

El Camino hacia Adelante

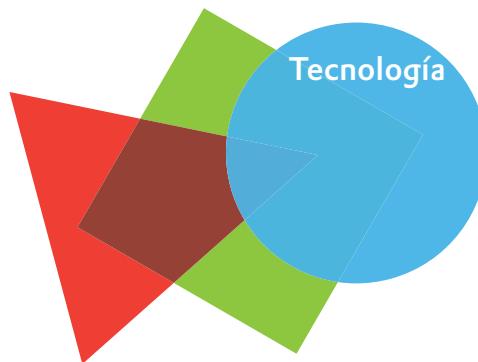
Linda Strande

Objetivos de aprendizaje

- Conocer perspectivas para el futuro del manejo de lodos fecales.
- Entender los asuntos claves en este proceso.
- Conocer unas iniciativas innovadoras en este campo.

18.1 INTRODUCCIÓN

El enfoque sistémico en el manejo de lodos fecales (MLF) que se ha desarrollado en el presente libro debe verse como un elemento para contribuir al diseño y operación de sistemas sostenibles y funcionales de MLF a futuro. Es un tema nuevo que está creciendo rápidamente, con la acumulación de mayores conocimientos. Estos avances seguirán mejorando progresivamente las soluciones y enfoques de MLF. Cada sección de la presente obra ha llegado a importantes conclusiones y ha propuesto pasos a seguir en los campos de la tecnología, la administración y la planificación para desarrollar sistemas sostenibles de MLF. Algunos de los puntos más destacados son:



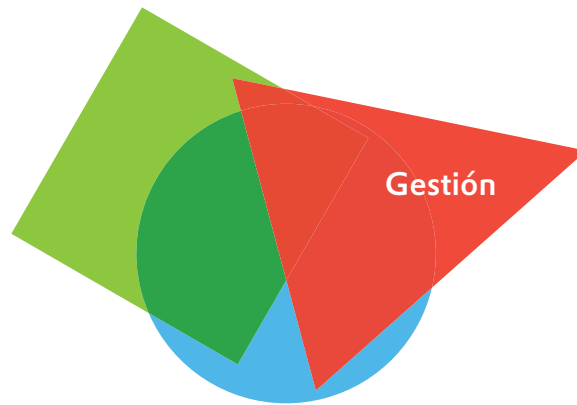
- **Diseñar pensando en el uso o disposición final de los productos del tratamiento.**
Este enfoque asegurará que los efluentes y otros productos tendrán grados adecuados y apropiados de tratamiento, a fin de que los sistemas no sean ni sobredimensionados con desperdicio de recursos financieros, ni subdimensionados con riesgos para la salud pública y ambiental.
- **Diseñar para las cantidades y características reales de los lodos fecales.**
Este enfoque asegurará que las tecnologías se diseñen eficientemente y que los lodos fecales (LF) puedan ser tratados en ciudades enteras. Sin embargo, todavía es necesario desarrollar mejores métodos para su cuantificación y caracterización.

- **Crear estructuras descentralizadas de contención, estaciones de transferencia y metodologías para su vaciado.**

Este es un eslabón crítico en la cadena de servicio de MLF. Contar con seguridad, eficiencia y economía en los servicios de recolección y transporte ayudará a asegurar que los LF sean entregados en las estaciones de tratamiento de LF (ETLF), en vez de ser vertidos directamente en el ambiente.

- **Desarrollar un entendimiento de los mecanismos de tratamiento.**

Esto servirá de base para formar nuevas tecnologías de tratamiento y adaptar algunas de las que ya existen para aguas servidas y sus lodos.



- **Incorporar las consideraciones administrativas desde el inicio de la planificación de un proyecto.**

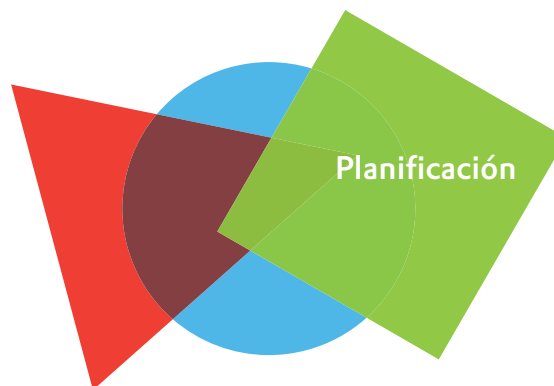
Para una operación sostenible a largo plazo, es clave vincular los factores gerenciales a las decisiones sobre las alternativas técnicas e incorporar en el diseño los procedimientos de operación, mantenimiento y monitoreo.

- **Establecer marcos legales y regulatorios para el MLF, así como el financiamiento de mecanismos de incentivos y control de cumplimiento.**

Esto es necesario para asegurar que se apliquen la regulación y el cumplimiento de normas de salud pública y ambiental.

- **Considerar diferentes modelos de transferencias financieras.**

Esto ayudará a formalizar el sector y hacerle económicamente sostenible, además de lo que podría incluir incentivos como método de transición ágil a nuevos modelos administrativos.



- **Evaluar y entender la situación inicial en cada contexto.**

Las prácticas de saneamiento son muy variables, no solo entre países o ciudades, sino también dentro de una misma ciudad. Las situaciones diferentes requieren soluciones diferentes. Una evaluación cabal asegura que las soluciones se ajusten a las necesidades reales, se construyan sobre lo existente y tomen en cuenta las fortalezas y limitaciones del contexto.

