	Recolección y transporte 395
18.4	Tecnologías semicentralizadas de tratamiento 396
18.5	Tecnologías descentralizadas de tratamiento 396
18.6	Recuperación de recursos 397
18.7	Reflexiones finales 397
18.8	Bibliografía 398

La Situación Mundial

Linda Strande

Objetivos de aprendizaje

- Conocer en qué consisten los lodos fecales y cómo se diferencian de las aguas servidas.
- Comprender la magnitud del manejo de lodos fecales en el mundo.
- Entender la estructura del presente libro, dentro de los ámbitos de tecnología, gestión y planificación.
- Enterarse de otros documentos relacionados que son accesibles en el internet.

1.1 INTRODUCCIÓN

Existe una gran necesidad en todo el mundo de encontrar soluciones funcionales y sostenibles para el manejo de lodos fecales (MLF). Es un campo relativamente nuevo, pero está avanzando rápidamente y cada vez se le concede más importancia. Este capítulo ofrece una introducción al MLF y sus desafíos únicos, así como un resumen del enfoque sistémico para su implementación y operación. Al final, brinda un listado de recursos adicionales que están disponibles en el Internet.

1.2 ¿QUÉ SON LOS LODOS FECALES?

Los lodos fecales (LF) provienen de varios tipos de inodoros descentralizados que no están conectados a un alcantarillado. Pueden estar digeridos parcialmente o no, muy líquidos o semisólidos y resultan de la contención o tratamiento de combinaciones de excremento humano y aguas negras, con o sin aguas grises. Son muy variables en su consistencia, cantidad y concentración. Algunos ejemplos de estructuras descentralizadas que producen LF incluyen letrinas de pozo, baños públicos, tanques sépticos, letrinas llenadas de agua e inodoros secos. El MLF incluye su recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y uso o disposición final, todo ello realizado de forma segura.

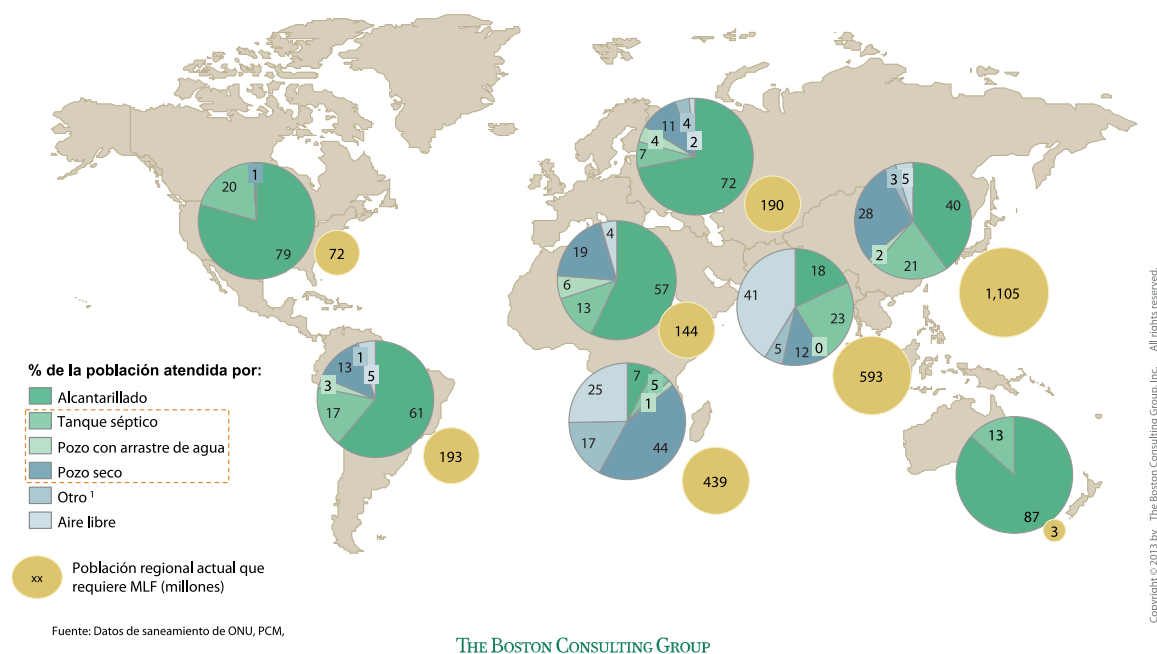
1.3 SU IMPORTANCIA MUNDIAL

Las necesidades sanitarias de más de 2,7 mil millones de personas alrededor del mundo son atendidas por estas tecnologías descentralizadas y se prevé que este número aumentará hasta 5 mil millones en el año 2030 (Figura 1.1). Es común pensar que estas tecnologías descentralizadas son aplicables solo en las áreas rurales, pero en realidad más de mil millones de estas estructuras existen en ciudades.

En muchas ciudades, las tecnologías descentralizadas tienen una mayor cobertura que los alcantarillados. Por ejemplo, en África Subsahariana, del 65 al 100 % del acceso a saneamiento en las ciudades se lleva a cabo mediante tecnologías descentralizadas (Strauss *et al.*, 2000). Sin embargo, a pesar de la enorme cantidad de personas que usan estas tecnologías en ciudades de ingresos medios o bajos, generalmente no hay sistemas establecidos para manejar los LF que se acumulan. Es evidente que el MLF representa una necesidad crítica que se debe afrontar y que seguirá cumpliendo un papel esencial en el manejo sanitario del futuro.

