

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**SANEAMIENTO AMBIENTAL DESCENTRALIZADO EN ZONAS
PERIURBANAS Y RURALES DE LA SIERRA Y AMAZONÍA DEL
ECUADOR, UNA REVISIÓN.**

Tesis previa a la obtención del
Grado de Ingeniera Civil.

AUTOR:

KAROL ANDREA GALARZA DELGADO

DIRECTOR:

ING. ANDRÉS ALVARADO MARTÍNEZ PhD.

CUENCA – ECUADOR

OCTUBRE 2015



RESUMEN

Los sistemas de tratamiento de efluentes domésticos descentralizados son una alternativa económica y sostenible frente a sistemas convencionales de alcantarillado y tratamiento para las zonas rurales y periurbanas en países en vías de desarrollo. Sin embargo, persisten múltiples falencias en su planificación, implementación, operación y mantenimiento (O&M). El presente artículo pretende, mediante una revisión bibliográfica, realizar un análisis del estado actual de dichos sistemas descentralizados en varios países, comparando con las características tecnológicas, ambientales y socioeconómicas de comunidades rurales y periurbanas de las regiones sierra y amazónica sur del Ecuador.

La oferta tecnológica de sistemas descentralizados para el Ecuador es muy alta, se destaca a los sistemas anaerobios por su bajo costo energético y baja demanda de O&M y la combinación de éstos con unidades de sedimentación y/o con sistemas aerobios que logran mayores reducciones de materia orgánica y organismos patógenos. Se recomienda, sin embargo, invertir en experiencias piloto y exigir que la planificación de nuevas unidades se realice con caracterizaciones de los efluentes y los cuerpos receptores.

La revisión destaca la importancia de contar con el involucramiento de los usuarios del sistema en la O&M puesto que los recursos técnicos y logísticos de los entes gubernamentales son limitados. La capacidad de gestión de las comunidades es, independientemente de su condición económica, factible de ser mejorada con educación sobre la salud pública y ambiental y la capacitación a líderes jóvenes locales. Es necesario que las inversiones que se realicen sean apropiadas para asegurar eficiencia y sostenibilidad en los sistemas descentralizados.

Palabras Claves: saneamiento ambiental, tratamiento de aguas residuales, sistemas anaerobios, sistemas aerobios.



ABSTRACT

The decentralized treatment systems for domestic effluents are an economic and sustainable alternative in comparison to conventional wastewater collection and treatment systems in rural and sub-urban areas in developing countries. However, there are still many shortcomings in the planning, implementation, operation and maintenance (O&M) of those systems. This article aims, throughout a comprehensive bibliographic review, to analyze the current state of decentralized sanitation systems in several countries, comparing to the technological, environmental and socioeconomic characteristics present in the rural and sub-urban communities in the southern Andean and Amazon region of Ecuador.

The technological options for decentralized systems in Ecuador are very wide, the anaerobic systems are highlighted for their low energy and O&M and the combination of these with units as settlers and/or aerobic systems for further reductions of organic matter and pathogens. It is recommended, nonetheless, to invest in pilot systems and strongly recommended to execute rigorous effluent characterizations and to determine the self-purification capacity of the receiving water bodies.

This article highlights the importance of the participation of the users in the O&M of the systems, due to the limited technical and economic resources available in the governmental institutions. The management capabilities of the communities could be strengthened with environmental and public health education, despite of their economic status and the training of local youth leaders. It is necessary that the investments must be very clever to achieve both efficient and sustainable decentralized systems.

Keywords: environmental sanitation, wastewater treatment, anaerobic systems, aerobic systems.



INDICE

Cláusula de Derechos de Autor	5
Cláusula de Propiedad Intelectual	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
INTRODUCCIÓN	9
PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	11
DISCUSIÓN	71
Sanearamiento Ambiental en el sector rural ecuatoriano.....	71
Influencia de la temperatura en la viabilidad tecnológica.....	72
Reutilización de nutrientes en el suelo.....	74
Eliminación de patógenos	74
Gestión de los sistemas descentralizados	75
Sistemas descentralizados para el Ecuador	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78

TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las tecnologías más empleadas en zonas descentralizadas según el nivel de tratamiento.

Tabla 2: Tecnologías

Tabla 3: Métodos de Gestión



Cláusula de Derechos de Autor

Karol Andrea Galarza Delgado, autora de la tesis "SANEAMIENTO AMBIENTAL DESCENTRALIZADO EN ZONAS PERIURBANAS Y RURALES DE LA SIERRA Y AMAZONÍA DEL ECUADOR, UNA REVISIÓN.", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, Octubre del 2015

Karol Andrea Galarza Delgado

C.I: 1400673263



Cláusula de Propiedad Intelectual

Karol Andrea Galarza Delgado, autora de la tesis "SANEAMIENTO AMBIENTAL DESCENTRALIZADO EN ZONAS PERIURBANAS Y RURALES DE LA SIERRA Y AMAZONÍA DEL ECUADOR, UNA REVISIÓN", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, Octubre del 2015

Karol Andrea Galarza Delgado

C.I: 1400673263



DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi padre, Luis Galarza Zúñiga quién fue durante 22 años y seguirá siendo durante el resto de mi vida, mi ejemplo de perseverancia, lucha y trabajo; a mi madre Clelia Delgado Torres que con su paciencia y comprensión inculcó en mí valores de solidaridad, respeto y humildad. Ambos fueron la razón y mi pilar económico y moral principal para lograr ser una profesional.

A Dios, por sujetarme de la mano y levantarme en aquellos momentos difíciles.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Cuenca por la formación académica brindada durante mis años de estudio, en especial al Ingeniero Andrés Alvarado Martínez PhD., por el apoyo, paciencia y dedicación brindada como tutor y persona en la elaboración de esta tesis, y al Ingeniero Esteban Pacheco Tobar MSc., por el apoyo y ayuda incondicional brindada siempre hacia mí, y al Ingeniero Galo Ordóñez Espinoza por su colaboración cálida y atenta en esta investigación.

A mis hermanas, hermano y cuñado, por ser un apoyo para mí y darle la vida a la inspiración más grande que tengo para ser cada día mejor, mis sobrinos.

A todos mis compañeros y compañeras, en especial a aquellas que llegaron a ser más que amigas, gracias por la calidez humana y por hacerme sentir como en casa en su linda ciudad.

Simbología y Abreviaturas:



DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

TAR: Tratamiento de Aguas Residuales

COT: Carbono Orgánico Total

ST: Sólidos Totales

INTRODUCCIÓN

En Ecuador y en varios países en vías de desarrollo la falta de información y las falencias en educación en los habitantes de las zonas rurales y periurbanas acerca de la importancia de la salud pública y ambiental, influye considerablemente en la deficiencia o carencia de sistemas y métodos de gestión para tratar las aguas residuales. Así también existen zonas descentralizadas en las cuales se ha invertido gran cantidad de recursos en análisis e implementación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales (TAR); sin embargo, una importante cantidad de estos sistemas han fracasado o funcionan en condiciones muy deficientes por el inadecuado o inexistente mantenimiento y control.

El presente artículo pretende, mediante una exhaustiva revisión bibliográfica de reportes académicos, artículos científicos, entrevistas e información actualizada de entes nacionales e internacionales, realizar un análisis del estado actual de los sistemas descentralizados de saneamiento ambiental alrededor del mundo, comparando las características tecnológicas, ambientales y socioeconómicas con comunidades rurales y periurbanas del Ecuador, con un especial enfoque en las regiones sierra y amazónica sur del Ecuador. En vista de los ingentes recursos utilizados en la evaluación y análisis de la operación de estos sistemas, se presenta en este documento un resumen cronológico de las tecnologías usadas con éxito en otros países y de las dificultades en su implantación, O&M para brindar una guía a los entes nacionales e internacionales para tomar decisiones concretas de saneamiento ambiental descentralizado bajo distintas condiciones socioeconómicas y ambientales.

Existe mucha información dispersa de tecnologías existentes para el tratamiento descentralizado de aguas residuales y la factibilidad de aplicar cada uno de ellos dependiendo de factores meteorológicos, socioeconómicos y culturales (GTZ, 2001). Para el análisis de la vasta y muy variada información disponible, se ha realizado en primer lugar una selección de artículos destacados en dos categorías (i) análisis de tecnologías implantadas en diferentes localidades del mundo y (ii) análisis de la gestión de los sistemas y las características socioeconómicas de cada localidad.

Cada agua residual tiene sus propias características, así como cada comunidad tiene sus propias costumbres, -algunas ancestrales-, cultura, cosmovisión y educación, por lo que la tecnología o método de gestión

implantado con éxito en diferentes localidades descentralizadas en otros países, no debe ser generalizada y aplicada directamente a condiciones ambientales similares en el Ecuador. Así también es infructuoso realizar más evaluaciones de los sistemas existentes mientras no se haya realizado experiencias piloto serias con resultados concretos para cada tecnología y región del Ecuador, analizar seriamente los objetivos del saneamiento ambiental y revisar la legislación ambiental ecuatoriana para incorporar las características de los cuerpos receptores en el proceso de determinación de los límites de descarga de contaminantes.

Existen varios análisis exhaustivos realizados en zonas rurales o peri-urbanas de países en vías de desarrollo, permitiendo obtener una guía para la implantación de tecnologías descentralizadas que consideran la condición socioeconómica de la zona, la seguridad otorgada a los usuarios y una gestión que además de promover la participación de la comunidad y del gobierno, garantice una adecuada O&M (Ghaitidak y Yadav, 2013a; Fach y Fuchs, 2010; Beausejour y Nguyen, 2007).

Las tecnologías de TAR disponibles son muy amplias y en constante desarrollo; sin embargo, existen muchas condiciones que influyen al momento de elegir una u otra tecnología, entre ellas: las características físicas, químicas y biológicas del afluente, la influencia de las condiciones ambientales, la disponibilidad de terreno, las condiciones energéticas de la zona, la población proyectada para el diseño, las condiciones socioeconómicas y finalmente una muy importante, las características del cuerpo receptor de los efluentes tratados. De la información analizada en el presente documento, los procesos físicos y químicos más utilizados en sistemas descentralizados, dependiendo del nivel de tratamiento son los siguientes:

**TECNOLOGÍAS**

Tratamiento Preliminar	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario	Tratamiento Terciario
· Tamizado	· Tanque Imhoff	· Reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB)	Para el efluente:
· Filtración	· Pozo Séptico	· Humedal Artificial	· Radiación Solar
· Sedimentación	· Reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB)	· Laguna Anaerobia	· Cloración
	· Filtración	· Otros sistemas lagunares	· Laguna de Maduración
	· Humedal Artificial		Para los lodos:
			· Secado Térmico
			· Adición de Dióxido de Titanio
			· Adición de Amoniaco

Tabla 1. Clasificación de las tecnologías más empleadas en zonas descentralizadas según el nivel de tratamiento.

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

La finalidad de este trabajo es la elaboración de un artículo de revisión (review paper), el cual pretende resumir el estado actual del conocimiento sobre un tema, así como resaltar la información más relevante sobre un tema durante los últimos años, es decir, presenta material previamente publicado. Cualquier tipo de artículo tiene como objetivo comunicar los resultados de investigaciones, ideas y debates de una manera clara, concisa y fidedigna, para eso se debe aplicar tres fundamentos: Precisión, Claridad y Brevedad.