- **Integrar los actores y entender sus intereses e influencias.**

Esto es clave para el diseño de un proyecto de MLF: durante todo su curso, se debe llevar a cabo el análisis y la integración de los actores, ya que son procesos continuos e iterativos. Ayudan a formar consensos, identificar necesidades, entender requisitos de capacitación y empoderar a grupos que son pasados por alto tradicionalmente. Sobre todo, permiten que los actores tomen

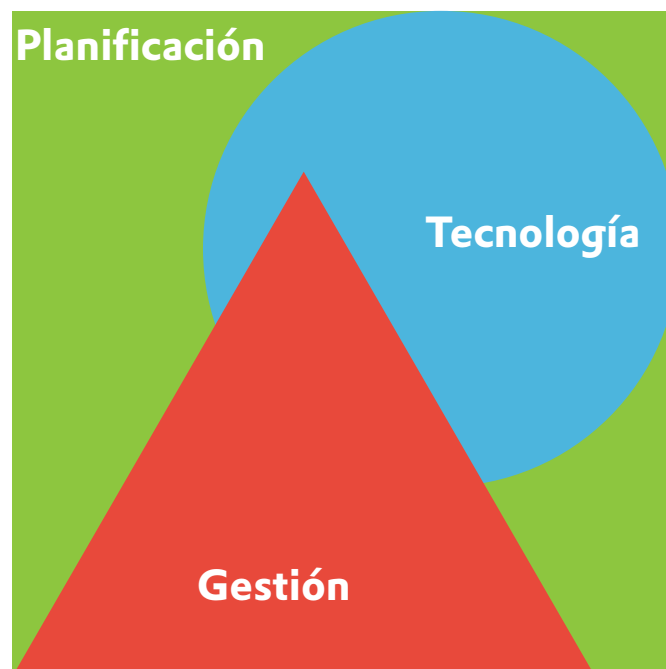
decisiones informadas, entiendan las implicaciones de estas y estén preparados para cumplir con sus responsabilidades en el sistema de MLF.

- **Adaptar el proceso participativo dentro de los ciclos tradicionales de los proyectos.** Cualquier costo adicional que resulte de las reuniones de planificación será compensado por los ahorros durante la implementación y la operación, gracias a los factores y complicaciones que fueron identificados y resueltos durante el proceso. El éxito se realiza mediante esquemas administrativas más funcionales, mejores marcos institucionales y mayor integración de los actores privados (Esquema de Planificación de MLF 'de la A a la Z', Tabla 17.1).
- **Aplicar un enfoque integrado en ciudades enteras.** Este es imperativo para comprender los factores críticos para una selección de alternativas que sea apropiada para el contexto. Es necesario tomar en cuenta todo el entorno favorable. En especial, se debe determinar y validar los esquemas financieros y administrativos, antes de tomar las decisiones finales sobre las alternativas técnicas.

La fortaleza del presente enfoque es tomar en cuenta juntos los campos de tecnología, gestión y planificación para armar soluciones sostenibles de MLF. El Esquema de Planificación de MLF 'de la A a la Z' y el Esquema de Selección de Tecnologías (Figura 17.10) ilustran este enfoque y ayudan a navegar el presente texto. Deben considerarse listas de verificación para estructurar los procesos de planificación, a fin de incluir todos los componentes necesarios y comunicar el plan a los actores no conocedores del tema.

La implementación exitosa de cada uno de los pasos mencionados requiere conocimientos de todos los tres campos. Para construir infraestructura sostenible de MLF, es necesario enfrentar algunos grandes asuntos complicados e interrelacionados. Es necesario entender cómo se combinan estos campos y comprender las conexiones e influencias entre sí. Existen seis cuellos de botella críticos en las encrucijadas entre la tecnología, la gestión y la planificación, que se deben superar para avanzar el MLF:

1. Reconocer la importancia de MLF;
2. Establecer marcos y responsabilidades;
3. Difundir los conocimientos y la capacitación;
4. Crear modelos sostenibles de negocios y tarifas;
5. Implementar metodologías integradas de planificación; y
6. Desarrollar tecnologías apropiadas.



18.1.1 Reconocimiento de la importancia del manejo de lodos fecales

Para el desarrollo de sistemas sostenibles de MLF, es un gran paso que los actores en los campos de tecnología, gestión y planificación reconozcan su importancia. Esto incluye que los gobiernos se responsabilicen de proveer MLF, que los donantes financien soluciones factibles y apropiadas de MLF (Figura 18.1) y que las grandes organizaciones intergubernamentales promocionen juntos el objetivo de poner fin a la defecación al aire libre. A medida que se reconozca al MLF como una necesidad real y una solución legítima, recibirá naturalmente mayores recursos y atención. En el año 2012, el Gobierno de las Filipinas dio un excelente ejemplo al ser el primer gobierno en el Suroccidente de Asia en aprobar un plan nacional de MLF (Programa Nacional de Aguas Servidas y Lodos Fecales, NSSMP; Robbins *et al.*, 2012). Al inaugurar este programa, aceptó y reconoció no solo la importancia del tema, sino también la viabilidad de sistemas que combinan el MLF y el tratamiento centralizado de aguas servidas.

Otra manera de poner en perspectiva el valor de las inversiones en el MLF es destacar los costos económicos de la falta de servicios de saneamiento, además de las cuestiones de salud pública. La falta de acceso al saneamiento tiene un impacto global de 260 mil millones de dólares estadounidenses al año (Hutton, 2013). El Programa de Agua y Saneamiento (WSP) del Banco Mundial ha identificado mediante su Iniciativa de la Economía del Saneamiento (ESI; www.wsp.org/content/economic-impacts-sanitation) que el saneamiento también influye en otras partes de la economía que no son aparentemente relacionadas con el saneamiento. Por ejemplo, se calcula que las pérdidas turísticas en la India que se relacionan con los servicios insuficientes de saneamiento suman a 266 millones de dólares al año (Hutton *et al.*, 2008).

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) han servido mucho para llamar más atención a las necesidades de saneamiento. La inclusión del MLF dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (posterior al año 2015) podría mantener esta viada en la concientización de la importancia de 'saneamiento ambiental' y la consideración conjunta de todos los sistemas de agua: aguas servidas, agua potable, agua de riego y el drenaje de la escorrentía (EAWAG, 2005). Otro aspecto para incluir en este análisis es la gestión de desechos sólidos.



Figura 18.1 La construcción de lechos de secado en la Estación de Tratamiento de Lodos Fecales Lubigi, como parte de la Primera Etapa del Proyecto de Protección de Lago Victoria, con financiamiento de la Unión Europea, el KfW del Gobierno Alemán y el NWSC del Gobierno de Uganda (foto: Lars Schoebitz).