En el pasado, el MLF no era una prioridad para los ingenieros o las municipalidades y ha recibido poca o ninguna atención. Varias generaciones de ingenieros han considerado que los sistemas de alcantarillado con arrastre de agua son la solución más viable a largo plazo para cumplir con las necesidades de saneamiento y

~2,7 mil millones de personas en todo el mundo son atendidas por métodos de saneamiento que requieren el manejo de lodos fecales.



¹ 'Otro' se refiere a sistemas que no generan ni aguas servidas ni lodos fecales, como pozos temporales que después son enterrados (p.ej. ArborLoo).

Figura 1.1 Proporción de la población que es atendida por las diferentes tecnologías de saneamiento en cada región del mundo, con el rectángulo entrecortado anaranjado indicando las opciones que requieren MLF (Reproducido con el permiso del Boston Consulting Group, 2013).

las tecnologías descentralizadas eran vistas únicamente como soluciones temporales hasta poder construir los alcantarillados. Este criterio es el resultado de la eficacia de los alcantarillados en las ciudades de Europa y Norteamérica (donde usualmente el agua es muy abundante), de ciertos programas curriculares desactualizados de ingeniería y de la preferencia de los gobiernos y bancos de desarrollo en invertir en infraestructura de gran escala. Sin embargo, es poco probable que el desarrollo de redes convencionales y funcionales de alcantarillado vaya a la par con la rápida expansión urbana típica de los países de ingresos medios o bajos. Además, los alcantarillados y estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) construidos en estos países han fracasado frecuentemente. En el transcurso de los últimos 15 años, el pensamiento de los ingenieros del mundo ha comenzado a evolucionar y más personas consideran que las tecnologías descentralizadas no solo son viables a largo plazo, sino que posiblemente sean, por muchos factores, la alternativa más sostenible, en comparación con los sistemas de alcantarillado, que son demasiado caros y requieren demasiados recursos naturales. En las zonas urbanas, se ha demostrado que el costo de las tecnologías de MLF es hasta cinco veces menor que las soluciones convencionales de alcantarillados, según las condiciones locales (Dodane *et al.*, 2012).

Aumentar el acceso al saneamiento es una prioridad mundial. Uno de cada cinco niños muere actualmente de enfermedades relacionadas con diarrea – más que el total por SIDA, malaria y sarampión (UNICEF y OMS, 2009). Además de los beneficios para la salud, el saneamiento mejorado ayuda también a la economía; por ejemplo, el rendimiento de un dólar invertido en agua y saneamiento en países de bajos ingresos es de 5 a 46 dólares, dependiendo de la intervención (Hutton *et al.*, 2007). El progreso hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio ha tenido un gran éxito al aumentar el acceso al *saneamiento mejorado*¹, pero se debería ir más allá de la construcción de las estructuras descentralizadas. La promoción de las tecnologías descentralizadas ha reducido mucho la incidencia de defecación al aire libre, pero sin soluciones ni financiamiento para mantener su funcionalidad mediante un MLF adecuado, lo que ha ocasionado grandes impactos sobre la salud humana y ambiental. Las tecnologías descentralizadas representan opciones viables y alcanzables, pero solo si la cadena entera de servicios se maneja debidamente, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y uso o disposición final, todo realizado de forma segura. Sin un MLF establecido, cuando la estructura de almacenamiento se llena, los LF saldrán sin tratamiento, probablemente al ambiente local (Figura 1.2). Esto contamina el ambiente con patógenos, no provee ninguna barrera al contacto humano y, por lo tanto, no ofrece ninguna protección para la salud humana. Por ejemplo, en Dakar solo un 25 % de los LF que se

acumulan en instalaciones descentralizadas son recolectados y transportados a estaciones de tratamiento de LF (ETLF; BMGF, 2011). Cuando se desarrollan objetivos y proyectos de saneamiento, es primordial considerar el saneamiento aguas abajo, más allá del enfoque que se limita a solo instalar inodoros.

El manejo eficaz de los sistemas de MLF implica transacciones e interacciones entre una variedad de personas y organizaciones de los sectores público, privado y la sociedad civil en cada paso de la cadena de servicios, desde el usuario en su hogar, pasando por las compañías de recolección y transporte, hasta los operadores de las estaciones de tratamiento y los usuarios finales de los lodos tratados. Los sistemas de alcantarillado y el MLF pueden ser complementarios y coexisten frecuentemente en los países de bajos ingresos. Un ejemplo muy exitoso de este modelo de gestión encontramos en Japón, donde los dos sistemas funcionan frecuentemente en las mismas áreas urbanas (Gaulke, 2006).

La Figura 1.3 representa la cadena completa del servicio de saneamiento y MLF, la cual engloba el vaciado, la recolección, el transporte, el tratamiento y el uso o la disposición final de los LF. Factores como el diseño tecnológico, las opciones para interfaces de usuario, los métodos de recolección y almacenamiento para reducir sus volúmenes, son descritos más detalladamente en el Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento, disponible gratis en español e inglés en la página web de SANDEC (Tilley *et al.*, 2014). Los eslabones débiles de la cadena de servicios de MLF incluyen muchos factores, como: los hogares que no pueden afrontar el costo de los servicios profesionales de vaciado; camiones de recolección y transporte que no pueden ingresar a las calles y sendas estrechas; operadores que no alcanzan a pagar mucho transporte de LF hasta las estaciones de tratamiento; y la falta de lugares legítimos de descarga y tratamiento. Superar estos problemas y diseñar un MLF funcional y sostenible requiere un enfoque sistémico que analice cada paso en la cadena de servicios. Para avanzar hacia cadenas de servicio completas y funcionales de MLF, este libro desarrolla un enfoque integrado en el ámbito de sistemas, que incluye tecnología, gestión y planificación.