Un artículo puede presentar diferentes esquemas, para el presente artículo de revisión se seguirá el siguiente:

1. Título: Máximo de 15 palabras que expresen el contenido del artículo de forma clara y concisa; el título va acompañado por el nombre de el o los autores (máximo 6) en orden según el aporte brindado a la investigación; se debe identificar la institución o instituciones donde se realizó la investigación.
2. Resumen: Se debe identificar de forma rápida y precisa el contenido básico del artículo, señalando los principales objetivos y alcances de la investigación, metodología empleada, los resultados más relevantes y las principales conclusiones.
3. Introducción: Señala el problema general y la razón de la investigación, antecedentes y al final se utiliza un párrafo para resaltar los objetivos de la investigación.
4. Resultados y Discusión: En cuanto a los resultados, se debe incluir tablas o figuras que expresen de forma clara los resultados de la investigación; en la discusión se debe dar respuesta a la pregunta establecida en la introducción seguida de las pruebas expuestas en los resultados.
5. Conclusiones y Recomendaciones: Debe presentar deducciones verdaderas, respondiendo a la pregunta establecida en la introducción.



6. Agradecimiento: Se debe reconocer la colaboración de personas o instituciones que ayudaron en la investigación, que colaboraron en la redacción o revisaron el manuscrito.
7. Bibliografía y Referencias: Deben ser citadas de acuerdo al orden de mención en el texto y siguiendo el formato exigido por la revista elegida o la Editorial científica.

La información sobre tecnologías y métodos de gestión para TAR descentralizadas, se obtuvo de una base de datos bibliográfica de resúmenes y citas de artículos de revistas científicas; una base de datos fue Scopus, que tiene la cobertura de 16.500 revistas revisadas por pares de las áreas de ciencias, tecnología, medicina, ciencias sociales, artes y humanidades. La búsqueda en Scopus incorpora búsquedas de páginas web científicas mediante Scirus, Elsevier, y bases de datos de patentes. Otra base de datos fue Scielo (Scientific Electronic Library Online), iniciativa dada por parte de una Fundación para el Apoyo a la Investigación del Estado de São Paulo, Brasil (FAPESP) y del Centro Latinoamericano y del Caribe de Información en Ciencias de la Salud (BIREME), ésta permite la publicación electrónica de ediciones completas de las revistas científicas mediante una plataforma de *software* que posibilita el acceso a través de distintos mecanismos. Sin embargo debido al acceso limitado que tiene la Universidad de Cuenca a estas bases de datos, no todos los documentos de interés fueron directamente accesibles, fue necesario realizar una gestión a personas con acceso a éstos documentos, incluso en otros países.

Una vez obtenido el acceso a las páginas científicas ya mencionadas, se seleccionaron 50 artículos relacionados con el tema de investigación, es decir, el TAR para sectores descentralizados, considerando tanto las tecnologías como los métodos de gestión aplicados; la selección se realizó a partir de una lectura comprensiva del resumen presentado en cada documento.

Posteriormente se realizó una lectura diagonal de todos los artículos inicialmente seleccionados, mostrando mayor énfasis en la metodología aplicada y los resultados obtenidos, para finalmente seleccionar un total de 28 artículos, donde dos de los artículos presentan información sobre tecnología y método de gestión a la vez, es decir, obtuvimos 15 artículos relacionados con tecnologías y 15 con métodos de gestión recomendados o que se han aplicado con éxito para el TAR en sectores descentralizados y en diferentes partes del mundo.

Para obtener un resumen de cada artículo que presente los conceptos, ideas o argumentos de mayor aporte a la investigación, se realizó una lectura comprensiva de cada uno de ellos, obteniéndose los siguientes resúmenes iniciales:

Autor: GTZ

Año: 2001



Título: Decentralized wastewater treatment methods for developing countries (Métodos de tratamiento de aguas residuales descentralizados para países en desarrollo*)

Resumen:

- Se planteó que una de las mejores opciones para la recolección, tratamiento y eliminación de residuos, se debe hacer de manera descentralizada usando tecnologías con una buena mecanización cerca del lugar de generación y que la elección de la tecnología más apropiada dependerá de varios factores tales como la composición de las aguas residuales, la disponibilidad de tierras, disponibilidad de fondos y de la experiencia.
- El documento presenta información técnica sobre los cuatro pasos fundamentales para un TAR: como tratamiento primario recomienda estanques de sedimentación, tanques sépticos, digestores de biogás simples o tanques imhoff y lagunas anaeróbicas profundas; como tratamiento secundario recomienda la digestión anaerobia con filtros de lecho fijo o tanques sépticos desconcertado; y como tratamiento secundario y también terciario la combinación de una digestión aeróbica y anaeróbica usando humedales artificiales o estanques de poca profundidad.
- A pesar de su fiabilidad e impresionante rendimiento en el tratamiento, los sistemas UASB (reactores de flujo ascendente), filtros por goteo o discos giratorios, no fueron considerados como métodos de TAR descentralizados para los países en desarrollo, ya que estos sistemas requieren asistencia cuidadosa y especializada.
- Además se indica una descripción de las tecnologías y el área típica para su aplicación: tanque séptico, letrinas biogás y comunales, tanques imhoff, filtros anaerobios, tanques sépticos desconcertados (involucra un proceso anaerobio, tanque séptico, un reactor de lecho fluido y un UASB, humedales artificiales, estanques anaerobios y aerobios).
- Finalmente en el documento se realiza una comparación entre los sistemas descritos, resaltando los requisitos y rendimiento de cada uno, por ejemplo en cuanto a remoción de la DBO, tenemos que los pozos séptico y tanques imhoff remueven de 25 a 50%, los filtros anaerobios y tanques sépticos desconcertado de 70 a 90% y los humedales y sistemas de estanques de 70 a 95%.
- Para una máxima descarga de DBO de 50 mg/l, los filtros anaeróbicos en combinación con un tanque séptico puede ser suficientes para las aguas residuales de 300 mg/l de DBO sin tratamiento posterior.
- Las tecnologías recomendadas por el autor se realiza de acuerdo al área superficial que requiere el sistema, por ejemplo, un tanque séptico o un tanque imhoff es recomendable para 0.5 m²/m³ de flujo diario, un filtro anaerobio o desconcertado de 1 m²/m³ de flujo diario, las lagunas



requieren 4 m²/m³ de flujo diario, y los tanques aeróbicos de hasta 25 m²/m³ de flujo diario.

- Se presenta en un resumen las ventajas y desventajas de usar un sistema de tratamiento dependiendo del tipo de agua residual que se debe tratar y del efluente deseado.

Autor: Sundaravadivel y Vigneswaran

Año: 2001

Título: Wastewater collection and treatment technologies for semi-urban areas of India: a case study. (Alcantarillado y tecnologías de tratamiento para las zonas semi-urbanas de la India: un caso de estudio*)

Resumen:

- El autor señala que hay una aparente falta de opciones de saneamiento adecuadas para áreas semi-urbanas de la India, lo que habría generado que cada comunidad adopte tecnologías de saneamiento in situ.
- Señala además que la mayoría de la población tanto del sector rural como la del sector urbano participaban en actividades de agricultura, ubicándose las zonas "urbanas" más cerca del sector rural, por lo que fue conveniente llamarlas como áreas o zonas peri-urbanas; la densidad de estas ciudades oscilaban entre 6000-10000 hab/Km².
- Asequibilidad ha sido el principal criterio para la selección de las tecnologías recomendadas para la mejora del TAR en estas comunidades, además de la adecuación necesaria para el mejoramiento de la salud pública y el medio ambiente.
- El estudio se realizó en cuatro pequeñas comunidades de Tamil Nadu (India), y tuvo como finalidad evaluar la idoneidad de las tecnologías de recolección y TAR de bajo costo disponibles, las localidades fueron: Andipatti, Bodinayakanur, Cumbum y Theni.
- Inicialmente se realizó una encuesta a 456 hogares seleccionados al azar, con la finalidad de recopilar información sobre la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y la frecuencia de su aparición, lo que haría reflexionar sobre la eficacia de las prácticas de saneamiento actuales y por lo tanto el alcance de las mejoras necesarias. Se recogieron muestras de las aguas residuales de las cuatro ciudades para ayudar en la evaluación del nivel necesario de tratamiento.
- La mayoría de los hogares de las cuatro comunidades con pocas excepciones, tenían letrinas secas que descargaban sobre canales abiertos ubicados a los lados de la carretera, cabe recalcar que los residuos eran recogidos manualmente y los canales recogían también aguas pluviales, facilitando el transporte de los residuos totales.
- Una opción planteada fue incorporar inodoros y un sistema de alcantarillado, éste generaría un costo máximo per cápita de US\$ 36.93 y mínimo de US\$ 4.75, además para un buen funcionamiento del

- sistema, el flujo promedio sería de 150 L/día, considerando los costos y las limitaciones, la opción fue descartada.
- En las comunidades estudiadas por lo general no tenían patios abiertos en sus casas, en caso de tener un pozo séptico, los desbordamientos de éstos no se eliminaban a través de los pozos de absorción o campos de lixiviación como se prevé en la política, se eliminaban por los desagües abiertos que estaban destinados a llevar sólo agua de los sumideros domésticos, ducha, lavabos y aguas pluviales, pero por dichos canales existentes fluían altos niveles de residuos fecales y coliformes, aparte de otros contaminantes orgánicos y nutrientes. Además, las aguas residuales parcialmente tratadas, se utilizaban para el riego, ya sea directamente o después del almacenamiento en estanques sin ningún tipo de control.
 - La encuesta en los hogares durante el estudio indicaron que un 23% de los hogares se registró al menos un episodio de enfermedades gastrointestinales antes de un mes, y en un 18% al menos un episodio de fiebre tifoidea/cólera/ictericia durante un periodo inferior a un año.
 - El documento planteó que las limitaciones de recursos financieros en el contexto de un país en desarrollo como la India son comprensibles, ya que existían algunos conceptos erróneos acerca de la elección de una tecnología de "bajo costo" para el saneamiento urbano en éstos países en desarrollo (Grau, 1996), conduciendo al fracaso de los proyectos de saneamiento.
 - Este documento sugirió un sistema de alcantarillado resuelto, en este sistema las aguas residuales de uno o más se descargarían en un tanque de sedimentación para la eliminación de los flotantes y sólidos en suspensión, que luego se transportarían por pequeños colectores poco profundos. La ventaja obvia de este sistema en comparación con los sistemas convencionales de alcantarillado y simplificados, es que no tenía que ser diseñado para los criterios de "auto-limpieza" para asegurar el transporte de sólidos, lo que ahorraría los costos, éstos fueron notificado entre 50 - 70% (Mara, 1996).
 - Como ya existían los desagües abiertos que funcionaban a nivel de la superficie de la carretera, se implantó una red de drenajes cubiertos, incorporando ciertas modificaciones estructurales simples en estos drenajes cubiertos que facilitó su correcto funcionamiento, limpieza, mantenimiento y la prevención de abusos. Por lo tanto el sistema completo consistió en: 1) las fosas sépticas de los hogares y 2) una red de drenajes superficiales hidráulicamente bien diseñados y cubiertos con losas de hormigón que tendrían ranuras/agujeros para la entrada de aguas pluviales.
 - Teniendo en cuenta la ubicación cercana de los campos agrícolas y la práctica de la reutilización de aguas residuales en la agricultura, que sólo sería razonable si el efluente tratado cumpliera con las normas de calidad para riego que exigen una concentración fecal de coliformes de



1000 NMP por cada 100 ml, y una concentración de huevos de nematodos intestinales menor a 1/100 ml tanto para riego restringido y no restringido, se planteó la alternativa de tratar las aguas residuales a través de canales de camas de juncos, que sería una versión modificada de los humedales artificiales. Se calculó una remoción de DBO en el rango de 70-80% y una reducción de coliformes fecales en el orden de Log2- Log3 en un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 1 a 2 días.