18.1.2 Establecimiento de marcos y responsabilidades

Contar con una sola entidad municipal que se encarga únicamente del saneamiento, sin importar los tipos de tecnología que se apliquen, incrementa un sentido de responsabilidad, lo que se ‘perdería’ en modelos de gestión más fragmentados, en los cuales diferentes entidades se encargan de diferentes partes de la cadena de servicio. También facilita la eficiencia de planificación en toda una ciudad, elimina cualquier traslape entre las responsabilidades de diferentes actores y evita los vacíos en la cobertura (Bassan *et al.*, 2013a). Un ejemplo exitoso de la determinación de responsabilidades dio Indonesia en colaboración con el Programa de Agua y Saneamiento (WSP) mediante el Programa de Desarrollo del Saneamiento (ISSDP). Antes de implementar este programa, Indonesia tenía una de las menores tasas de cobertura en el Suroeste de Asia, pero ahora el gobierno tiene un fuerte compromiso con la Estrategia Nacional de Saneamiento. La Agencia Nacional de la Planificación del Desarrollo (Bappenas) dirige la toma de decisiones y los gobiernos locales implementan el saneamiento urbano dentro de sus jurisdicciones (WSP, 2011).

Los marcos institucionales son necesarios para establecer las exigencias y asegurar el cumplimiento. Se debe buscar un equilibrio entre normas demasiado estrictas, que impiden toda acción, ya que no podrían cumplirse, y asegurar la protección adecuada de la salud pública y ambiental. Una posibilidad es implementar mejoras progresivas que son más económicas y podrían volverse más estrictas a futuro (Parkinson *et al.*, 2013). Luego, se necesitan indicadores para evaluar la eficacia de la solución, más allá del hogar, en los resultados generales. Para este propósito, el WSP está desarrollando actualmente sus Pautas para el MLF en Sectores Urbanos Pobres, que consisten en técnicas de diagnóstico y toma de decisiones en el desarrollo de un mejor MLF en ciudades enteras (Blackett, 2013).

La recuperación de recursos de los productos de tratamiento de los LF puede incrementar el desempeño administrativa de los operadores de la ETLF, ya que procurarán maximizar los ingresos por su venta. Sin embargo, la recuperación de recursos involucra siempre un cierto grado de riesgo respecto a la seguridad del uso de estos productos. Para enfrentar esto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) está desarrollando Planes de Seguridad de Saneamiento para ayudar a las entidades gubernamentales responsables a minimizar los riesgos para la salud que se asocian con la recuperación de recursos al facilitar la implementación de las ‘Pautas para el Uso Seguro de Aguas Servidas, Excremento y Aguas Grises en la Agricultura y la Acuicultura’ (Medlicott, 2013; OMS, 2006). Otro proyecto de la Asociación Internacional del Agua (IWA) incluye el desarrollo de una metodología para la Evaluación Participativa Rápida del Riesgo de los Sistemas de Saneamiento (PRSSRA), mediante la integración de los actores, para priorizar las intervenciones que reducen los riesgos. Por último, algunos países están estableciendo pautas y programas de certificación para formar y formalizar actores que se dedican a la recuperación de los recursos.

18.1.3 Capacitación y difusión del conocimiento

Como el MLF es un campo relativamente nuevo, gran parte del conocimiento existente permanece solo en las mentes de los que lo aplican en el campo sin dejar un registro escrito y no existe una bibliografía de referencia que sea accesible y alcanzable. Es imperativo desarrollar métodos para preparar profesionales locales, ya que muchas de las deficiencias en las cadenas de servicio se deben a debilidades de capacidad institucional, administración, el número de personal, sus destrezas técnicas y otros aspectos que requieren apoyo en la capacitación de los recursos humanos (Parkinson *et al.*, 2013). Para enfrentar esto, se necesitan materiales que son fáciles de entender, que permiten el acceso de personas que no tiene preparación técnica (Parkinson *et al.*, 2013). Ojalá nuevas técnicas de compartir información puedan cubrir la brecha actual de la investigación. Por ejemplo, desde el año 2007, la Alianza para Saneamiento Sostenible (www.susana.org) ofrece a una red internacional y abierta de miembros, un foro de diálogo y una plataforma de trabajo en el internet. Algunos recursos adicionales en el internet fueron presentados en el Capítulo 1. Otra estrategia que funciona muy bien es fomentar las interacciones entre oficiales municipales y técnicos de diferentes países con condiciones similares, para compartir sus experiencias (“nexos sur-sur”). Un buen ejemplo de esto se observa en las asociaciones profesionales de recolección y transporte de LF de Kampala (Uganda) y Dakar (Senegal). Partiendo de su éxito, se invitan frecuentemente a los directores de estas asociaciones a exponer sus conocimientos en conferencias y reuniones en toda el África Subsahariana. Otro ejemplo exitoso es el del Instituto Municipal de Aprendizaje (MILE) de Durban (Sudáfrica), que se estableció para compartir sus conocimientos y experiencias

con otros municipios africanos. MILE ofrece cursos de capacitación y salidas de campo periódicamente, con financiamiento del Instituto de Naciones Unidas para la Capacitación e Investigación (UNITAR) y el municipio local de eThekweni. El Departamento de Agua y Saneamiento de eThekweni (EWS) trabaja en alianza con otros municipios en toda el África para compartir conocimientos y mejorar la provisión de servicios. Los administradores de EWS comparten sus conocimientos con los administradores de otras organizaciones de agua y saneamiento en los países de ingresos medios y bajos, con financiamiento del Banco Mundial y el WSP.

El valor de la capacitación y la investigación aplicada en el campo de MLF es reconocido actualmente y el número de estos proyectos está incrementando rápidamente (Figura 18.2). Por ejemplo, desde su establecimiento, el Programa de Agua, Saneamiento e Higiene (WSH) de la Fundación Bill y Melinda Gates (BMGF) ha financiado muchos proyectos de MLF, enfocando en especial los pobres que viven en las ciudades. Uno de sus proyectos se llama 'SaniUP' ('Estimulación de la Innovación Local para el Saneamiento de la Población Urbana Pobre en el África Subsahariana y el Suroeste de Asia') y tiene dos objetivos principales: (1) estimular esto mediante investigación y (2) fortalecer los actores de saneamiento en países en vías de desarrollo mediante educación y capacitación. Los primeros resultados incluyeron el desarrollo de un curso de tres semanas sobre MLF (www.unesco-ihe.org) dentro del pensum de estudios del Programa de Ingeniería Sanitaria de la UNESCO-IHE, la preparación y publicación del presente libro (con co-financiamiento de la Agencia Suiza para Desarrollo y Cooperación, SDC) y un curso entero sobre MLF desde el año 2015 (www.unesco-ihe.org/online-course-faecal-sludge-management).