Figura 1.2 Salida de lodos fecales de una letrina de pozo directamente a un canal abierto de drenaje en Kampala, Uganda (izq.) y el vaciado antihigiénico de lodos de un tanque séptico a un hueco en la tierra al lado de una casa en Dakar, Senegal (fotos: Linda Strande).

¹ Meta 7C de los ODM: Reducir a la mitad el número de personas sin acceso a saneamiento 'mejorado'. Esto se define como sistemas que separan higiénicamente el excremento humano del contacto humano e incluyen: inodoros de arrastre de agua, conexión a un alcantarillado, conexión a un tanque séptico, letrinas de pozo con arrastre de agua, letrinas de pozo ventiladas y mejoradas ("VIP"), e inodoros composteros.

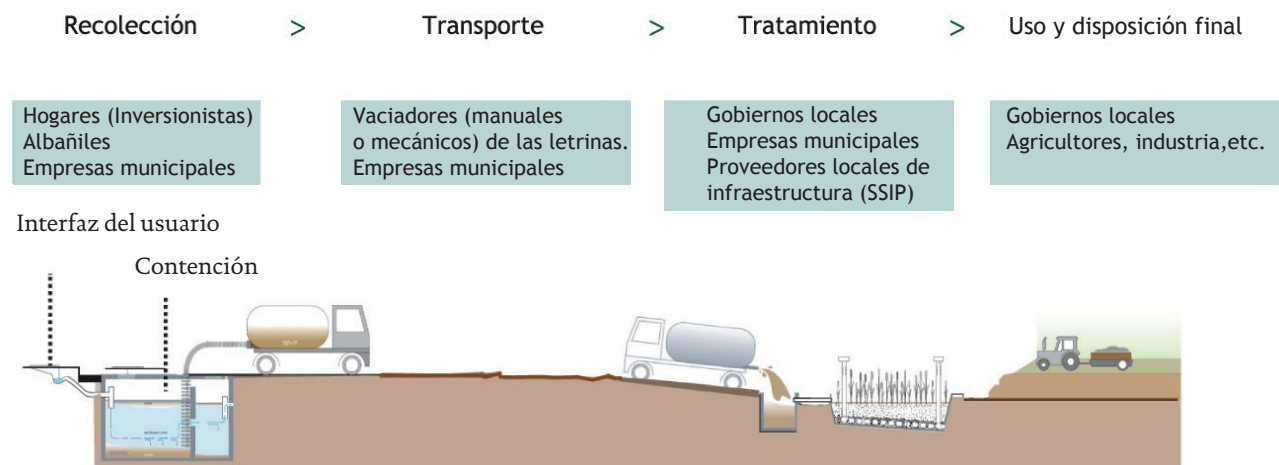


Figura 1.3. La cadena de servicio de saneamiento y manejo de lodos fecales (MLF; Parkinson *et al.* 2013).

1.4 EL OBJETIVO DEL LIBRO

El desarrollo de soluciones para el MLF representa una grave necesidad mundial que ha recibido poca atención durante los últimos 20 años (Strauss y Heinss, 1996). En comparación con la gestión de aguas servidas, los conocimientos del MLF en áreas urbanas llevan un retraso de 100 años. Sin embargo, el campo del MLF está desarrollándose actualmente con rapidez, recibiendo un creciente reconocimiento, como lo demuestran muchos ejemplos recientes de municipalidades que adoptan el MLF dentro de su planificación urbana (p.ej., Dakar, Senegal y Uagadugú, Burkina Faso) y el compromiso de organizaciones como la Fundación Bill y Melinda Gates de asignar amplios recursos para la investigación del MLF. Experiencias de proyectos piloto y sistemas de tamaño completo (Figura 1.4) comienzan a surgir desde hace poco tiempo, pero su puesta en práctica no alcanza todavía la velocidad deseada. A medida que crezca la necesidad del MLF, crecerá asimismo la necesidad de soluciones. Sin embargo, la información sobre el MLF no es generalmente fácil de obtener, por lo tanto, el objetivo de este libro es presentar un enfoque completo e integrado del MLF en las zonas urbanas y periurbanas de los países de ingresos medios y bajos. Este libro pretende contribuir a llenar ese vacío de información al reunir y presentar el estado actual del conocimiento en este campo.

Este libro está dirigido a estudiantes y a quienes realizan el MLF en el campo, así como a responsables de diseño, planificación, promoción o gestión de sistemas de MLF. El enfoque integrado del libro incluye un resumen, pautas para el diseño de las tecnologías de tratamiento, indicaciones para el funcionamiento y mantenimiento de una operación exitosa con estas tecnologías y sugerencias para una planificación que permite cumplir con todos los requisitos para asegurar un sistema sostenible a largo plazo. Se presume que el lector tenga un conocimiento básico de saneamiento y tratamiento de aguas servidas.

Se aspira a que el libro contribuya al entendimiento de los aspectos de tratamiento, gestión y planificación de MLF, capacitando al lector para identificar opciones adecuadas de tratamiento y entender los mecanismos y diseños de las tecnologías específicas; también se espera que sirva de ayuda para comunicar los aspectos importantes del MLF a las partes interesadas en el proceso, como pueden ser los gerentes y responsables de tomar decisiones. Será, asimismo, útil para el personal de las municipalidades, ministerios nacionales de saneamiento, consultores, organismos donantes y empresas afines al manejo de desechos, a fin de aumentar su conocimiento, entendimiento y perspectiva sobre los sistemas integrados de MLF.