Autor: Elmitwalli et al. (2003)

Año: 2003

Título: Decentralized treatment of concentrated sewage at low temperature in a two-step anaerobic system: two upflow-hybrid septic tanks. (Tratamiento descentralizado de aguas residuales concentradas a baja temperatura en un sistema anaerobio de dos pasos: dos tanques sépticos - flujo ascendente híbrido*)

Resumen:

- El estudio se realizó para comunidades ubicadas en zonas rurales de bajas temperaturas, donde la población oscila entre 1000 y 20000 habitantes, tomado como ejemplo a las 4000 comunidades rurales que existen en Egipto aproximadamente y del cual más del 95% no tiene acceso a saneamiento básico.
- Se planteó un tratamiento conformado por un tanque séptico híbrido de dos pasos (AH), que consta de un lecho de lodo en la parte inferior y un filtro anaerobio (AF) colocado en la parte superior, usando además el modelo matemático ADM1 (IWA, 2002), que principalmente se basa en una ecuación de primer orden y la cinética de Monod, que respectivamente se encargan del análisis de la hidrólisis de partículas biodegradables y la conversión de la materia orgánica disuelta.
- Los tanques tuvieron una capacidad de 0.575 m³ cada uno, con una altura de 2.25 metros, los ensayos se realizaron a temperaturas de 18 y 13 ° C.
- Basado en los resultados experimentales y del modelo matemático, se concluyó que se necesita un TRH de 5.5 a 7.5 días para un tanque séptico (AH) de un solo paso, usado para aguas residuales domésticas concentradas a una temperatura baja de 13 °C (periodo de invierno). Tal sistema pudo proporcionar una eliminación de DQO de hasta el 87% y estará lleno de lodo después de un período de un año o más.
- El tratamiento de las aguas residuales domésticas concentrado en el tanque séptico-AH de dos etapas, dio como resultado eficiencias de eliminación más altas para las fracciones de DQO que los encontrados en un tanque UASB-séptico.



Autor: Parkinson

Año: 2003

Título: Decentralized wastewater management in peri-urban areas in low-income countries. (Gestión descentralizada de aguas residuales en áreas peri-urbanas en países de bajos ingresos*)

Resumen:

- Se planteó una tecnología que permita reutilizar las aguas residuales y de esa manera recuperar recursos, así como promover la participación local en la planificación y toma de decisiones; el documento hizo hincapié en la importancia de la construcción de la capacidad de las organizaciones locales en todos los aspectos de la gestión para el TAR de manera descentralizada.
- Se indica la influencia del crecimiento poblacional en países de bajos ingresos y su calidad de vida sobre las tecnologías disponibles para el TAR.
- El documento señala la situación sobre la producción, eliminación y reutilización de las aguas residuales en esas comunidades pobres, resaltando la necesidad de evitar el contacto directo entre los habitantes y sus aguas residuales.
- Se indica además la deficiencia por parte de la administración del sector urbano que no presta servicios adecuados a zonas peri-urbanas.
- En cuanto a métodos de gestión se planteó un enfoque desagregado, es decir un método que permita utilizar los recursos locales a través de iniciativas de la comunidad e instituciones no gubernamentales, el principal objetivo fue conseguir mayor participación e interés a nivel local, donde se pueda introducir sistemas de regulación y seguimiento realizado por la misma comunidad, planteando tecnologías atractivas que principalmente se enfoquen en la reutilización del efluente y el funcionamiento del sistema a largo plazo, también se resaltó las ventajas financieras que representa tratar el agua residual de manera descentralizada, mostrando que aunque el pago sea mayor por tratarse de menos personas en el sector rural, éste sigue siendo menor que en las zonas centralizadas.
- En cuanto a tecnologías, considerando que el nivel de tratamiento depende de la eliminación o reutilización que se requiera dar, por ejemplo, la reducción de patógenos es importante cuando se reutiliza las aguas residuales, pero menos importante cuando se descarga en un curso de agua; se recomendó como tecnologías adecuadas para el TAR de manera descentralizada, un tratamiento anaerobio, lagunas de estabilización y humedales artificiales.
- Se señaló como limitaciones para el tratamiento la falta de experiencia para realizar gestiones, al igual que la falta de conocimiento en la (O&M) de un sistema, las limitaciones institucionales, económicas y sociales.



- Finalmente el autor recomienda la búsqueda de estrategias que fomenten la capacidad concertada basada en cuatro niveles, defendiendo el derecho de los ciudadanos en la participación de las decisiones relacionadas con su comunidad, buscando métodos de gestión que integren los servicios de suministro de agua y el manejo de residuos sólidos, la participación y colaboración por parte de instituciones centralizadas y principalmente la capacitación y difusión de información técnica con la gente a nivel local, usando lenguajes apropiados que permitan conocer las habilidades y capacidades disponibles dentro de la comunidad.

Autor: Heymans et al.

Año: 2004

Título: Driving policy change for decentralized wastewater management (DWWM). (Conduciendo el cambio de políticas para la gestión de aguas residuales descentralizada*)

Resumen:

- Se plantea que grandes áreas del sector descentralizado no son atendidas por instalaciones de TAR formales y que los sistemas existentes están a menudo sobrecargados y mal cuidados.
- Se plantea la adopción de un enfoque descentralizado que localiza la planificación e implementación de aspectos a nivel comunitario y mejora la apropiación local del manejo de aguas residuales (DWWM), pero para implementar las opciones descentralizadas se requiere algo más que la iniciativa local, se sostiene que el apoyo político es crucial para avanzar más allá de las iniciativas a escala piloto.
- El documento indica que es dudoso que más del 10 por ciento de las aguas residuales producidas en el Sur y Sudeste Asia sean tratadas antes de su descarga a un curso de agua o utilizada para el riego de zonas agrícolas.
- La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó en el año 2000, que sólo el 35 por ciento de las aguas residuales recolectadas por alcantarillas se trata.
- Se dice que DWWM puede tomar diferentes formas: La primera consiste en la descentralización de las responsabilidades de gestión para los componentes locales de un sistema físicamente centralizado. El segundo implica la separación física de varios componentes de la infraestructura que presta servicios en diferentes modalidades. La tercera área es la toma de decisiones para lograr una planificación con las personas.
- La descentralización es más que una desagregación, sino que también requiere la demarcación clara de las funciones y responsabilidades, por lo que se resaltó que los desechos debían ser vistos no como un problema, sino como un recurso a ser administrado lo más cerca posible de su fuente.



- Sobre gestiones realizadas a través de organizaciones no gubernamentales (ONG), el documento cita ciertos ejemplos: en la India, SPARC (scalable processor architecture), Sulabh Internacional (Organización de servicio social) y otras ONG había promovido diversas formas de gestión descentralizada para instalaciones de saneamiento comunales que podían ser conectadas a alcantarillas municipales. En Bangladesh, se inició un sistema para desazolve de fosas sépticas y en Dhaka un sistema para lixiviar pozos, que deberían ser administrado por una ONG (DSK) empleando 'barrenderos' locales, pero además podía ser replicado en involucrar a los empresarios del sector privado a pequeña escala. Otra ONG en Bangladesh fue PRISM, esta había desarrollado un sistema que implicaba un combinado entre el TAR y la recuperación de los recursos. En Khulna la iniciativa de tratamiento fue apoyada por un Comité Asesor del Proyecto, que estaba presidido por el alcalde de la localidad y como tal, proporcionó un enlace a los sistemas formales de gobierno. En Vietnam, los comités de los pueblos asumieron la responsabilidad de recolección y eliminación de aguas residuales en algunas áreas. Todos los ejemplos mencionados fueron posibles gracias a que los municipios asumieron la responsabilidad para la recogida de aguas residuales y la eliminación, pero otro gran número de hogares lo hicieron basándose en sus propios esfuerzos y participación.
- El documento plantea en primer lugar que la política nacional podría ayudar a establecer que la gestión de las aguas residuales descentralizada es una opción, y no una panacea, reconociendo que las instalaciones y sistemas descentralizados pueden ser apropiados para algunas áreas y no para otros. En segundo lugar, que la gestión de las aguas residuales no puede estar sola, ya que el tema de la gestión de aguas residuales es importante porque afecta al medio ambiente, la salud y los medios de vida de las comunidades. En tercer lugar, señala que las iniciativas deberían basarse en las realidades existentes y en responder a los problemas actuales. En cuarto lugar, que la política debe ser habilitante, no prescriptivo. En quinto lugar, que la política debe promover la práctica replicable.
- Se necesitó capacitación para logra éxito en una DWWM, capacitación que involucraba una asistencia en la elaboración de directrices de planificación y módulos de capacitación para ayudar a los actores locales a orientar, donde el punto de partida para el desarrollo de capacidades fue identificar e involucrar a las personas con interés en la mejora de la gestión de aguas residuales (políticos, altos funcionarios del gobierno, ONG, organismos internacionales y tal vez representantes de los agricultores y de las partes interesadas que utilizaban aguas residuales en sus actividades generadoras de ingresos).
- Sin embargo, la investigación puso de manifiesto que la gestión de las aguas residuales todavía no es una preocupación importante para muchas partes, que los riesgos de salud ocasionados por el riego con agua no tratada se subestimaron y que la información acerca de las opciones tecnológicas e institucionales era insuficiente.
- En el documento se hace hincapié sobre la importancia de la transparencia del gobierno y de la buena toma de decisiones en los

sistemas descentralizados para la gestión de las aguas residuales, considerando que las realidades sociales y las limitaciones físicas, tales como falta de acceso a la tierra, podría obstaculizar la descentralización.

- Como resultado de la aplicación del método DWWS se observaron iniciativas locales que comenzaron a hacer frente a los desafíos, pero éstas tendrían éxito sólo si la política les brindaba apoyo.

Autor: N. Viet Anh et al.

Año: 2004

Título: Decentralized wastewater management- a Hanoi case study. (Gestión descentralizada de aguas residuales- Un caso de estudio en Hanoi.*)

Resumen:

- El documento se centra en el marco institucional para la prestación de servicios y la infraestructura para la gestión de aguas residuales. Indica que dentro de las responsabilidades de los Comités de los Pueblos (PC) en Hanoi- Vietnam en la prestación de servicios y sus vínculos, destaca las interacciones con los organismos responsables de la prestación de servicios centralizados a nivel de ciudad. El documento también describe cómo estos vínculos podrían fortalecerse para mejorar la calidad de la prestación de servicios y una mayor sostenibilidad, y explora las oportunidades y limitaciones para la replicación del método planteado.
- Durante la investigación Hanói se encontraba en un proceso de industrialización intensiva y de modernización, la población que se estudió es la zona urbana más pequeña de Hanói, su población en el 2004 fue más de 1.7 millones, con un 65% de población con acceso a servicios de alcantarillado y saneamiento a través de grandes canales de drenaje que fluyen hacia fuera de la ciudad.
- Se estimó que la cantidad de aguas residuales en Hanói es alrededor de 460.000 m³/día, con excepción de aguas residuales negras (aprox. 20% del total) que eran tratadas en fosas sépticas; todas las aguas residuales se descargaban sin tratamiento a cuerpos de agua superficiales que drenaban hacia los ríos Nhue y Rojo, y que además eran utilizadas por los agricultores peri-urbanos que vivían en el borde de la ciudad.
- En Hanói (SADCO) era la agencia con responsabilidad oficial para la gestión de las aguas residuales en la ciudad, esta agencia obtenía su financiamiento de la recarga del 10% en las facturas de los servicios brindados por las aguas residuales.
- En Vietnam existía una serie de buenos modelos de participación de la comunidad en el suministro de agua y gestión de residuos sólidos, así como algunos modelos de gestión descentralizada de aguas residuales (DWWM) a diferentes niveles; por lo que se planteó que la gestión descentralizada de los sistemas de saneamiento podían incluir tanto las iniciativas privadas y las no gubernamentales.