Figura 18.2 Estudiantes de PhD caracterizan lodos fecales en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria del Instituto UNESCO-IHE, en el marco del proyecto financiado por la Fundación Bill y Melina Gates (foto: UNESCO-IHE).

18.1.4 Creación de modelos sostenibles de negocios y estructuras tarifarias

En general, pero con variaciones según las circunstancias locales, el MLF puede ser mucho menos costoso que las soluciones basadas en el alcantarillado (Dodane *et al.*, 2012). Sin embargo, debe haber flujos financieros adecuados todo el largo de la cadena de servicio o no funcionará. Muchas veces, las estructuras tarifarias no son equitativas con los habitantes más pobres, ya que les obliga a pagar por el saneamiento dos veces: mediante las tarifas para el tratamiento de aguas servidas y al pagar para el vaciado de sus estructuras descentralizadas. Modelos de negocios para MLF diferentes a los convencionales que son impulsados por los municipios deben ser considerados para reducir la carga financiera sobre estos habitantes.

Aunque es mejor que una sola entidad se encargue de la responsabilidad y el marco institucional del MLF, no tendría necesariamente que realizar cada actividad en la cadena de servicio. De la perspectiva de un modelo de negocios, diferentes clientes y propuestas de valor son posibles. Los clientes pueden incluir: el habitante que quiere simplemente que se retire el lodo y, al final de cuentas, no se preocupa del destino final del material; los municipios y entidades públicas que son responsables por la protección de la salud pública; y los usuarios de los productos finales que desean recuperar los recursos. Un modelo del desarrollo de negocios que es muy provechoso entre los vendedores informales es la ‘cooperencia’, una combinación de la cooperación y la competencia, en la cual las microempresas surgen para cumplir con una necesidad y, aunque se compiten entre sí, se benefician mutuamente de su asociación (cooperación). Existe un ejemplo en la recolección y transporte de LF en Bangalore, India, donde la competencia entre las compañías beneficia a los habitantes al mantener bajo el precio de los servicios de vaciado. Pero, al mismo tiempo, su asociación y la demanda de mejores tecnologías han producido mejores cadenas de suministro de los repuestos para los camiones aspiradores y los talleres locales ya tienen la capacidad de construir y reparar estos camiones, lo que reduce considerablemente los costos para estas empresas. Además, estos operadores entregan los LF a agricultores que los valoran y compiten entre sí para obtener estiércol económico, lo que incrementa los ingresos para el MLF (Gebauer *et al.*, 2013).

Otra posibilidad consiste en las colaboraciones públicas-privadas, que también crean nuevas oportunidades y desafíos en la planificación urbana de las municipalidades al coordinar posibles conflictos entre los intereses privados y públicos. Las estrategias incluyen la fijación de tarifas que fomentan la venta de electricidad derivada de desechos a la red interconectada y garantizan un precio y un mercado para crear financiamiento para inversiones y desarrollo de tecnología. Los municipios también podrían celebrar acuerdos de múltiples años con los actores privados para ‘garantizar el suministro de un flujo de desechos’ a fin de asegurar la factibilidad financiera de instalaciones de producción y tratamiento en gran escala. Las entidades públicas podrían crear subvenciones cruzadas para apoyar a las compañías de recolección y transporte y, al mismo tiempo, establecer y hacer cumplir tarifas máximas para el vaciado a en los hogares. Una colaboración pública-privada está funcionando relativamente bien en Kampala (Uganda) entre la Corporación Nacional de Agua y Alcantarillado (NWSC), la Autoridad de la Ciudad Capital Kampala (KCCA), la Autoridad Nacional de Manejo Ambiental (NEMA) y la Asociación de Vaciadores Privados (PEA). La PEA, que se formó en el año 1999, está a cargo de proveer el nexo crítico para toda la recolección y transporte de LF en Kampala (aunque no se ha firmado todavía un acuerdo formal de esta colaboración pública-privada).

Entre los ejemplos de investigación actual consta la empresa ‘Waste Enterprisers’ en Kenia, que está aplicando la recuperación de recursos para reinventar los aspectos económicos del tratamiento y la disposición. En lugar de pensar en la reutilización como algo adicional en estaciones costosas, la empresa está construyendo ‘fábricas’ para convertir los LF en un combustible sólido a venderse a las industrias. Al reducir los costos de procesamiento y diseñar un sistema para maximizar la recuperación de energía, ha creado un modelo de negocio rentable que tiene la finalidad de convertir el MLF en un ‘beneficio adicional’ de la generación de energía renovable. En la actualidad, está construyendo su primera fábrica a escala comercial en Kenia (www-waste-enterprisers.com). El Servicio Nacional de Saneamiento (ONAS) en Dakar (Senegal) está experimentando con un centro de llamadas, donde los habitantes pueden solicitar servicios de recolección y transporte, con un sistema de notificación a las compañías respectivas, las cuales ofrecen tarifas y la más económica es contratada, reduciendo el costo al usuario mediante la competencia. A futuro, este proyecto piloto plantea realizar un seguimiento mediante GPS y enviar notificaciones en mensajes de texto a los teléfonos celulares. El Proyecto de Reutilización y Recuperación de Recursos (RRR) está evaluando la factibilidad de implementar modelos de negocio a gran escala para la recuperación de agua, nutrientes y energía de desechos en Lima (Perú), Hanói