El libro fue diseñado como herramienta de aprendizaje, incorporando muchos elementos de un texto académico. Cada capítulo incluye objetivos de aprendizaje para que se vea claramente sobre qué el lector podrá instruirse. Al final de cada capítulo, preguntas de estudio ayudan a evaluar si se han logrado estos objetivos de aprendizaje. Donde sea pertinente, se incluyen ejercicios para demostrar cómo se realizan los cálculos, junto con casos de estudios para describir la importancia de las lecciones en la vida real. El libro también puede ser usado como texto académico y es utilizado actualmente en un curso de tres semanas sobre MLF, además de en un nuevo curso en Internet sobre MLF ofrecido por el Instituto para Educación Hídrica de UNESCO-IHE.

1.5 DISEÑO DE UN MANEJO DE LODOS FECALES PENSANDO EN EL TRATAMIENTO Y LOS USOS FINALES

Al diseñar las tecnologías de tratamiento, las opciones para el uso o disposición final de los lodos y líquidos deben determinarse primero, para que se pueda incorporar al diseño el grado apropiado de tratamiento para el destino deseado. Una vez seleccionadas estas opciones, será más factible diseñar sistemas a partir de los requisitos para el tratamiento final, a fin de lograr los objetivos. Por ejemplo, serán muy diferentes las exigencias en la reducción de patógenos y la deshidratación del lodo si el producto final se ocupará para fertilizar cultivos alimenticios o bien como combustible para procesos industriales. Estas decisiones son específicas para cada contexto y deben hacerse basadas en las regulaciones locales y la demanda de los productos finales en el mercado. De manera similar a las Clases A y B de biosólidos en los Estados Unidos, se tratan los LF para grados de reducción de patógenos acordes con los diferentes usos finales. Este enfoque es importante para asegurar que los efluentes y productos finales logren grados adecuados de tratamiento, que los sistemas no se sobredimensionen, de modo que no se desperdicien los recursos financieros y que los sistemas no se diseñen con insuficientes garantías, poniendo en riesgo la salud pública y ambiental.

La recuperación de recursos de los productos del tratamiento debe considerarse como un objetivo del tratamiento, siempre que sea posible, pero el objetivo principal es obviamente proteger la salud pública. En muchos países de ingresos medios y bajos, no existen regulaciones para el uso final de los lodos o, si existen, a



Figura 1.4 La clase de 2014 a 2016 en la Maestría de Especialización en la Ingeniería Sanitaria de UNESCO-IHE (foto: UNESCO-IHE).

veces no se cumplen. En la ausencia de reglamentos adecuados, el grado de tratamiento llega a ser una decisión de la sociedad. Por otro lado, las normas demasiado estrictas también pueden tener un impacto negativo, si impiden tomar acción al ser imposibles de cumplir. Para asegurar la protección adecuada de la salud humana, se recomienda un enfoque de barreras múltiples (como se describe en el Capítulo 10, El Uso Final de Productos de Tratamiento). Los flujos financieros de la venta de los productos finales también pueden ayudar a lograr la sustentabilidad de las opciones del tratamiento, al compensar los costos de procesamiento de los lodos, aportar un flujo de ingresos, ayudar a asegurar que las estaciones de tratamiento sean operadas bien para proporcionar productos de calidad y brindar un beneficio a la sociedad al recuperar los recursos. Para este tipo de solución específica, es necesario tomar en cuenta la demanda del mercado local y las maneras de agregar valor a los productos del tratamiento, ya que los mercados varían ampliamente entre los lugares (Diener *et al.*, 2014).

1.5.1 El enfoque sistémico

Para una implementación sostenible y una operación continua, el MLF requiere un enfoque sistémico integrado que incorpora la tecnología, gestión y planificación (Figura 1.5). En este libro, los capítulos están ordenados por secciones sobre Tecnología, Gestión y Planificación, como se presenta claramente en todo el libro por un esquema de colores, pero lo más importante es cómo se integran estos tres campos para dar un marco que guíe las actividades desde la fase inicial de planificación del proyecto hasta las fases de implementación, operación y mantenimiento. Se requiere un enfoque sistémico y multidisciplinario hacia el MLF, como el que se desarrolla en el presente libro, para asegurar que los LF no tratados sean sacados fuera de la comunidad, no permanezcan en el hogar y sean tratados de manera segura y eficaz. Por ejemplo, sacar los lodos del hogar es un interés particular, pero la cadena de servicios del MLF es un interés público, que requiere que una autoridad responsable del bien público la regule y aplique. Si tan solo pocas personas de la comunidad manejan los LF correctamente, no habrá un impacto neto en la comunidad en su conjunto, ya que una participación colectiva a escala comunitaria es necesaria para asegurar que se logren los beneficios en salud pública. Esto requiere un compromiso sostenido por parte del sector público, políticas eficaces e implementación y control apropiados a fin de promover la comprensión y el cumplimiento (Klingel *et al.*, 2002), temas que se analizan en las secciones de Planificación y Gestión.

Aunque las tecnologías son un componente integral y esencial del MLF, no deben considerarse aisladamente. Las metodologías de planificación y gestión presentadas en este libro ayudarán a formar la base para construir sistemas de MLF que sean exitosos a largo plazo. No solo representan la primera fase del diseño de un sistema, sino que también son necesarios para asegurar que el éxito continúe durante toda la vida de un proyecto.

Como se presenta en la sección de planificación, sería ideal que todos los actores claves comprendan la necesidad de participar y deseen tomar parte en las etapas de planificación, incluyendo autoridades públicas, empresas que prestan servicios de recolección, transporte y tratamiento y comunidades que reciben los servicios e impactos. Los métodos para aumentar la participación de los actores ayudan a asegurar que ellos tengan una inversión a largo plazo en el éxito del sistema y continúen dando una retroalimentación que genera soluciones cada vez mejores. Se facilita esto al definir claramente las responsabilidades y los mecanismos de comunicación y coordinación durante las fases de planificación. Incluir un enfoque integrado de planificación ayuda a asegurar una gestión participativa, sin la cual las tecnologías ejecutadas en los países de bajos ingresos fallarán a largo plazo.