- En Vietnam la privatización y la participación pública se entendía como una "Socialización", y promover la participación de todos los sectores de la sociedad en el gobierno, necesitaba ser complementado con esfuerzos específicos en promover la participación de las mujeres, comunidades étnicas y otros grupos desfavorecidos o excluidos en el proceso de toma de decisiones y en los puestos de dirección en todos los niveles.
- Se argumenta que ante una buena gestión, el gobierno sería mucho más capaz de cumplir su estrategia de liderazgo como proveedor y formulador de políticas que delegan responsabilidad y autoridad para ciertas tareas a niveles locales, ante actores no gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil. En Hanói el gobierno expresó su firme compromiso con el proceso de transferir la responsabilidad y toma de decisiones a los Comités del Pueblo provinciales.
- Para lograr mejoras en la gestión de aguas residuales a través de la descentralización, los recursos e inversiones para la formación de funcionarios a nivel local para gestionar un mayor número y variedad de responsabilidades fue sumamente necesario, además de un adecuado diseño técnico y directrices de (O&M) eficientes.
- La formación y educación para crear conciencia y fomentar la comunicación para DWWM, mostró enfoque en la generación más joven, incluyendo la actualización y renovación de programas de enseñanza.
- Como ejemplos se cita a Hai Ba Trung, uno de los barrios del centro de la ciudad de Hanói, en el cual la comunidad pudo participar en pequeños proyectos para el mejoramiento o construcción de nuevas líneas de alcantarillado en el área local; los costes de funcionamiento eran normalmente tomados del presupuesto de la ciudad y desde el Fondo Provincial de Trabajo de interés público que se creó mediante contribuciones anuales de los ciudadanos. Para la instalación de sistemas de saneamiento y de gestión, los comités provinciales jugaron el papel de gestor. Y como la autoridad local estaba sobrecargado de obras diarias y no pudo proporcionar una respuesta rápida a los problemas inesperados relacionados con los fallos del sistema, tales como la obstrucción del alcantarillado, mal olor o inundaciones locales; fue ahí donde destacó la participación de los representantes de la comunidad aunque seguía siendo necesario mayor supervisión.
- Otro ejemplo fue Thanh Tri, un distrito periurbano del sur de la ciudad de Hanói, donde había una organización combinada entre la responsabilidad de la prestación de los servicios de alcantarillado, drenaje y riego. La inversión y los gastos de funcionamiento se tomaron del presupuesto de la ciudad conseguido de las contribuciones de los ciudadanos. En este distrito las pequeñas reparaciones, modernización de la red, alcantarillas y canales de limpieza se llevaban a cabo por el trabajo de la población local. Todas las decisiones fueron tomadas por la autoridad local, y por lo tanto las políticas y regulaciones del distrito

jugaron un papel importante en la gestión del sistema. La comunidad fue a menudo muy motivada y movilizada para llevar a cabo la limpieza frecuente de alcantarillado, limpieza del terreno, etc. y los líderes de la comunidad local desempeñaron un papel vital en la participación pública.

- Para la reutilización de las aguas residuales, había un acuerdo interno en relación con el bombeo de éstas a los campos de arroz o a los estanques de peces individuales que existían en el distrito.
- El autor manifiesta que existía una débil o inexistente relación entre temas de gestión y tecnologías y los programas de enseñanza en las universidades.

Autor: Langergraber y Muellegger

Año: 2005

Título: Ecological Sanitation—a way to solve global sanitation problems? (Saneamiento Ecológico - ¿una manera de resolver los problemas de saneamiento a nivel mundial?)

Resumen:

- Inicialmente se manifiesta que más del 90% de las aguas residuales en los países en desarrollo se descarga sin tratamiento a ríos, lagos y zonas costeras, el objetivo subyacente del estudio fue cerrar ciclos de nutrientes y agua (locales) con menos gasto en materiales y energía para contribuir a un desarrollo sostenible.
- El artículo presenta una introducción a los principios y conceptos de EcoSan, incluyendo aspectos de reutilización (nutrientes disponibles y los riesgos que se producen); también se señala casos de estudio sobre el uso de EcoSan en los países industrializados y en desarrollo.
- Se indica que el paradigma EcoSan en saneamiento tiene como enfoque los ecosistemas y el cierre de ciclos de flujo del material, reconoce a los excrementos humanos y el agua de los hogares como un recurso y no como unos residuos. EcoSan no es sólo una solución de la gente pobre o con bajo nivel; es más un número de soluciones adecuadas para diferentes situaciones locales, ya que evita la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, previene la degradación de la fertilidad del suelo y optimiza la gestión de los nutrientes y los recursos del agua.
- Los requisitos para que un sistema EcoSan funcione adecuadamente son: minimizar los recursos naturales finitos, la liberación de sustancias no biodegradables al medio ambiente debe ser detenida, las condiciones físicas de los flujos circulares de la materia debe mantenerse y la retirada de los recursos renovables no debe superar el ritmo de su regeneración.
- En el documento se plantea que es muy importante conseguir una fuerte participación de partes interesadas, obteniendo una adecuada

planificación y procesos de toma de decisiones, proporcionando a los usuarios información para permitir una elección informada. Se señala los riesgos higiénicos que pueden generar la orina humana, las aguas grises, aguas pluviales y en general las aguas residuales y se indica casos de estudios relacionados con el uso del sistema EcoSan en comunidades rurales en Uganda, Alemania, Dinamarca y Finlandia.

- Finalmente el autor plantea que el uso de un sistema EcoSan, mejora la salud, reduciendo al mínimo la introducción de los patógenos de la excreta humana en el ciclo del agua, promueve un reciclaje seguro e higiénico de valiosos nutrientes presentes en la excreta humana, conserva los recursos naturales a través de la reducción del consumo de agua, permite la sustitución de fertilizantes químicos y reduce al mínimo la contaminación del agua, da preferencia a sistemas descentralizados señalándose como una rentable solución, ayuda a preservar la fertilidad, mejora la productividad agrícola, contribuye con la seguridad alimentaria y promueve un enfoque holístico e interdisciplinario.
- Todos los conceptos señalados de EcoSan, están de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo del Milenio, debido a su accesibilidad a las personas más pobres del mundo.

Autor: Kujawa-Roeleveld y Zeeman

Año: 2006

Título: Anaerobic treatment in decentralized and source-separation-based sanitation concepts. (Tratamiento anaerobio descentralizado basado en conceptos de saneamiento y separación en el origen*)

Resumen:

- Se inicia planteando que para poder tratar un determinado tipo de aguas residuales, es importante conocer sus características y propiedades, es por eso que el autor inicia caracterizando a todos los tipos de aguas residuales, resaltando principalmente la diferencia entre aguas negras y grises, los contenidos de carbono, potasio, fósforo y nitrógeno, resaltando que las aguas negras contiene gran cantidad de nutrientes, mientras que las aguas grises contiene pocos nutrientes de origen inorgánico además de contener muchos metales pesados; manifestando que para determinar las características del agua residual es muy importante conocer las costumbres y estilos de vida de cada hogar.
- Se sostiene que una de las opciones para mejorar el tratamiento de las aguas negras, sería densificándolas al disminuir el consumo de agua en un 25% o baños con menor descarga.
- Se indica además que todo tratamiento tiene como finalidad obtener una determinada calidad de efluente, donde muchas veces se requiere un post-tratamiento que tiene 3 objetivos: eliminar patógenos, eliminar

materia orgánica restante y eliminar o recuperar nutrientes en función de las necesidades locales.

- El autor plantea que en comunidades donde no es posible proporcionar instalaciones de alcantarillado debido a las limitaciones económicas, entonces las aguas residuales se recolectan y tratan de manera total, donde las tecnologías más usadas son las anaerobias, que sin duda tienen una alta efectividad a temperaturas altas, sin embargo se ha prestado poca atención en mejorar los diseños que a menudo operan de manera deficiente a temperaturas bajas.
- En un tanque séptico se realiza la sedimentación de la materia en suspensión, la conversión anaerobia de la materia orgánica y la acumulación de partículas inertes, sin existir contacto entre el agua residual y el lodo debido al flujo horizontal que se genera, la frecuencia de vaciado oscila entre medio y varios años, sin embargo se planteó añadir un reactor UASB al tanque séptico, garantizando que se proporcionaría mayor eficiencia al sistema, ya que las condiciones de flujo ascendente mejorarían la unión de bacterias en copos o gránulos; se registró una remoción del 80 al 90% de DQO a temperaturas mayores de 20 °C. Al combinar un reactor UASB con un tanque séptico se tiene mayor volumen disponible para la acumulación de lodos, donde una parte del sistema deberá ser limpiado una o dos veces al año dependiendo del diseño. Como se crea un lecho de lodo denso en la parte inferior del reactor donde se dan los procesos biológicos, el contacto entre la biomasa y el sustrato se mejoró en relación a una fosa séptica convencional, y debido a la larga retención de biomasa los tiempos de retención hidráulica fueron más cortos.
- Si la temperatura se encuentra por debajo de 12 °C, la conversión de los ácidos grasos volátiles producidos por el metano son muy bajos, por lo que para éstas condiciones se recomendó el uso de reactores UASB de dos etapas, en el primer reactor se acumularían los sólidos proporcionando baja hidrólisis, acidificación y metanogénesis en los meses fríos, y en el segundo reactor se generaría únicamente la metanogénesis; sin embargo en los meses cálidos, es decir de mayor temperatura, en el primer reactor los procesos ya mencionados serían más rápidos, mientras que en el segundo reactor serviría para pulir totalmente al efluente.
- El efluente en ambos casos plateados, requerirá un post-tratamiento que elimine los compuestos orgánicos restantes y los agentes patógenos.
- El documento señala un ejemplo en Colombia (Cali), donde el uso de un reactor UASB a 25 °C presenta una remoción de DQO y DBO superiores a 75%.
- Además indica para temperaturas bajas algunas opciones, por ejemplo: usar lodos con material granular, retirar la materia en suspensión antes de que entre al reactor anaerobio, un reactor UASB seguido de un lecho de lodo granular ampliado, el uso de un sistema de dos fases

conformado por un filtro anaerobio (AF) donde se remueve gran cantidad de DQO y un reactor híbrido anaerobio (AH) que retiene la biomasa y ejerce cierta actividad biológica, donde el sistema en conjunto presenta una remoción del 71% de DQO, funcionando a una temperatura de 13 °C con un TRH de 4 y 8 horas respectivamente, (Elmetwalli et al., 2003). Otra recomendación para temperaturas bajas es el uso de un reactor UASB complementado por un digestor de lodos, donde la función del digestor es romper los floculas formados en el reactor UASB, recirculándolos para que completen su metanogénesis y produzcan más biogás que es utilizado para el funcionamiento del mismo digestor.