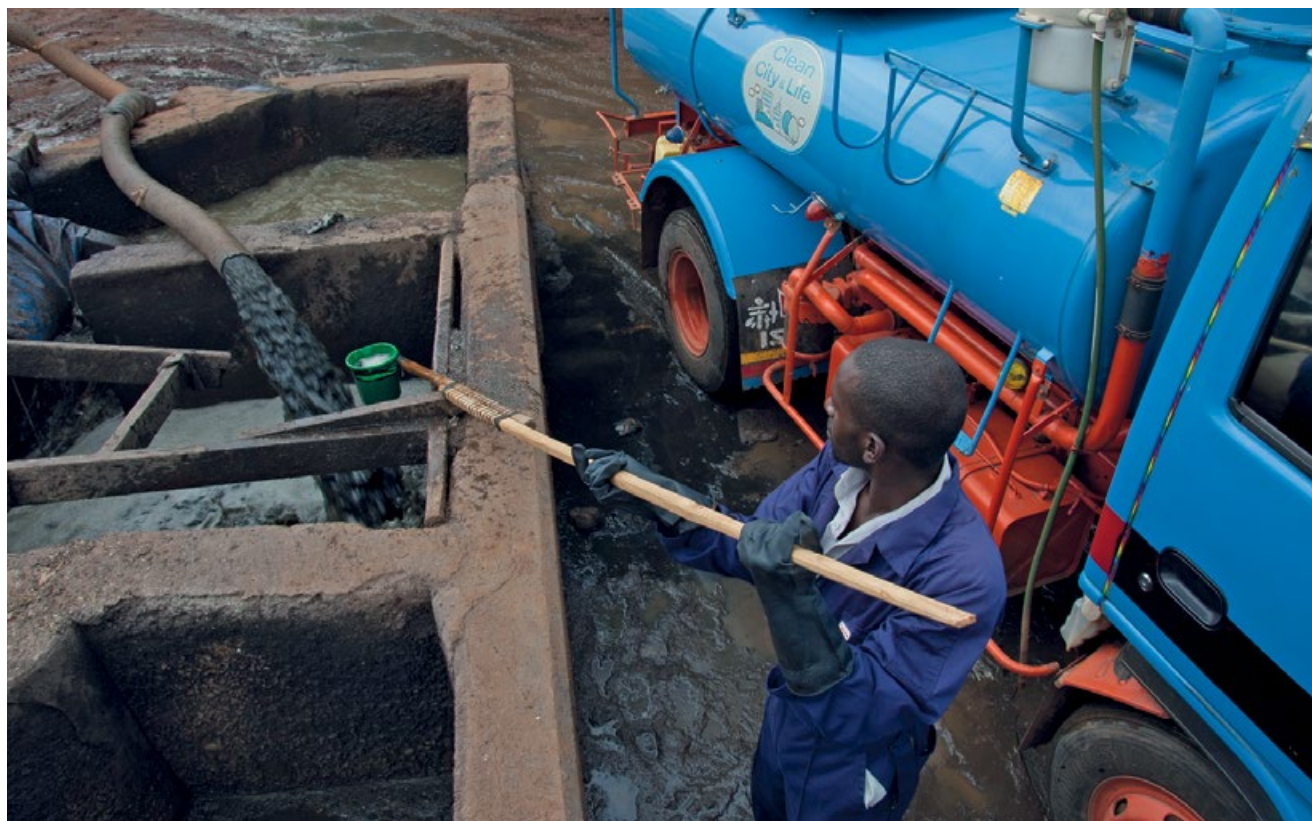


Figura 18.3 Implementación de un método de cuantificación y caracterización de lodos fecales ('FAQ') en Kampala, Uganda (foto: Lars Schoebitz).

(Vietnam), Bangalore (India) y Kampala (Uganda; www.sandec.ch/RRR). Otro ejemplo es la ONG Sanergy, que opera 260 inodoros en asentamientos informales de Nairobi y está aplicando un modelo de negocios que integra la fabricación y venta de inodoros, el transporte del excremento y su tratamiento en una estación centralizada. Está investigando las mejores alternativas para la recuperación de recursos, incluyendo el biogás y el compost (<http://saner.gy/>).

18.1.5 Implementación de metodologías integradas de planificación

La implementación de enfoques integrados de planificación para sistemas de MLF en ciudades enteras es imperativa para afrontar exitosamente el desafío de saneamiento urbano. Sin embargo, puede ser difícil con la heterogeneidad presente en las ciudades de países de ingresos medios y bajos, donde existen altas tasas de crecimiento, gran variedad en los niveles de ingresos, diversidad de estructuras de saneamiento y asentamientos tanto formales como informales, además de entornos poco favorables (Sección 17.2.1; Hawkins *et al.*, 2013). Es necesario seguir desarrollando metodologías que crean las siguientes condiciones (Parkinson *et al.*, 2013):

- Una visión compartida entre los diferentes actores de una ciudad acerca de las mejoras en saneamiento que hacen falta;
- Una determinación de prioridades claras y realistas para un mejoramiento en toda la ciudad;
- Un plan comprensivo de desarrollo sanitario en toda la ciudad que corresponde a las demandas de los habitantes y las diferentes condiciones físicas y socioeconómicas existentes en la ciudad; y
- Un entorno favorable respecto a gobernanza, finanzas, capacitación, tecnología e inclusión.

Comprender los volúmenes anuales y características de los LF en toda una ciudad es un requisito para el diseño de tecnologías de tratamiento que sean apropiadas y adecuadas, pero todavía faltan métodos confiables para lograrlo. Es difícil debido a la gran variedad de estructuras de saneamiento (p.ej., letrinas mejoradas y ventiladas (VIP), letrinas de pozos sin revestimiento, tanques sépticos) en uso en los hogares, junto con las de entidades comerciales, restaurantes, escuelas y baños públicos. Además, en general, no existe información

confiable acerca del número o tipos de estas estructuras. Los volúmenes y las características de los LF son muy variables y poco conocidos. El muestreo y análisis de toda una ciudad requiere mucho tiempo y amplios recursos. Para enfrentar esto, se están desarrollando métodos como la 'FAQ' (Cuantificación y Caracterización de Lodos Fecales) para proporcionar un enfoque lógico y económico para entender los LF en toda una ciudad. FAQ se basa en la suposición que los datos demográficos (p.ej., niveles de ingresos, legalidad de las viviendas, densidad poblacional y las edades de las construcciones) serían buenos predictores de las características de los LF, junto con algunos factores físicos (p.ej., nivel freático de agua en el suelo, tipo de suelo, altitud sobre el nivel del mar). Por ejemplo, los ingresos económicos pueden constituir una importante variable, ya que influyen en la dieta de los habitantes y la calidad de construcción de sus viviendas. Estos datos pueden ser analizados mediante Sistemas de Información Geográfica para desarrollar un plan de muestreo representativo según los recursos que se disponen. Se está comprobando el FAQ actualmente en Hanói (Vietnam) y Kampala (Uganda; Figura 18.3; www.sandec.ch).