En este libro, el proceso de planificación incluye explorar la situación (identificar los actores y sus interacciones; comprender la situación existente; desarrollar los objetivos generales y específicos); desarrollar soluciones (incluyendo los aspectos institucionales, financieros y técnicos); y determinar medidas a implementarse (Klingel *et al.*, 2002). Esto abarca los aspectos organizativos, institucionales, financieros, legales y técnicos de toda la cadena de servicios del MLF, desde la recolección y transporte hasta la disposición o uso final de los productos del tratamiento, y es necesario coordinar y asegurar variados y complejos niveles de servicio, entre actores que tengan diversos intereses. Este enfoque ante la planificación del MLF incluye comprender y satisfacer los intereses, necesidades y limitaciones de los actores, en el contexto de la situación inicial, mecanismos financieros, capacidad y un marco institucional adecuado. Este tipo de planificación integral podrá evitar los fracasos anteriores, como por ejemplo la ubicación de una estación de tratamiento de LF (ETLF) en las afueras de la ciudad donde está disponible el terreno a un precio relativamente bajo, pero implicaría que el costo asociado con el tiempo y distancia de traslado para las empresas de recolección y transporte sea demasiado alto, dando lugar a que los LF sean vertidos directamente en el ambiente y la ETLF quede sin uso.

Los factores de gestión presentados en este libro, como la institucionalización, capacidad técnica, marcos jurídicos y mecanismos para la recuperación de costos, ayudarán a asegurar el éxito a largo plazo de las tecnologías de MLF (Bassan *et al.*, 2014). Las consideraciones administrativas deben incorporarse en las decisiones sobre las tecnologías, por ejemplo las bombas que estén disponibles y reparables localmente para asegurar la operación continua de las tecnologías cuando estas se dañan. Pueden estar vigentes las regulaciones ambientales, pero requerirán un control adecuado de su cumplimiento. Evaluar e implementar estructuras financieras que pueden sostener al sistema aseguran la viabilidad económica y la operación a largo plazo, incluyendo incentivos y sanciones financieros apropiados (Wright, 1997). Es necesario determinar los métodos para asegurar que se cubran los costos de funcionamiento para que todo el sistema pueda operar de una manera alcanzable, así como las maneras en que las transferencias financieras en toda la cadena de servicio puedan proporcionar un financiamiento adecuado para cada paso de ella.

Este enfoque sistémico incluye la evaluación de los sistemas existentes para mejorarlos en cada paso de la cadena y así entender cómo todos los pasos se integran e influyen entre sí, lo cual es sumamente importante. Por ejemplo, ¿será factible que la recuperación de recursos impulse tanto la cadena de servicios que se podría reducir los costos para cada hogar y así ampliar el acceso al saneamiento? ¿Sería posible que la demanda en el mercado para los productos finales del tratamiento (p.ej., como combustible industrial) genere un incentivo económico suficiente para que las empresas de recolección y transporte entreguen todos los LF a las ETLF, en lugar de descargarlos, sin tratamiento, directamente en el ambiente?

Este libro contiene 18 capítulos, divididos entre secciones sobre tecnología, gestión y planificación, más el Capítulo 1 sobre “La Situación en el Mundo” y el Capítulo 18 sobre “El Camino Hacia Adelante”. Este enfoque cubre temas individuales de manera focalizada, a la vez que los incorpora en los demás temas interrelacionados en todo el libro. Los Capítulos 2 a 10 abordan los aspectos técnicos de la recolección, transporte y tratamiento; los Capítulos 11 a 13 se centran en ejemplos de la gestión continua de los sistemas de MLF; y los Capítulos 14 a 17 analizan la planificación de los sistemas integrados de MLF. Cada capítulo presenta diferentes aspectos de su campo y luego se analiza cómo combinarlos todos en un enfoque integrado, en el Capítulo 17, “Planificación de Sistemas Integrados de MLF”, en el que se presenta un marco lógico que resalta las tareas y actividades que necesitan incluirse en el diseño de un sistema integrado.

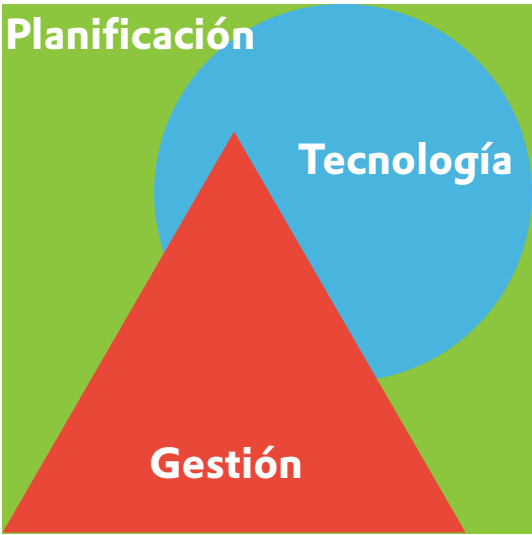


Figura 1.5 El manejo de los lodos fecales requiere un enfoque sistémico integrado, incorporando tecnología, gestión y planificación.

Capítulo 2 Cuantificación, Caracterización y Objetivos de Tratamiento de los Lodos Fecales

Este capítulo presenta una visión general de los desafíos y objetivos de MLF desde la perspectiva de la tecnología. Cubre las dificultades de obtener datos confiables para estimar la calidad y cantidad de LF producidos en una ciudad, introduce los parámetros que son importantes en la caracterización de los LF y cómo se analizan. Proporciona ejemplos para ilustrar la amplia gama de LF de dilución alta, media y baja que se ha observado en el campo y explica algunos de los factores operativos que causan esta variabilidad. Luego, el capítulo explica los objetivos de tratamiento de un sistema de MLF.