- Otra opción que plantea el autor es el manejo de la orina por separado, ya que indica que un almacenamiento adecuado de la orina proporciona la inactivación de microorganismos patógenos y su reutilización como agua para el jardín o como fertilizante de cultivos.
- Como ya se mencionó anteriormente, un post-tratamiento es necesario para el efluente del reactor anaerobio, que tiene como finalidad cumplir con los requisitos de las OMS, que establece en sus normas que el efluente debe tener menos de 1000 coliformes fecales en 100ml, y menos de 1 huevo de helmito.

Autor: Abegglen y Siegrist

Año: 2006

Título: Domestic wastewater treatment with a small-scale membrane bioreactor. (Tratamiento de aguas residuales domésticas con un bioreactor de membrana a pequeña escala*)

Resumen:

- Se analizó el uso de una membrana a pequeña escala para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en un hogar de cuatro personas. El bioreactor de membrana estuvo en funcionamiento durante 6 meses y alcanzó tasas de eliminación de 90, 95 y 80% para el Carbono Orgánico Total (COT), DQO y nitrógeno total, respectivamente. La cantidad de lodo producido fue muy pequeña.
- El objetivo fue encontrar una nueva forma de tratamiento de las aguas residuales, el reciclaje de los recursos de agua, lodo y fosfato en la escala más pequeña, cumpliendo con los estándares de calidad para el efluente establecidos en Suiza.
- Durante el primer año, todas las aguas residuales desembocaron directamente en el reactor de membrana que consistía en dos tanques separados: El primer tanque se utilizó como un clarificador primario con un nivel de agua constante y para evitar que los flujos de acceso sean directos, un deflector fue instalado en el centro del tanque con una abertura en su base, además se introdujo aireación intermitente que crea algunas turbulencias e inyecta oxígeno para reducir condiciones

anaerobias y la producción sustancias de mal olor. El segundo tanque fue la unidad central del tratamiento, fue un tanque de lodos activados con una membrana de placa sumergida, la membrana tuvo un área de 4 m² y aberturas de 0.04 mm, el ensuciamiento fue impedido por la aireación que además aseguró los procesos biológicos. Los dos sistemas de aireación fueron independientes el uno del otro. El efluente se bombeó y se deshidrató para posteriormente ser almacenado en un tanque y reutilizado para inodoros y riego de jardines.

- En cuanto a la eliminación del nitrógeno, éste puede ser optimizado mediante la reducción de aireación durante la retirada del lodo, obteniendo finalmente reducciones de hasta un 90% de nitrógeno igual a la reducción del fosfato.
- Todo el sistema consumió altos niveles de energía, la electricidad fue necesaria para la burbuja de flujo cruzado de aireación de las membranas y la bomba de permeado; se estimó alrededor de 5 a 10 kWh (Kilovatio hora).
- El objetivo de este proyecto fue investigar la práctica ambiental, social y económica de un sistema de TAR descentralizada a nivel de los hogares. El autor plantea que unos pocos problemas operacionales y parámetros tales como la eliminación de nutrientes, la decoloración, el consumo de energía, servicios y mantenimiento todavía tienen que ser investigadas con mayor detalle, además sostiene desde el punto de vista económico, que los sistemas descentralizados altamente sofisticados podrían instalarse en las zonas rurales que presenten ecologías sensibles, sin embargo, también podrían ser una alternativa para las regiones con escasez de agua, ya que podrían disminuir el consumo de agua en un 30-40%.

Autor: Battistoni et al.

Año: 2007

Título: Application of food waste disposers and alternate cycles process in small-decentralized towns: A case study. (Aplicación de trituradores de desperdicios de comida y proceso de ciclos alternados en pequeños pueblos descentralizados: Un estudio de caso*).

Resumen:

- Se planteó el uso de trituradores de desperdicios de comida (FWDs) que permitía integrar la gestión de las aguas residuales municipales y los residuos orgánicos de los hogares en las ciudades pequeñas y áreas descentralizadas, el estudio se realizó en un pueblo de montaña en el centro de Italia de 250 habitantes, analizando la influencia que tendría en las alcantarillas y en la planta de tratamiento, ya que la carga de material orgánico podría mejorar el rendimiento de los procesos de lodos activados así como el proceso de digestión anaerobia.



- El sistema de alcantarillado existente en el pueblo tenía 20 años de funcionamiento, recogiendo tanto las aguas residuales municipales y la escorrentía de lluvia en un TRH (tiempo seco) de 1.5 horas.
- Por otro lado la planta de tratamiento tenía una capacidad máxima de 6.87 m³/h. La entrada del agua residual cruda se bombeaba a una pantalla y luego al reactor biológico (83 m³ de volumen), a continuación el lodo activado se separaba a un clarificador rectangular, mientras que el agua tratada se desinfectaba para finalmente ser descargada en un arroyo. Por otro lado el lodo residual se extendía en camas de secado, que luego se vaciaban periódicamente para finalmente ser arrojadas en basureros.
- El impacto de los FWDs en las alcantarillas mostraron valores elevados tanto para los SST, DQO y nitrógeno total, en cuanto al impacto sobre la planta de tratamiento, se vieron modificaciones en la capacidad y requerimiento de aire, pero que sin embargo no modificaron su funcionamiento y efectividad.
- En los consumos de energía de la planta de tratamiento no se vieron impactos significativos, de hecho se tuvo mayor disponibilidad de carbono biodegradable que permitió optimizar el uso del oxígeno, donde se registró grandes variaciones fueron en los hogares, puesto que el consumo de energía incrementó y por ende el costo.
- Como conclusión el autor plantea que el uso de FWDs será beneficioso solo después de 4 a 5 años de operación.

Autor: Beausejour y Nguyen

Año: 2007

Título: Decentralized sanitation implementation in Vietnam: a peri-urban case study. (Aplicación de saneamiento descentralizado en Vietnam: un caso de estudio peri-urbano*)

Resumen:

- Se presenta uno de los primeros estudios de casos completos de agua residual a pequeña escala realizado en Vietnam. La investigación demuestra cómo la comunidad integrada a pequeña escala tiene un sistema de gestión de aguas residuales basado en la participación de los hogares y la gestión comunitaria. Se argumenta que los recursos locales de las ciudades pequeñas y periurbanas podrían utilizarse de manera más eficiente para contribuir a la gestión de aguas residuales en Vietnam si se utilizan las tecnologías apropiadas y si su gestión y capacidades técnicas se refuerzan.
- El documento manifiesta que el acceso a servicios de saneamiento higiénico era muy bajo en Vietnam; donde el Abastecimiento y Saneamiento de Agua (CERWASS) en el centro rural de Vietnam indicaron que el 55% de los vietnamitas tenían acceso a letrinas higiénicas en el 2006 (CERWASS, 2006), además se indica que el

sector peri-urbano y sobre todo rural, son áreas que enfrentan necesidades de saneamiento urgentes y que se debe hacer frente a la creciente urbanización e industrialización, ya que estas áreas ubicadas en los límites de las urbanizaciones necesitan soluciones flexibles y adaptables.

- El documento plantea que los sistemas descentralizados son más flexibles en cuanto a la prestación de servicios (tecnología, estrategia de implementación, mecanismo de financiación, etc.), y por lo tanto son capaces de facilitar soluciones fuera de los confines de las instalaciones existentes de infraestructura a gran escala (Parkinson y Tayler, 2003).
- Los beneficios de la gestión de aguas residuales a pequeña escala han sido buenos dentro de la comunidad científica internacional, sin embargo, muy pocos de estos sistemas habían sido realmente implementados en Vietnam; por lo que este trabajo presenta los resultados de la mitad del proyecto y considera la planificación e implementación de proyectos a nivel local. Los resultados presentados se obtuvieron de evaluaciones participativas, entrevistas y observaciones directas.
- La ONG de la Juventud con la Misión-Mercy, Alivio y Desarrollo de Asia (YWAM-MRDA) implementó el proyecto ambiental en Lai Xa` como piloto de micro-escala de los servicios ambientales gestionados por la comunidad en el año 2003, el proyecto incluía la gestión de desechos sólidos y una gestión de desechos líquidos, las actividades programadas debían concluirse hasta el año 2009. Lai Xa` era parte del municipio Kim Chung situado a 15 km al Oeste de Hanói, la zona era tradicionalmente agrícola y la aldea densamente construida de 4.000 habitantes estaba rodeada de campos de arroz y verduras, sin embargo, esta ubicación periurbana estaba bajo una creciente presión de las fuerzas de la urbanización y la industrialización.
- Antes del proyecto, la aldea no presentaba un drenaje, ni estructuras de gestión para residuos sólidos, los eventos de inundaciones eran frecuentes y la acumulación de basura combinado con agua de tormenta se estaba convirtiendo en un problema.
- Para el proyecto de Gestión de Residuos sólidos, el enfoque utilizado por la ONG era la alta participación comunitaria con un enfoque en la Información, Educación y Comunicación (IEC) en el período de 2 años. El comité local del proyecto a cargo de la campaña se componía de los líderes tradicionales de la aldea, los hogares fueron capacitados para separar residuos orgánicos de los inorgánicos, por otra parte la administración de la aldea proporcionó la tierra para el relleno sanitario, la estación de compostaje y la carretera de acceso y los residuos orgánicos se utilizarían como abono orgánico. La implementación, construcción y los costos del proyecto fueron compartidos por la organización no gubernamental (50%), la comuna y la aldea (50%). Los

hogares pagaban una contribución mensual de US\$ 0.60 para el funcionamiento del sistema.

- Para el proyecto de Gestión de residuos líquidos, el mismo comité logró este segundo proyecto utilizando el mismo enfoque: la promoción de la participación pública y la contribución de la comunidad por las campañas de IEC, el proyecto consistió en tres actividades principales: la primera fue una serie de capacitación sobre las causas y efectos de los residuos líquidos y saneamiento para un grupo de representantes del núcleo de pobladores, la segunda actividad fue la campaña de comunicación para sensibilizar a los líderes y la población, y por último, la tercera actividad fue la construcción de los principales sistemas de drenaje y tratamiento. Una vez más la contribución financiera de la ONG para el proyecto fue excepcionalmente baja en comparación con proyectos similares financiados por otros tipos de fuentes, su contribución fue del 50% de los costos directos totales y el otro 50% era obtenido de la aldea, contribuciones de los comités y de las comunas populares. La contribución extra de los hogares mensualmente se creó para cubrir los costos de operación de la planta de tratamiento, cabe recalcar que los niveles más altos de gobierno no participaron en el proyecto.
- Se obtuvo resultados importantes en términos de: (1) mejor prácticas de uso doméstico; (2) una tecnología innovadora para el TAR; y (3) capacidades locales para gestionar un proyecto de este tipo.
- La mayoría de los proyectos de saneamiento piloto en Vietnam se centran principalmente en el suministro de infraestructura centralizada de alta tecnología. Los costos totales del proyecto Lai Xa` representaban un costo de capital 10 veces menor que las opciones centralizados tradicionales, con costes mínimos en funcionamiento y mantenimiento. En el caso de Lai Xa`, el interés de la población en el mantenimiento de la limpieza y la reutilización de aguas residuales fueron factores clave en la promoción de la demanda de participación y voluntad total para el TAR.

Autor: Méndez et al.

Año: 2008

Título: Fecal bacteria survival in ammonia-treated wastewater dewatered sludges. (Supervivencia de bacterias fecales en lodos residuales deshidratados tratados con Amoniaco).