Otro ejemplo de planificación se centra en el saneamiento en las emergencias. El Instituto UNESCO-IHE está desarrollando el Sistema de Operación de Saneamiento en Emergencias (eSOS®) con financiamiento de la BMGF, para enfrentar la cadena entera de saneamiento en emergencias que requieren ayuda externa para poder cumplirse (Figura 18.4; Brdjanovic *et al.*, 2013).

La clave de todo esfuerzo para el manejo de emergencias es integrar, compartir, comunicar y colaborar con las personas. Las Tecnologías de Información y Comunicación (ICT) son especialmente aptas para enfrentar y mejorar estos asuntos en cada paso de la cadena de servicio. A futuro, el eSOS® será modificable para: (1) el manejo de saneamiento en las condiciones desafiantes que prevalecen en zonas urbanas pobres, como asentamientos informales; (2) el saneamiento en eventos grandes al aire libre, como conciertos, ferias, festivales, etc.; y (3) la gestión de desechos sólidos. El principal objetivo de eSOS® es proporcionar servicios efectivos y eficientes de saneamiento durante y después de emergencias, con el mínimo riesgo para la salud pública de los miembros más vulnerables de la sociedad. Su objetivo secundario es la reducción de los costos de inversión, operación y mantenimiento de instalaciones y servicios de saneamiento en emergencias, como requisito para la sostenibilidad de estas soluciones, en particular después de que pase la emergencia.



Figura 18.4 Ejemplo del contexto de la aplicación de un 'inodoro inteligente' eSOS® de FLEX/ INNOVATIONLAB (foto: Peter Greste del servicio de noticias Al Jazeera).

Las metodologías para evaluar los grados apropiados de centralización o descentralización son muy importantes en la planificación de MLF. Mayor descentralización es más económica frente a los costos de transporte tanto de los LF como de los productos del tratamiento, pero se incrementan los costos de inversión y operación. La correlación entre el tamaño de la escala y el costo no es lineal y, en general, se pueden encontrar puntos de equilibrio (Gaulke, 2006). Todos estos factores dependen del contexto local y las particularidades de cada ciudad. Otra manera de afrontar esta necesidad es mediante tecnologías mejoradas que eliminan los patógenos en el mismo lugar del inodoro, las cuales incrementan la seguridad y la simplicidad del transporte y uso o disposición de los materiales. Este es uno de los mayores objetivos del Desafío de Reinventar el Inodoro (RTTC) que lleva adelante el Fundación BMGF (véase a continuación).

18.1.6 Desarrollo de tecnologías apropiadas

Existe una gran necesidad de desarrollar tecnologías apropiadas de MLF, aun si las soluciones para los sistemas enteros de MLF no dependerán solo de la tecnología y deben analizarse según cada contexto local. Las nuevas tecnologías se basan generalmente en investigaciones pioneras y las agendas de investigación suelen ser impulsadas desde los países donde las soluciones basadas en el alcantarillado son la norma aceptada. Esto resalta la necesidad de realizar investigaciones prácticas de MLF en los países donde sea directamente pertinente. Además, a fin de que los nuevos conocimientos sean asimilados e influyan en las políticas, los investigadores locales deben trabajar juntamente con los gobiernos urbanos a cargo del MLF (Bassan y Strande, 2011). Dada la necesidad urgente de soluciones técnicas, la investigación y la implementación deben avanzar en paralelo, masificando la escala tan rápidamente como sea posible. Por ejemplo, es apremiante transferir la experiencia existente sobre lechos de secado (con o sin plantas) para desaguar y secar los lodos de aguas servidas a la implementación en gran escala en el tratamiento de LF, con una optimización de la tecnología sobre la marcha luego de construirse (Dodane *et al.*, 2011). Se deben seleccionar las tecnologías no solo a partir de las características específicas de los LF, sino también otros factores, como la demanda en el mercado local de los productos del tratamiento o las posibilidades para el co-tratamiento (Diener *et al.*, 2014). Los siguientes son ejemplos de temas actuales de investigación:

- Caracterización de lodos fecales;
- Recolección y transporte;
- Tecnologías semicentralizadas de tratamiento;
- Tecnologías de tratamiento en el mismo sitio que el inodoro; y
- Recuperación de recursos.

18.2 CARACTERIZACIÓN DE LODOS FECALES

Como se explicó en el Capítulo 2, los LF son muy variables y sus características son poco conocidas. A fin de diseñar tecnologías óptimas de tratamiento, es necesario conocer esta variabilidad y sus factores subyacentes (Bassan *et al.*, 2013b). El Proyecto PURR (www.sandec.ch) está explorando las maneras en que las estructuras descentralizadas de contención y los métodos de recolección y transporte influyen en las características de los LF. Las primeras etapas de este proyecto incluyen un estudio de la caracterización de LF y el desarrollo de recetas de materiales que pueden sustituirlos en estudios de laboratorio para evaluar los factores que determinan su tasa de degradación biológica. Otros investigadores también han desarrollado recetas para simulacros de lodos con el fin de evaluar las propiedades físicas que influyen al vaciado mecánico (Radford y Fenner, 2013). Otra causa de la variabilidad actual en estos datos es la falta de métodos estandarizados. Se han adaptado algunos métodos de los análisis de aguas servidas y suelos, pero es necesario evaluar su precisión en el análisis de los LF y, luego, todos deben seguir métodos estandarizados para asegurar la comparabilidad de los resultados. El Grupo de Investigación de Contaminación (PRG) de la Universidad de KwaZulu Natal (UKZN) ha estudiado ampliamente este tema y redactado una colección de procedimientos operativos estándares (SOP) para el análisis de las propiedades químicas (p.ej., pH, potasio, amoníaco) y mecánicas (p.ej., conductividad térmica, calorimetría) de los LF. Este tipo de investigación básica de laboratorio es necesario para desarrollar un entendimiento detallado de las características de LF y proporcionar mecanismos para investigaciones estandarizadas y comparables a realizarse en todo el mundo.