Capítulo 3 Mecanismos de Tratamiento

Presenta los mecanismos científicos básicos que sustentan las tecnologías existentes para el tratamiento de LF, para darle al lector un entendimiento más profundo sobre cómo funcionan las tecnologías y sus requisitos de operación y mantenimiento. Explica los parámetros claves que requieren monitoreo y optimización para asegurar la eficiencia del tratamiento y los criterios para seleccionar los mecanismos más apropiados para un contexto dado.

Capítulo 4 Métodos y Maneras de Recolectar y Transportar

Examina el estado actual de los conocimientos sobre cómo recolectar los LF de las estructuras descentralizadas y transportarlos hasta las ETLF, incluyendo el papel de las estaciones de transferencia. Se explican las tecnologías, incluyendo sus aspectos sociales, técnicos y procedimentales. Se exponen tecnologías totalmente manuales (Figura 1.6), con máquinas operadas manualmente y otras plenamente mecanizadas. También se destaca la importancia de las cuestiones de salud y seguridad durante la recolección y el transporte de los LF.

Capítulo 5 Panorama de las Tecnologías de Tratamiento

Resume las tecnologías de tratamiento, incluyendo las establecidas (que luego se analizan más detalladamente en sus respectivos capítulos), las que parecen muy esperanzadoras pero poco aplicadas y las alentadoras que todavía están en la fase de investigación. Se identifican las ventajas, limitaciones y el campo de aplicación de cada opción de tratamiento, con información que permite comparar y contrastar sus rendimientos y alcances potenciales. También subraya la importancia de encontrar una combinación de tecnologías adaptadas al contexto y los parámetros a considerar en el diseño un sistema.



Figura 1.6 Transporte de lodos fecales en un asentamiento informal en Nairobi, Kenia (foto: Linda Strande).

Capítulo 6 Tanques de Sedimentación y Espesamiento

Habla sobre el diseño, la operación y el mantenimiento de los tanques de sedimentación y espesamiento, incluyendo su ámbito de aplicación, los principales mecanismos de su funcionamiento y sus posibles ventajas y desventajas. También, se proporcionan detalles sobre la manera de ajustar el diseño de un tanque de sedimentación y espesamiento al objetivo deseado de tratamiento.

Capítulo 7 Lechos de Secado sin Plantas

Describe los lechos de secado sin plantas para deshidratar los lodos. Explica sus componentes y la influencia de estos sobre su rendimiento. Indica los niveles apropiados de su operación, mantenimiento y monitoreo a fin de que rindan bien. Finalmente, se detalla cómo ajustar su diseño al tratamiento deseado.

Capítulo 8 Lechos de Secado con Plantas

Relata sobre los lechos de secado con plantas para secar y estabilizar los lodos. Describe los tipos de vegetación que se siembran en ellos y la función que cumplen en el procesamiento de los lodos. Detalla las intervenciones de operación, mantenimiento y monitoreo que son necesarias para un buen rendimiento. Para completar, explica cómo diseñarlos, según el objetivo deseado de tratamiento y los parámetros específicos del contexto.

Capítulo 9 Co-tratamiento con Aguas Residuales

Cuenta acerca del co-tratamiento de LF con aguas residuales municipales. Las posibilidades analizadas incluyen el lodo activado, la digestión anaeróbica y las lagunas anaeróbicas. Se subraya el cuidado extremo que se debe ejercer al considerar este tratamiento combinado, ya que el sistema podría sobrecargarse y fallar, incluso cuando se agregan pequeños volúmenes de LF a una estación depuradora de aguas residuales (EDAR). Se explica el fraccionamiento de la materia orgánica y los compuestos de nitrógeno en los LF. Se analizan las consideraciones claves e impactos potenciales de este co-tratamiento y se presentan los resultados de un modelado matemático del volumen aceptable de LF que podría agregarse a las aguas residuales, según sus características.

Capítulo 10 Uso Final de los Productos de Tratamiento

Destaca la seguridad en el uso o disposición final de los productos del tratamiento de los LF, la importancia de recuperar los recursos y la protección adecuada de la salud humana y ambiental. Se enumeran las opciones existentes para la recuperación de recursos, así como algunas opciones innovadoras que todavía están desarrollándose en sus etapas de investigación. Además, informa sobre la determinación de las tarifas para la aplicación de los lodos tratados en el suelo y las posibilidades del uso o disposición final de los flujos líquidos.

Capítulo 11 Operación, Mantenimiento y Monitoreo de una ETLF

Analiza los factores críticos de las operaciones y el mantenimiento que deben considerarse al construir y operar una ETLF. Resalta los manuales de operaciones y mantenimiento, la importancia de las actividades de monitoreo y el papel crucial de la gestión administrativa en la operación exitosa a largo plazo de una ETLF.

Capítulo 12 Marcos Institucionales

Informa sobre el marco institucional que debe establecerse a fin de formar un entorno que facilita eficazmente el MLF. Ofrece modelos de regulaciones y contratos que podrían aplicarse para asegurar el cumplimiento de un servicio adecuado. Se explican las principales fortalezas y debilidades de los actores con relación al marco institucional y se presenta un resumen de posibles arreglos institucionales para distribuir las responsabilidades a lo largo de la cadena de servicios. Además, se analizan las ventajas y desventajas de las diferentes configuraciones institucionales.