Resumen:

- En el documento se indica que uno de los problemas más importantes de contaminación en los lodos provenientes de las plantas de TAR municipales y agroindustriales de México, es el alto nivel de microorganismos patógenos.
- El lodo fisicoquímico crudo con $2.0 \pm 0.5\%$ de ST se obtuvo de una planta de TAR de un rastro avícola de 10 L/s situado en Orizaba,

México, el amoníaco se aplicó en dosis de 1 hasta 40% p/p directamente al lodo deshidratado (4%, 8% y 12% de ST). En la primera etapa el amoníaco se aplicó directamente al lodo en dosis de 5, 10, 20, 30 y 40% p/p con 4, 8, y 12% de ST usando una solución de 28 al 30% v/v de NH_4OH con un pH de 13. La segunda etapa se realizó para evaluar el efecto del tiempo del contacto, en este caso, el amoníaco en dosis de 18% p/p se aplicó directamente al lodo con 8% de ST (a 20°C) y la evaluación microbiológica de las muestras se realizó después de 0.5, 2, 1.5 y 2 h, una vez más el procedimiento incluyó mezclado por 1 minuto a 200 RPM y después la adición del reactivo, aumentando la velocidad a 300 RPM. En una tercera etapa fue posible describir la inactivación de los microorganismos evaluados en función del producto de la dosis y de la temperatura (producto DT). En este caso, 9%, 14% y 19% de amoníaco fueron aplicados directamente al lodo con 8% de ST y los tratamientos se hicieron en 20, 30, 40 y 50°C durante 2 h.

- En todos los casos, los valores de los parámetros cinéticos se obtuvieron utilizando el modelo cinético de Hom, que usa el método de mínimos cuadrados para una regresión no lineal. Todos los resultados fueron analizados estadísticamente usando un análisis de varianza (ANOVA).
- Después de 2h, las muestras fueron analizadas microbiológicamente, y los resultados mostraron que el amoníaco removió 9 y 6.5 log de coliformes fecales y de *Salmonella* spp., respectivamente, cumpliendo con los límites de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) para biosólidos clase A según la normativa de México.
- El análisis de los parámetros k , n y m del modelo de Hom, indicaron una mayor resistencia de inactivación de bacterias cuando la concentración de sólidos totales (ST) es baja, debido principalmente a dilución del amoníaco en el agua, también se requirió 75% menos amoníaco para cumplir con el estándar de la US EPA cuando el lodo fue deshidratado.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, el poder desinfectante del amoníaco pudo ser considerado como una alternativa paralela a la estabilización alcalina, no solamente en lodos residuales municipales, sino también en lodo agroindustrial con concentraciones extremadamente altas de microorganismos patógenos, puesto que el amoníaco aplicado se diluye en el agua contenida en el lodo, el poder desinfectante del amoníaco aumenta su efecto cuando la concentración de ST aumenta.
- En efecto, concentraciones de ST de 4, 8 y el 12% requirieron de 23, 17 y 4% p/p, de amoníaco respectivamente. Así, se recomienda la deshidratación parcial del lodo fisicoquímico antes de su estabilización para cumplir satisfactoriamente con el límite US EPA para biosólidos clase A.
- Los parámetros obtenidos para el modelo cinético de Hom (k , n y m) describieron apropiadamente la inactivación de ambos grupos de bacterias indicadoras: coliformes fecales y patógenas (*Salmonella* spp.). De acuerdo con este modelo matemático, fue posible predecir los requisitos de los materiales alcalinos (NH_3) para diversos niveles de inactivación de las bacterias, además los resultados de los parámetros



cinéticos mostraron mayor resistencia a la inactivación de los coliformes fecales en comparación con la *Salmonella* spp., debido a una concentración notablemente mayor en lodo crudo (12 log y 8 log).

- Finalmente el autor establece que los resultados obtenidos se deben validar en el laboratorio para escalar el proceso, el producto del proceso de estabilización de amoníaco no aumentó la masa y la salinidad del lodo tratado, lo que generó reducciones en los costos; además, el amoníaco aumentó el contenido de nutrientes en los biosólidos producidos haciéndolos útiles en regiones agrícolas.

Autor: Alma y Cota

Año: 2008

Título: Eliminación de bacterias patógenas en lodos residuales durante el secado solar.

Resumen:

- Se planteó el uso de un secador solar para la eliminación de bacterias patógenas contenidas en lodos fisicoquímicos provenientes de la principal planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Juárez, donde se manejaba 135 toneladas de lodos generadas en un día. Dicha PTAR se localiza a menos de 400 m del límite internacional con la ciudad de El Paso, Texas y Estados Unidos, lo que había creado conflictos internacionales debido a los olores fétidos emitidos durante el procesamiento del agua residual y el manejo de sus lodos. En su constitución, los lodos presentaron biota patógena y compuestos tóxicos.
- El autor indica que diversos estudios han demostrado el potencial de los lodos provenientes de las PTAR por su contenido de macronutrientes para la flora, especialmente nitrógeno, fósforo y por las sustancias orgánicas que mejoran las características fisicoquímicas del suelo.
- El documento señala que para disminuir los costos de manejo y disposición de los grandes volúmenes de lodos residuales generados diariamente, se han empleado métodos mecánicos con los cuales ha sido posible remover del 20 al 40% del agua contenida en los lodos; más allá de estos porcentajes, la remoción de agua sólo ha sido posible por medio de métodos térmicos, implicando grandes consumos de combustible y emisiones de gases de invernadero hacia la atmósfera.
- Bux *et al.* (2002) desarrolló un secador solar con aireación y mezclado continuo que operaba a baja temperatura. Durante este estudio se encontró que la concentración de ST aumentó de 3 hasta 93% de su peso en 64 días, y el consumo de energía para evaporar una tonelada de agua fue de alrededor de 25 kWh, 78% menor a la energía consumida durante el procesamiento convencional de secado. Además, el contenido de coliformes fecales fue determinado para los 45 días del procesamiento, con una reducción de las bacterias patógenas desde el orden de 10^7 hasta 2×10^6 UFC (unidad formadora de colonias) por gramo seco, al agregar 15% de óxido de calcio a los lodos antes del

- secado, menos de 1000 UFC por gramo seco fueron cuantificadas en sólo cinco días.
- El dispositivo solar constaba de una estructura tipo invernadero de hierro forjado, revestida por un material transparente y acanalado, tenía una área de secado de 3×1.5 m² y 1.9 m de altura en el eje central longitudinal; además, contaba con una charola para el material a secar de 1 m³, la cual se deslizaba sobre rodillos para facilitar su acceso, esta particularidad se incluyó debido al carácter ofensivo del material bajo estudio. El sistema de ventilación estaba compuesto por dos ventiladores de 1/4 HP (Caballos de fuerza) y un extractor barométrico de 1/3 HP. Para el monitoreo de variables y el funcionamiento de los sistemas de ventilación y de extracción, el secador tenía un sistema automático de adquisición de datos (SAD) y un sistema de control (SAC).
 - El funcionamiento del secador iniciaba cuando la radiación solar ingresaba al dispositivo a través de su cubierta transparente y gran parte de dicha energía era absorbida por el lodo; debido al efecto invernadero causado por los diferentes tipos de materiales y la hermeticidad del sistema, la temperatura del lodo y la del aire interno tendía a incrementar, lo que generaba la difusión del agua desde la superficie del lodo hacia el aire contenido en la cámara.
 - El funcionamiento automático del dispositivo estuvo regulado por las diferencias entre las condiciones internas y externas, considerando las variables de temperatura y humedad, adicionalmente se midió la radiación solar, el pH y la humedad del lodo. La efectividad del secador fue determinada en términos térmicos y microbiológicos, la pérdida de agua en el lodo durante el tratamiento fue el indicativo de la efectividad térmica, mientras que la depuración microbiológica fue cuantificada a diferentes tiempos de residencia, mediante los indicadores de contaminación: coliformes fecales y *Salmonella* spp.
 - La cuantificación de ambas bacterias se realizó a través de la técnica microbiológica de tubos de fermentación múltiple expuesta en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002.
 - Los resultados térmicos asociados al contenido de agua en el lodo, mostraron un decaimiento exponencial hasta lograr el 99% de reducción de la misma, en lo referente a la efectividad microbiológica, existió dependencia del contenido de las bacterias indicadoras con la cantidad de agua presente en lodo.
 - Para la remoción del 92% de agua, se verificó la eliminación de coliformes fecales desde 3.8×10^6 hasta 1.6 NMP (Número más probable) por gramo de lodo seco y para *Salmonella* spp. dicha reducción fue desde 1.5×10^{13} hasta 1.9×10^3 NMP por gramo de lodo seco.
 - El pH, la temperatura y el contenido de agua fueron factores que afectaron fuertemente el desarrollo o deterioro de los microorganismos, la disminución de pH durante el proceso favoreció la eliminación de las dos bacterias y tal disminución fue debido a la descomposición de la materia orgánica y la liberación del dióxido de carbono.



- En el caso de las temperaturas, por las características dinámicas e incontrolables de las condiciones atmosféricas, se experimentaron temperaturas de operación en rangos desde 15 hasta 70 °C durante periodos de cielos nublados y por las noches se exhibieron temperaturas de incubación entre 25 y 40 °C. Se registró un crecimiento de coliformes en el segundo día de experimentación, donde las condiciones combinadas de temperatura, pH y contenido de agua en los lodos fueron propicias. Esta última variable jugó un papel muy importante en la supervivencia de las bacterias, ya que a humedades altas, mejor sería el ambiente para las bacterias.



Autor: Kamal et al.

Año: 2008

Título: Domestic wastewater management in South and Southeast Asia: the potential benefits of decentralized approach. (Gestión de las aguas residuales domésticas en el sur y el sudeste asiático: los beneficios potenciales del enfoque descentralizado.*)

Resumen:

- El documento plantea que debido a los enormes costos de construcción y mantenimiento, la gestión de las aguas residuales en muchos centros urbanos de los países en desarrollo a través de un enfoque centralizado de gestión de las aguas residuales es muy difícil, por lo que a menudo sin tratar las aguas residuales, se vierten directamente en los cursos de agua naturales. Así que sostiene que un enfoque de gestión descentralizado de aguas residuales es una solución potencial que ayudaría a superar esta situación adversa debido a su bajo costo, fácil operación y el retorno de los ingresos.
- El autor señala que el agua de los hogares, las industrias, comerciales y aguas pluviales de escorrentía son llamadas como aguas residuales y que los microorganismos y nutrientes orgánicos biodegradables son componentes dominantes en estas aguas, y una gestión de las aguas residuales de manera descentralizada, proporciona instalaciones en escala relativamente pequeña de 1 a 100 hogares, además de generar menores costos de construcción y mantenimiento.
- Además se sostiene que el potencial para la reutilización del agua recuperada en la agricultura y la acuicultura es amplia y que el principal problema para la gestión eficaz de las aguas residuales en los países en desarrollo es la falta de coordinación entre los ministerios responsables y departamentos del gobierno central (ONU 2000).
- Se plantea que una efectiva práctica de gestión descentralizada para las aguas residuales debería incluir la descentralización en la infraestructura física, proceso de planificación, toma de decisiones y arreglos institucionales.
- El estudio mostrado en este documento se realizó en Asia, a partir de la revisión de la práctica en la gestión de aguas residuales en Bangladesh, India, Nepal, Pakistán y Sri Lanka ubicados al sur de Asia (SA) y Camboya, Laos, Filipinas, Tailandia y Vietnam al Sudeste de Asia (SEA). La mayoría de las grandes ciudades sólo tenían recolección de aguas residuales y sistemas de tratamiento simples que eran incapaces de cumplir con los estándares de efluentes domésticos, por lo tanto, las aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas se descargaban directamente a cuerpos de agua, dando como resultado una alta contaminación patógena y causando grave amenaza tanto para el medio ambiente y la salud pública.