18.3 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

La mejor tecnología disponible para el vaciado de lodos consiste actualmente en los camiones aspiradores, pero, en general, son muy caros y no pueden llegar hasta los hogares que se encuentran en calles estrechas. El Proyecto del 'Omni-ingestor', financiado por BMGF, pretende desarrollar un equipo que sea muy ágil, sea capaz de vaciar los LF más rápidamente, pueda lidiar con lodos densos eficientemente (>40 % de sólidos) y tenga un mecanismo para desaguar los lodos en el mismo sitio. El agua es pesada y, por lo tanto, costosa para transportar; al separar el agua de los LF y tratarla al lado de la misma estructura de contención permitiría una reutilización directa del agua procesada (p.ej., en riego agrícola) o su disposición en drenajes (p.ej., alcantarillados). Este equipo reduciría considerablemente los costos de transporte y posibilitaría realizar más operaciones de vaciado antes de tener que ir a descargar en la ETLF, además de reducir el tiempo perdido atascado en las calles congestionadas. Algunos actores privados están desarrollando actualmente varios prototipos de una máquina así.



Figura 18.5 Investigación acerca de los lechos de secado: un aparato para mezclar los lodos en lechos de secado sin plantas en la Estación Depuradora de Aguas Residuales Bugolobi en Kampala, Uganda (arriba); un estudio de posibles especies de plantas para sembrar en lechos de secado en Dakar, Senegal; y un proyecto piloto de lechos de secado con plantas para tratar los lixiviados de otros lechos de secado, en Yaoundé, Camerún (fotos: Linda Strande).

18.4 TECNOLOGÍAS SEMICENTRALIZADAS DE TRATAMIENTO

El Proyecto PURR está evaluando el potencial para un co-manejo de LF junto con lodos de aguas servidas en Vietnam. Se está explorando la posibilidad de producir biogás de la digestión conjunta de LF y lodos de aguas servidas, así como la factibilidad de digerirlos con una mezcla de otros flujos concentrados de desechos. El Proyecto DAR (“de Desecho A Recurso”) en Dakar, Senegal, está examinando las tecnologías de lechos de secado mediante la optimización de lechos con y sin plantas (Figura 18.5). Los lechos de secado tienen relativamente bajos costos de inversión y operación, aunque requieren más espacio. Su mayor eficiencia podría reducir la extensión necesaria, lo que incrementaría su aplicabilidad en zonas urbanas que cuentan con poco espacio. Se está investigando actualmente el uso de medios filtrantes alternativos (p.ej., vidrio triturado), diferentes regímenes de mezcla e invernaderos para acelerar el secado. Se analiza el uso de nuevas especies de plantas en los lechos de secado a fin de incrementar el rendimiento del tratamiento y aumentar la recuperación de recursos mediante la producción y venta de forraje (www.sandec.ch).

Janicki Industries está desarrollando una tecnología para procesar los desechos en comunidades enteras, con el siguiente funcionamiento: (1) un generador de electricidad y calor (de 150 kW) quemaría los LF como combustible en un lecho fluidizado de arena; (2) el calor generado produciría un vapor de alta presión que giraría un motor de émbolos alternos que está conectado al generador que produciría la electricidad; y (3) el escape del motor, con el ‘calor de proceso’, sería aprovechado para secar los LF que ingresan. El concepto de este tratamiento se deriva del rediseño cuidadoso de los componentes básicos de los generadores, optimizándolos para una producción en masa económica de estos generadores pequeños.

18.5 TECNOLOGÍAS DESCENTRALIZADAS DE TRATAMIENTO

Lograr un tratamiento fiable con tecnologías de saneamiento en el mismo lugar de los inodoros constituye un gran desafío debido a factores como la falta de gestión técnica, la demanda de energía constante y los altos costos. El RTTC está apoyando actualmente varios proyectos que afrontan esto. La primera ronda de tecnologías fue presentada en Seattle en año 2012 y la segunda en Delhi en marzo de 2014.

Algunas de las tecnologías aplicadas para esto incluyen carbonización hidrotérmica, microondas, oxidación supercrítica, pirólisis y procesos electroquímicos. El Research Triangle Institute (RTI) está desarrollando una tecnología integrada de inodoro que pueda: (1) separar los desechos líquidos y sólidos; (2) secar y quemar los sólidos mediante una combinación de energía mecánica, solar y térmica (generado por gasificación con flujo de aire descendiente); (3) desinfectar los líquidos; y (4) convertir el calor en electricidad (www.rti.org). El Instituto de Tecnología de California (Caltech) está desarrollando un sistema integrado de inodoro y tratamiento de excremento a partir de un panel solar fotovoltaico y un reactor electroquímico independiente que genera como productos del tratamiento hidrógeno para energía y fertilizante para la agricultura. El proceso consiste en una oxidación en múltiples pasos del excremento y las bacterias presentes. El sistema integrado incluirá: desinfección descentralizada del excremento, procesamiento de desechos orgánicos sólidos, paneles solares, baterías para almacenar la electricidad generada y microfiltración del efluente final, todo con la finalidad de producir hidrógeno, fertilizante y agua que esté apta para riego o reciclaje. La Universidad Loughborough, en Gran Bretaña, está desarrollando un sistema que incluye un tanque de entrada, filtros, un reactor a altas temperaturas y presiones y un separador de cloruro de sodio (sal) mediante evaporación. Funciona en tres pasos: la separación de líquidos y sólidos, el tratamiento autotérmico de los sólidos y la separación del agua y de la sal, con el calor producido en el paso anterior. El reactor para los sólidos y el evaporador de los líquidos serán construidos como partes modulares que se ajustan entre sí.

18.6 RECUPERACIÓN DE RECURSOS

La investigación en esta área incluye el Proyecto FaME (Emprendimientos para Manejo Fecal) que está identificando grandes mercados para los productos del tratamiento a fin de establecer un flujo financiero confiable y significativo (Figura 18.6). El Proyecto está investigando métodos innovadores para la recuperación de recursos, enfatizando el uso masivo de los lodos secos como combustible. Los resultados del proyecto evidencian el potencial alentador técnico y financiero de los productos de LF y llenan vacíos en el conocimiento sobre la manera de utilizar los lodos como combustible industrial para aprovechar su valor calorífico (Murray Muspratt *et al.*, 2014), la demanda en el mercado de los productos finales del MLF (Diener *et al.*, 2014), flujos financieros viables para la recolección y transporte y la optimización de la tecnología de los lechos de secado (www.sandec.ch).