Capítulo 13 Transferencias y Responsabilidades Financieras

Describe las posibilidades para aplicar diferentes modelos de flujo financiero entre los actores en la cadena de servicios del MLF. Explica los tipos de transferencias financieras que cumplen una función, los incentivos necesarios, las tarifas sostenibles y los marcos legales e institucionales que deben establecerse. También subraya la complejidad y dificultad de diseñar, ejecutar, monitorear y optimizar los flujos financieros para una cadena entera de MLF.

Capítulo 14 Evaluación de la Situación Inicial

Aquí se reseña el primer paso del proceso de planificación, en particular cómo comprender qué se necesita saber al inicio de la planificación del MLF y qué información necesita recopilarse. Explica los diferentes métodos para la toma de datos pertinentes y cómo identificar los defectos y desafíos de los sistemas existentes de MLF y de sus entornos favorables.

Capítulo 15 Análisis de los Actores

Enseña la importancia del análisis de los actores en el diseño de los proyectos de MLF, con indicaciones sobre cómo realizar el análisis, incluyendo la identificación y caracterización de los actores y relaciones claves. También explica cómo la selección de actores evoluciona durante el transcurso del proceso de la planificación y cómo determinar cuáles actores necesitan empoderamiento, incentivos, fortalecimiento de capacidades u otras formas de información.

Capítulo 16 Integración de los Actores

Anuncia la importancia de integrar a los actores desde el principio de un proyecto y cómo esto facilita eficazmente la implementación del proyecto y refuerza su sostenibilidad a largo plazo. Explica cómo usar la información recopilada durante el análisis de los actores a fin de planificar su integración, además de cómo distribuir y formalizar los roles y responsabilidades. Por último, proporciona herramientas para informar, dialogar y colaborar con los actores.

Capítulo 17 Planificación de Sistemas Integrados

Resalta la importancia de combinar toda la información presentada en este libro, en un solo enfoque de planificación integrada. Vincula todos los aspectos de tecnología, gestión y planificación que se desarrollan en esta obra y explica cómo se interconectan e influyen entre sí. Se propone un marco lógico que resalta las tareas y actividades que deben incluirse en el diseño de un sistema completo. Este capítulo ilustra cómo planificar un sistema integral de MLF en toda una ciudad y cómo seleccionar las opciones más adecuadas para su contexto local.

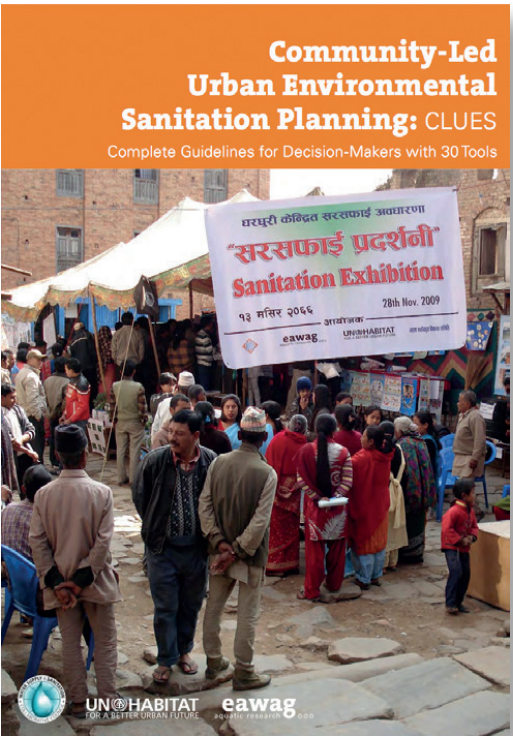
Capítulo 18 El Camino Hacia Adelante

Analiza los aprendizajes logrados, lo que aún falta investigar en el campo de MLF y cómo podemos avanzar en el desarrollo de los conocimientos necesarios.

Recursos Disponibles

Además de este libro, hay muchos recursos disponibles sin costo en el Internet para apoyar el diseño y mejoramiento del acceso al saneamiento ambiental para todos. Todas estas herramientas deben usarse conjuntamente para asegurar el enfoque más sostenible y completo posible. Estos recursos incluyen:

Saneamiento Ambiental Urbano Dirigido por la Comunidad, (CLUES), EAWAG/WSSCC/UN-Habitat



Este documento expone un conjunto completo de lineamientos para planificar el saneamiento en las zonas urbanas de bajos ingresos. Es el marco de planificación más actualizado para facilitar la prestación de servicios de saneamiento ambiental para las comunidades urbanas y peri-urbanas. CLUES (Community-Led Urban Environmental Sanitation) sigue siete pasos fáciles, que deben ejecutarse en orden. El Paso 5 se fundamenta en el Compendio (véase a continuación), aplicando el enfoque sistémico para seleccionar la opción u opciones tecnológicas que son más adecuadas para un determinado contexto urbano. El documento también ofrece un guía de cómo fomentar un entorno favorable para la planificación del saneamiento en los sectores urbanos.

Se publicó en el año 2011, tiene 100 páginas y una ayuda memoria. Se puede descargar en español en: www.sandec.ch/clues_es.

Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento



Este Compendio es un documento para guiar a ingenieros y planificadores en los países de ingresos medios y bajos, con la intención principal de apoyar la planificación comunicativa con las comunidades locales. También es para las personas que tienen conocimientos detallados sobre las tecnologías convencionales sofisticadas y requieren información, por ejemplo, sobre la infraestructura y las diferentes configuraciones de los sistemas. No pretende ser una fuente completa e independiente para ingenieros durante la toma de decisiones en una comunidad, (p.ej., en una toma de decisiones impulsada por expertos).