- El gobierno central, que sólo era responsable de la formulación de políticas, no coordinaba eficazmente con los diferentes departamentos de la administración local.
- Una enorme cantidad de aguas residuales domésticas (150.000 m³) se generaba anualmente en los países seleccionados de SA y SEA, y menos del 1% de estas aguas residuales eran tratadas por las instalaciones de tratamiento existentes. La recogida y tratamiento de las aguas residuales de Tailandia era mejor que cualquier otro sistema de los países asiáticos, pero por otro lado la cobertura más pobre de saneamiento urbano y rural se observaba en la India (SA) y Camboya (SEA).
- Se planteó que la reutilización de las aguas residuales ayudaba en la recuperación de nutrientes y en la producción de alimentos, generando amplias oportunidades de empleo, medios de subsistencia y preservación del medio ambiente. Por ejemplo, el rendimiento pesquero medio anual era de 2.7 toneladas/ha de agua dulce en Hanoi, mientras que los peces alimentados con aguas residuales en estanques daban un rendimiento bruto de 4.7 toneladas/ha. Así la gente directamente podían estar involucrada en la preparación de estanques, fertilización, almacenamiento de pescado y la cosecha de peces.
- Fue de alto potencial proporcionar medios de vida sostenibles para la atracción del sistema descentralizado, una comparación entre un sistema centralizado y descentralizado estaba compuesto por los siguientes criterios: el costo, economías de escala y las economías de aglomeración; estos tres criterios capturaban el centro de consideraciones financieras y económicas en la elección de un sistema de gestión de aguas residuales apropiado, pero dicha comparación también fue definida respecto a: Accesibilidad, Peligro para la salud y Sustento.
- La responsabilidad de la gestión de aguas residuales se encontraba a cargo de diferentes departamentos del gobierno y la falta de coordinación entre los departamentos era evidente. Por lo que el autor planteó que la gestión de aguas residuales descentralizada debía estar claramente definida en la política nacional.
- La integración de los recursos de agua como el suministro de agua y la gestión de aguas residuales en un solo departamento era de vital importancia, los departamentos centrales gubernamentales o funcionarios debía mantener un estrecho contacto con las ONG y autoridades del gobierno local para coordinar, orientar y lograr un mayor éxito en la gestión de aguas residuales descentralizada.
- Como conclusión se establece que la tecnología que es de bajo costo, fácil de operar, con el medio ambiente socialmente aceptable es altamente preferible y que para obtener una gestión eficaz es necesario una tecnología simple, la participación de la comunidad e ingresos potenciales para las comunidades más pobres.



Autor: Fach y Fuchs

Año: 2010

Título: Design and development of decentralized water and wastewater technologies: a combination of safe wastewater disposal and fertilizer production. (Diseño y desarrollo de tecnologías descentralizadas del agua y aguas residuales: una combinación de eliminación segura de aguas residuales y producción de fertilizantes*).

Resumen:

- El autor inicia manifestando que las plantas de tratamiento moderno y sofisticado no son la mejor opción para comunidades descentralizadas de países en desarrollo, puesto que estas comunidades carecen de los fondos, recursos y mano de obra calificada necesaria para implementar, operar y mantener estas plantas.
- La investigación se realizó en Gunung Kidul, Indonesia; este distrito es considerado uno de las zonas más pobres de la nación. En esta comunidad las aguas residuales se almacenaban en tanques sépticos con un TRH de 26 días, y una vez producidas las condiciones anaerobias, se registra una reducción del 80% de DQO inicial. El lodo retenido se deshidratava reutilizándolo como fertilizante y el efluente resultante se podía utilizar para el riego y el acondicionamiento del suelo.
- El método planteado consistió en tres fases, inicialmente se buscó la solución adecuada partiendo de encuestas que permitan determinar la técnica, aspectos sociales y económicos de las personas, como la demanda de agua, hábitos higiénicos y los ingresos; y al mismo tiempo se realizó experimentos de laboratorio sobre el tratamiento aeróbico y anaerobio.
- El documento indica que del tratamiento anaerobio se conoce su alta eficiencia en la producción de biogás, pero también su complejidad, ya que depende en gran medida de la actividad microbiana. En primer lugar, se dice que las bacterias hidrolíticas convierten la materia orgánica en ácidos grasos volátiles, produce gas hidrógeno (H_2) y dióxido de carbono (CO_2); y en segundo lugar que la actividad de las bacterias acidogénica y acetogénica convierten los ácidos orgánicos en ácido acético y finalmente, las bacterias metanogénicas convierten el acetato, el gas hidrógeno, y el dióxido de carbono en gas metano (CH_4).
- Los experimentos de hidrólisis involucraron seis pequeños reactores con un volumen de 1.1 litros, los reactores se cerraron herméticamente y se colocó un medidor de gas unidireccional para registrar el volumen del biogás producido, los experimentos de hidrólisis se llevaron a cabo a temperaturas mesófilas ($35\text{ }^\circ\text{C}$) en un TRH de 1 día; además para mejorar el proceso de digestión anaerobia, especialmente la producción

- de biogás, un 10% de los residuos de alimentos era añadido al lodo séptico para la co-fermentación.
- Por otro lado el tratamiento aeróbico constaba de un lecho de flujo vertical conformado por arena para la filtración, mientras la adsorción se producía a lo largo de todo el lecho, la biodegradación de la materia orgánica ocurría principalmente dentro de los primeros 20 cm de la superficie del filtro. En el laboratorio se usó una columna de plexiglás de 10 cm de diámetro y 100 cm de altura, se llenó hasta 15 cm con grava redonda de 2/8 mm para la capa inferior y superior, en el centro va la capa principal que es de 50 cm con arena de 0/2 mm, un tipo de arena con una alta área de superficie específica.
 - En la primera etapa (Anaerobia) como la producción de gas fue baja en la etapa de hidrólisis y la acidificación fue pobre; entonces la producción de metano (CH₄) también lo fue, por eso no se optó por instalar un tanque coleccionista de biogás. Así el proceso de tratamiento anaeróbico consistió en un tanque séptico anaerobio, lo que facilitó los costos y las necesidades operacionales de la comunidad, se estimó una limpieza de lodos dos veces al año (sobre todo después de la temporada de lluvia) que podía ser reutilizado en la agricultura.
 - La segunda etapa consistió en tratar el derrame del tanque séptico, el sobrenadante se descargaba de manera intermitentemente (2 veces al mes) a la unidad de filtración de arena aeróbico, teniendo como finalidad la reducción adicional de los sólidos; el efluente del filtro entonces podía ser diluido y utilizado como fertilizante.

Autor: Rojas-Higuera et al.

Año: 2010

Título: Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego.

Resumen:

- Se evaluó tres tratamientos: Lagunas, fotocátalisis con Dióxido de Titanio (TiO₂) y desinfección química para la inactivación de coliformes totales y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica que quería ser empleada para riego agrícola.
- El documento señala que en los últimos 10 años, los agricultores habían incorporado en sus prácticas agrícolas el uso de aguas recicladas debido a que los recursos hídricos naturales paulatinamente se estaban reduciendo, este tipo de agua constituía un riesgo al traer microorganismos patógenos que podían llegar a los cultivos; parte de esta agua provenía de lagunas de oxidación, donde se había realizado tratamientos primarios para reducir la carga orgánica, sin embargo a pesar de tener un tratamiento biológico previo, no se garantizaba la calidad microbiológica debido a la carga biológica tan elevada que

- ingresaba a las lagunas de oxidación de modo que, si bien se lograba reducir la concentración de bacterias, no era justamente apta para riego.
- El autor dice que tradicionalmente se realiza la desinfección con cloro para la eliminación de microorganismos en aguas residuales y potables, debido a su bajo costo, facilidad de adquisición y efectividad comprobada; no obstante, este método químico tiene desventajas, como su inactivación en presencia de materia orgánica, generación de olores y posible formación de intermediarios tóxicos como cloraminas y trihalometanos.
 - El agua residual analizada, se obtuvo de una planta de tratamiento ubicada a 35 Km de Bogotá, región que cuenta con una temperatura promedio de 13 °C, precipitación anual de 890 mm y ubicada a una altura que oscila entre los 2600 msnm. El tratamiento a través de lagunas facultativas no fue suficiente para eliminar los microorganismos responsables de la contaminación de aguas para uso agrícola.
 - Se determinaron muchas variables que afectaban la fotocatalisis con TiO_2 , por ejemplo parámetros intrínsecos como, el tamaño de partícula, el área superficial del semiconductor, método de preparación y estructura cristalina, así también parámetros extrínsecos como: la temperatura de reacción, la intensidad de la luz y el pH de la solución. Un aspecto importante a señalar fue que la fotocatalisis podía ser eficaz en la inactivación de bacterias aun en presencia de materia orgánica, caso que se dio en esta investigación donde la DBO5 evidenció la presencia de materia orgánica, concordando con los resultados de Rizzo (2009). Es muy importante señalar que la fotocatalisis fue efectiva al destruir toda la población de *E. coli* en 30 minutos.
 - Del post-tratamiento químico usando cloro, se obtuvo una desinfección química a las 8 horas, reduciendo hasta 0.17 log10 a los coliformes totales y en 0.69 log10 a *E. coli*; un valor de pH de 8, valores que no superan a los obtenidos con el post-tratamiento fotocatalítico, ya que con este sistema se presentó una efectividad del 100% y 16 veces más rápido que por cloración.
 - Como conclusión final se dice que se encontró que la combinación de sistemas biológicos y métodos no convencionales como la fotocatalisis heterogénea con TiO_2 para tratar aguas residuales domésticas resultó altamente eficiente en la eliminación de microorganismos como *E. coli*, en comparación con métodos químicos en los que se usa hipoclorito de sodio; reduciendo así el riesgo de contaminación en los productos agrícolas.

Autor: Hutton et al.