Figura 18.6 Horno en tamaño piloto del proyecto FaME (Emprendimientos para Manejo Fecal) para la co-combustión de lodos fecales en la producción de ladrillos en Kampala, Uganda (foto: Pitman Ian Tushemezibwe)

18.7 REFLEXIONES FINALES

La creatividad es esencial en cada aspecto de la tecnología, la gestión y la planificación a fin de continuar el avance de soluciones que son transferibles y aplicables globalmente para las 2,7 mil millones de personas en el mundo que dependen de tecnologías descentralizadas de saneamiento y los otros miles de millones que las van a necesitar en las próximas décadas. Mantener la mente abierta será clave en el desarrollo de soluciones óptimas e innovadoras, aprendiendo del pasado sin limitar las posibilidades para el futuro debido a prejuicios sobre lo que ha funcionado o no en el pasado en otros contextos. Como se ha destacado en este capítulo, muchas investigaciones innovadoras están en marcha a las escalas de laboratorio, proyecto piloto e implementación masiva. Una riqueza de información está surgiendo rápidamente, con algunas ideas listas para aplicarse masivamente y muchas otras que están todavía en proceso de desarrollo. Estos esfuerzos invertidos en la investigación y el desarrollo sin duda producirán innovaciones en todos los aspectos de la cadena de servicio de MLF y crearán una nueva generación de científicos e ingenieros que impulsarán cambios que apuntan a un MLF integrado. Es un momento emocionante y esperanzador para los avances en la investigación, la educación y la puesta en práctica del MLF. Este campo seguirá avanzando y ojalá que la siguiente versión de este libro contenga mucha más información sobre casos de éxito en el diseño y la implementación de sistemas integrados de MLF a partir de estas nuevas experiencias.

18.8 BIBLIOGRAFÍA

- Bassan, M., Strande, L. (2011). Capacity strengthening in sanitation: benefits of a long-term collaboration with a utility and research institute. Ponencia revisada por pares en la 35th WEDC International Conference, Loughborough, Gran Bretaña.
- Bassan, M., Mbéguéré, M., Tchonda, T., Zabsonré, F., Strande, L. (2013a) Integrated faecal sludge management scheme for the cities of Burkina Faso. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 3(2), p.216–221.
- Bassan, M., Tchonda, T., Yiougo, L., Zoellig, H., Mahamane, I., Mbéguéré, M., Strande, L. (2013b). Characterization of faecal sludge during dry and rainy seasons in Ouagadougou, Burkina Faso. Refereed paper presented at 36th WEDC International Conference, Nakuru, Kenia.
- Blackett, I. (2013). FS Management in 12 Cities Review Findings and Next Steps. Ponencia en la Semana del Agua Mundial en Estocolmo, Suecia.
- Brdjanovic, D., Zakaria F., Mawioo P.M., Thye Y.P., Garcia H.A., Hooijmans C.M., Setiadi T. (2013). eSOS® – Innovative Emergency Sanitation Concept. In Proceedings: 3rd IWA Development Congress and Exhibition, 14 a 17 de octubre, 2013, Nairobi, Kenia.
- 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., Kengne, I.M., Strande, L. (2011). Planted Drying Beds for Faecal Sludge Treatment: Lessons Learned Through Scaling Up in Dakar, Senegal. *SANDEC News* 12: 14-15.
- 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: 3705-3711.
- EAWAG, 2005. Household-centred Environmental Sanitation: Implementing the Bellagio Principles in Urban Environmental Sanitation. Dübendorf, Suiza: EAWAG.
- Gebauer, H., Larsen, T., Lüthi, C., Messmer, U., Schöbitz, L., Strande, L. (2013). Business Model Innovations for Transformative Services: Doing Well Through Doing Good? Presentation at QUIS 13 Conference, June 10-13, Karlstad University, Suecia.
- Gaulke, L.S., (2006). Johkasou: On-site Wastewater Treatment and Reuses in Japan. *Proceedings of the Institute of Civil Engineers - Water Management*, 159(2): 103-109.
- Hawkins, P., Blackett, I., Heymans, C. (2013). Poor-inclusive Urban Sanitation: An Overview. Washington, DC, EE.UU.: Banco Mundial. Disponible en: <https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/WSP-Poor-Inclusive-Urban-Sanitation-Overview.pdf>
- Hutton, G., Rodriguez UE, Napitupulu, L., Thang, P., Kov, P. (2008). Economic impacts of sanitation in Southeast Asia. Washington, DC, EE.UU.: Banco Mundial, WSP. 144 páginas. (Incluye un resumen ejecutivo de 23 páginas).
- Hutton, G., (2013). Global costs and benefits of reaching universal coverage of sanitation and drinking-water supply. *Journal of Water and Health* 11(1), p. 1-12.
- Medlicott, K., (2013). Sanitation Safety Planning (SSP) – Step-by-step Guide for Safe Use and Disposal of Wastewater. Ponencia en el congreso de IWA sobre el Desarrollo, Nairobi, Kenia.
- Murray Muspratt, A., Nakato, T., Niwagaba, C., Dione, H., Kang, J., Stupin, L., Regulinski, J., Mbéguéré, M., Strande, L. (2014). Fuel potential of faecal sludge: calorific value results from Uganda, Ghana and Senegal. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 4(2): 223–230. Resumen disponible en: <http://www.iwaponline.com/washdev/004/washdev0040223.htm>
- OMS. (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 4. Excreta and greywater use in agriculture. Organización Mundial de la Salud (OMS), Ginebra, Suiza. ISBN 92 4 154685 9.
- 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>

Radford, J., Fenner, R. (2013). Characterisation and fluidisation of synthetic pit latrine sludge. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 3(3), p. 375–382.

Robbins, D., Strande, L., Doczi, J. (2012). Opportunities in FS Management for Cities in Developing Countries: Experiences from the Philippines. *Water21* (14.6), p.22-25. Disponible en: <http://www.iwaponline.com/w21/01406/w21014060022.htm>

WSP. (2011). Lessons in urban sanitation development : Indonesia sanitation sector development program 2006-2010. *Water and Sanitation Program: field note*. Washington, DC, EE.UU.: Banco Mundial.

Preguntas para el Estudio de este Capítulo

1. ¿Cuál de las tecnologías innovadoras mencionadas le parece más viable? ¿Por qué?
2. ¿Qué ventajas y desventajas están asociadas con una mayor descentralización del MLF?
3. ¿Cuál de los seis cuellos de botella mencionados es más difícil de superar en el país donde le gustaría mejorar el MLF?