El Compendio se publicó por primera vez en el 2008 durante el Año Internacional del Saneamiento. La nueva versión contiene más tecnologías, una guía simplificada para el usuario, así como una sección sobre las tecnologías nuevas emergentes, todo en una misma estructura breve, conciso y conectado. Está disponible en español para ser descargado en: http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium_e/spanish_version

How to Design Wastewater Systems for Local Conditions in Developing Countries

David M Robbins and Grant C. Ligon



Este manual de ‘Cómo Diseñar los Sistemas de Aguas Servidas Según las Condiciones Locales en los Países en Vías de Desarrollo’ es específicamente para los países de ingresos bajos. Promueve un enfoque específico para cada contexto, guiando al usuario para seleccionar las tecnologías más idóneas para su zona. Proporciona herramientas y manuales de campo para caracterizar las fuentes y evaluar los sitios, así como para identificar y seleccionar las tecnologías. Este manual se preparó para los prestadores de servicios del sector público y privado, reguladores, ingenieros y especialistas en desarrollo a cargo de ejecutar sistemas de aguas residuales. RTI redactó el manual, e IWA lo publicó en el 2014. Está disponible en: http://www.iwapublishing.com/template.cfm?name=isbn9781780404769_&type=new.

Ampliar sus conocimientos mediante un curso

En los últimos años, el conocimiento sobre el MLF ha avanzado mucho. Para la nueva generación de científicos e ingenieros que ingresan a la profesión del saneamiento, la cantidad, complejidad y diversidad de estos nuevos adelantos pueden resultar abrumadoras, particularmente en los países de ingresos bajos con menos acceso a cursos avanzados sobre el tema. El presente libro pretende contribuir a corregir esta deficiencia. Reúne e integra materiales de expertos de alrededor del mundo que han logrado grandes avances en el MLF. El libro también es parte de un curso de tres semanas en el Instituto UNESCO-IHE para la Educación Hídrica, así como de un programa de estudios por Internet sobre el MLF. Además, puede usarse juntamente con materiales impresos sobre las ponencias, charlas filmadas por los autores y tutoriales para el estudio independiente por la persona que se interesa. Al completar este curso, se podrá aplicar los enfoques modernos del MLF con un entendimiento más profundo, conocimientos más avanzados y mayor confianza en el éxito.



Figura 1.7 Una promoción graduada de la Maestría en Ciencias del UNESCO-IHE. Además de utilizarse en el programa de estudios de maestría, el presente libro es parte del curso de estudio a distancia sobre el manejo de lodos fecales y del recién establecido diplomado de posgrado en Saneamiento e Ingeniería Sanitaria en UNESCO-IHE (foto: UNESCO-IHE).

1.6 BIBLIOGRAFÍA

Bassan, M., Mbéguéré, M., Koné, D., Holliger, C., Strande, L. (2014). Success and failure assessment methodology for wastewater and faecal sludge treatment projects in low-income countries. *Journal of Environmental Planning and Management*. <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2014.943343>

Bill & Melinda Gates Foundation (BMGF) (2011). *Landscape Analysis & Business Model Assessment in Faecal Sludge Management: Extraction & Transportation Models in Africa - Senegal*.

Diener, S., Semiyaga, S., Niwagaba, C., Muspratt, A., Gning, J.B., Mbéguéré, M., Ennin, J.E., Zurbrugg, C., Strande, L. (2014). A value proposition: resource recovery from faecal sludge – can it be the driver for improved sanitation? *Resources Conservation & Recycling* 88: 32–38. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.resconrec.2014.04.005>

Dodane, P.H., Mbéguéré, M., Ousmane, S., Strande, L. (2012). Capital and Operating Costs of Full-Scale Faecal Sludge Management and Wastewater Treatment Systems in Dakar, Senegal. *Environmental Science & Technology* 46(7), p.3705-3711.

Gaulke, L., Johkasou S. (2006). On-site Wastewater Treatment and Reuses in Japan. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers - Water Management* 159(2), p.103-109.

Hutton, G., Haller, L., Bartram, J. (2007). Global Cost-benefit Analysis of Water Supply and Sanitation Interventions. *Journal of Water and Health* 5(4), p.481-502.

Klingel, F., Montangero, A., Koné, D., Strauss, M. (2002). *Faecal Sludge Management in Developing Countries. A planning manual*. EAWAG: Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology SANDEC: Department for Water and Sanitation in Developing Countries.

Parkinson, J., Lüthi, C. (2013). *Sanitation21 – a planning framework for improving city-wide sanitation services*. (En español, Saneamiento21.) Londres, Gran Bretaña: International Water Association (IWA), EAWAG y GIZ. Disponible en inglés desde: <http://www.susana.org/en/resources/library/details/1336>

Strauss, M., Heinss, U. (1996). *Faecal Sludge Treatment*, SANDEC News no. 2.

Strauss, M., Larmie, S.S., Heinss, U. and Montangero, A.(2000). Treating Faecal Sludges in Ponds. *Water Science & Technology* 42(10), p.283–290.

Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2008). *Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento*. EAWAG, Dübendorf, Suiza. Disponible en: http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium_e/spanish_version

UNICEF y OMS (2009). *Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done*.

Wright, A.M. (1997). *Toward a Strategic Sanitation Approach: Improving the Sustainability of Urban Sanitation in Developing Countries*. Programa de Agua y Saneamiento del PNU y el Banco Mundial.

Preguntas para el Estudio de este Capítulo

1. ¿Cuántas personas en el mundo dependen de MLF para contar con un ambiente limpio?
2. Nombre tres razones por las que los LF fueron poco estudiados históricamente.
3. ¿Qué riesgos existirían para un sistema de MLF al no aplicar un enfoque sistémico e integrado?