Año: 2011

Título: The Economic Returns of Sanitation Interventions in Yunnan Province.
(La rentabilidad económica de las intervenciones de saneamiento en la provincia de Yunnan*)

Resumen:



- Para aumentar los volúmenes y la eficiencia del gasto público y privado en materia de saneamiento esta breve investigación resume las principales conclusiones de la Fase de Análisis II costo-beneficio de las opciones de saneamiento realizadas en Vietnam.
- Se indica que Vietnam había hecho grandes progresos hacia el Desarrollo del Milenio, el acceso por casa al saneamiento básico aumentó del 35% en 1990 al 75% en el 2008, sin embargo cinco millones de personas practicaban aún defecación al aire libre, y mientras que el acceso a un baño privado era del 94% en zonas urbanas, menos de 10% estaban conectados a redes de alcantarillado con tratamiento y tres cuartas partes de los hogares tenían un tanque séptico que no estaba bien diseñado y causaba riesgos de salud y contribuía con la contaminación de los recursos hídricos.
- El propósito de la Fase II del estudio fue proporcionar decisiones de saneamiento con mejor evidencia sobre los costos y beneficios de las opciones de saneamiento alternativas en diferentes contextos en Vietnam.
- El informe principal presentaba resultados de los costos y beneficios de la gestión de residuos sólidos en cuatro sitios de campo, las 2400 encuestas se realizaron en nueve sitios rurales y ocho sitios urbanos que habían sido el foco de los programas de saneamiento o proyectos, además los datos primarios se complementaron con datos de otras encuestas nacionales y locales.
- Se realizó una comparación entre la defecación al aire libre y la gama de instalaciones de saneamiento que era utilizado por la población vietnamita: letrina de pozo seco, letrina de pozo húmedo, letrina de compostaje de doble bóveda, aseo vertido al ras con tanque séptico, inodoro de sifón con un digestor de biogás en la ganadería, y aseo con conexión y tratamiento de alcantarillado.
- Los beneficios económicos cuantificados incluían impactos en la salud, en el agua de consumo, saneamiento y la reutilización de excrementos humanos; el desempeño económico más favorable fue encontrado para mejorar las letrinas de pozo, seguido de letrinas de doble compostaje y fosas sépticas; estas intervenciones presentaron la proporción más alta de costo-beneficio de 8.0, 6.0 y 4.0, respectivamente. La tasa económica de rendimiento anual fue de más de 100 por ciento, lo que requeriría menos de un año para recuperar el valor económico de los costos de inversión iniciales. Para los hogares con ganado, las letrinas con generadores de biogás han demostrado ser una opción económicamente rentable, también con una relación costo-beneficio de 3.0. El costo anualizado de una letrina de compostaje de doble bóveda de US\$ 40 era ligeramente superior a la de una letrina de pozo de US\$ 30, pero la diferencia en el costo de inversión por adelantado fue más marcada (US\$ 110 frente a US\$ 190), por otro lado un tanque séptico fue considerablemente más caro. El costo de inversión en fosas sépticas en promedio fue de US\$ 322 (US\$70 anualizado) y era superado por una fosa séptica con la gestión segura de los residuos sólidos de US\$ 531 (anualizada US\$ 93). Un digestor de biogás tenía una inversión de US\$ 9.339 (US\$ 1310 anualizado). En condiciones reales del programa,

hubo un pequeño descenso en rendimiento de todas las opciones de saneamiento, esto debido a no alcanzar la cobertura total de la zona o la no utilización de las instalaciones por algunos de los miembros del hogar.

- Gran cantidad de empresas, a pesar de conocer la importancia de las condiciones ambientales para su negocio, no estaban dispuestos a invertir en el TAR para reducir el impacto generado por ellos mismos.
- Este estudio encontró que todas las intervenciones de saneamiento presentaban más beneficios que costos, comparándose con las instalaciones sin saneamiento. Cuatro recomendaciones se propusieron: 1) Intensificar los esfuerzos para cubrir a toda la población vietnamita con acceso a saneamiento mejorado básico, sin embargo, un saneamiento sostenible requiere la sensibilización y la participación de los clientes. 2) Ir más allá de la provisión de saneamiento básico. 3) Estimular y permitir que el sector privado sea parte de la solución, las empresas y el gobierno puede contribuir con soluciones modernas y contribuir con la mitigación de la pobreza con una micro financiación que puede ayudar a los hogares a pagar los costos iniciales de inversión y aprovechar los beneficios de un mejor saneamiento en toda su vida útil. 4) Promover la toma de decisiones de saneamiento basada en la evidencia.
- Como conclusión se planteó que las decisiones debían tener en cuenta no sólo los costos cuantificables y beneficios económicos, sino también otros factores clave en la decisión, incluyendo impactos intangibles y problemas socio-culturales que influenciarían en la demanda y el cambio de comportamiento, la disponibilidad de los proveedores, el financiamiento privado, la voluntad real de los hogares y la capacidad de pagar los servicios.

Autor: Nanninga et al.

Año: 2012

Título: Discussion on Sustainable Water Technologies for Peri-Urban Areas of Mexico City: Balancing Urbanization and Environmental Conservation. (Discusión sobre tecnologías sostenibles de agua para las zonas periurbanas de la ciudad de México: Equilibrio de la urbanización y Conservación del Medio Ambiente*).

Resumen:

- Las tecnologías descentralizadas permiten el desarrollo de nuevas oportunidades para la recuperación y reutilización de los recursos en forma de agua, nutrientes y energía. Se propuso un método que combina el desarrollo de escenarios con un taller de planificación participativa con los principales interesados, llegando posteriormente a seleccionar tecnologías viables y aplicables.
- En lugar de diseñar cada sector por separado como se ha hecho tradicionalmente, el documento propone y discute un concepto que combina las entradas y salidas de los diferentes sectores, el agua y la

- reutilización posible de los recursos liberados, integrando la reutilización del agua, el reciclaje de nutrientes y la recuperación de energía.
- Se plantea que a partir del método propuesto, sería posible reducir los costos, ya que no todos los residuos tendrían la necesidad de ser tratados a altos niveles, ya que una parte también se utilizaría para los propósitos que requieren estándares más bajos.
 - El estudio se realizó en Xochimilco, uno de los 16 distritos de la Ciudad de México. Xochimilco tiene un alto valor biológico y cultural debido a los humedales y las chinampas; las chinampas son parcelas de tierra rectangulares (generalmente de 10x100 metros) rodeadas por canales estrechos utilizados para el riego, la pesca, el transporte y como fuente de agua, en general se considera que son biológicamente muy diversas y áreas agrícolas altamente productivas.
 - La planificación participativa constó de 5 fases: la fase de preparación, la fase crítica, la fase de fantasía, la fase de ejecución y la fase de seguimiento. Los talleres tenían como finalidad analizar las necesidades y situaciones de la localidad, que constaba de: presentación del estudio general, presentación de los problemas urbanos en el área de estudio, presentación del estudio de análisis de tendencias.
 - Para la selección de las tecnologías, se analizaron las condiciones de urbanización, la lejanía y condiciones socio-económicas, con la finalidad de garantizar la selección que se realice. Los recursos analizados fueron agua, nitrógeno (N), fósforo (P), la materia orgánica y energía.
 - Se propuso introducir tecnologías alternativas para el suministro de agua, como la recogida de aguas pluviales y la recarga de las aguas subterráneas a los sistemas, filtros para tratar el agua gris y la instalación de sanitarios secos que podrían mejorar la situación relativa de descarga de las aguas residuales sin tratar. Para la gestión de los residuos sólidos se propuso un programa para su separación.
 - También se planteó que la implementación de humedales artificiales a nivel comunal podría proporcionar agua apta para riego, mientras que la digestión de residuos orgánicos en los hogares ofrecería energía para cocinar, iluminación o calefacción.
 - El lodo podía ser utilizado como un fertilizante natural y acondicionador para el suelo, y por lo tanto se creó un impulso a la economía local a través de la estimulación agrícola.
 - Se propone que la implementación de un EcoSan y biofiltros para el tratamiento de las heces, la orina y aguas grises en cada hogar, permitiría la recuperación de N, P y K, así como de agua.
 - Los resultados mostraron que las tecnologías descentralizadas no sólo tienen el potencial de ofrecer un suministro de agua, saneamiento y disposición de sólidos residuales adecuado para las zonas peri-urbanas, o la disminución de la contaminación del medio ambiente, sino que también se podría recuperar cantidades significativas de recursos, teniendo como consecuencia un ahorro en los costos y la generación de insumos valiosos, por ejemplo en el sector agrícola.
 - Finalmente en el documento se manifiesta que la aceptación social de las tecnologías y la cooperación institucional es la clave para una



implementación exitosa de cualquier sistema de TAR en localidades descentralizadas.

Autor: Kema et al.

Año: 2012

Título: Factors affecting the utilization of improved ventilated latrines among communities in Mtwara Rural District, Tanzania. (Factores que influyen en la utilización de letrinas ventiladas mejoradas entre las comunidades en Mtwara Distrito Rural, Tanzania*)

Resumen:

- El Gobierno de Tanzania, en asociación con otras partes interesadas, pusieron en marcha un proyecto comunitario dirigido a aumentar el acceso a saneamiento básico de agua potable y la promoción de la higiene personal en Mtwara, uno de los distritos rurales de ese país. Una evaluación intermedia reveló que había de hecho un progreso hacia la mejora de letrinas ventiladas, sin embargo, no había información adecuada sobre la utilización de estas letrinas y factores asociados.
- Se llevó a cabo un estudio transversal entre 375 hogares seleccionados al azar de Mtwara, distrito que cuenta con un área de 3.597 Km y una población de 203.480 habitantes, utilizando un cuestionario previamente probado para determinar si los hogares mejoraron las letrinas ventiladas y cómo las utilizaban.
- Los Médicos de África y la Fundación de Investigación (AMREF) en Tanzania eran grupos de interés participando activamente en los esfuerzos nacionales encaminados a mejorar el acceso a la caja fuerte de agua y saneamiento básico. AMREF había estado trabajando con el gobierno en la implementación de un proyecto en la comunidad de Mtwara para mejorar el acceso a letrinas y otras instalaciones de saneamiento desde el 2008. Por otro lado, había falta de información sobre el patrón de utilización de estas letrinas en los hogares.
- El estudio encontró que al menos la mitad de los hogares (50.5%) poseía una letrina mejorada y menos de la mitad (40%) de los miembros de los hogares utilizaban estas instalaciones, se estableció que la mejora de letrinas y la edad del jefe de familia fueron factores significativos asociados con la utilización, mostrando un aumento del uso de letrinas por todos los miembros del hogar. Las estrategias de implementación de proyecto AMREF destinadas a aumentar el acceso a letrinas mejoradas, incluían campañas educativas, la provisión de crédito para las instalaciones, el desarrollo de la capacidad técnica de sus pobladores y a los materiales de construcción requeridos.
- Miembros de la comunidad y los líderes eran desplegados para educar e informar a los demás miembros de la comunidad en las estrategias disponibles y la importancia de su participación activa en mejorar el acceso a los recursos para la construcción de una letrina mejorada y



ventilada. El aumento gradual de la adquisición de letrinas mejoradas ventiladas se podía atribuir a tiempo para que los aldeanos puedan adaptarse e iniciar el cambio en serio.

- El proyecto también influyó en el cambio de la higiene personal y el comportamiento de saneamiento en general, el uso de letrinas mejoradas animaron prácticamente a todos los miembros del hogar a utilizar estas instalaciones, respondiendo a una llamada a corto y largo plazo de la naturaleza debido a los problemas de privacidad, comodidad y limpieza, así los hogares alentados permitieron mejorar la calidad de sus letrinas, sin embargo, sin ser económicamente capacitados para hacerlo, muchos de los hogares pobres, incluyendo muchos hogares encabezados por mujeres continuarían teniendo dificultades en adoptar las medidas, ya que sus posiciones financieras no podían permitir que hagan lo contrario. En otras palabras, un mecanismo que fomentaba la fácil disponibilidad de créditos blandos, junto con más oferta de educación y una comunidad concertada que facilitaba la interacción y creación de redes socioeconómicas, podían ayudar a lograr los beneficios deseados, incluso para los hogares rurales más desfavorecidos.

Autor: Meleg Alejandro

Año: 2012

Título: SISAR: An Innovative Sustainable Management Model for Small Decentralized Water and Wastewater Systems in Developing Countries. (SISAR: Un Modelo de gestión innovador sostenible para pequeños sistemas descentralizados de agua y aguas residuales en los países en desarrollo*)

Resumen:

- El autor plantea que hay una gran variedad de programas de inversiones que se ejecutan centrándose sólo en la construcción de nuevas instalaciones, pero se olvidan de la necesidad de la aplicación de modelos de gestión adecuados para operar y mantener el suministro de agua y/o sistemas de aguas residuales, considerando cuestiones sociales, técnicas, financieras e institucionales.
- Este documento planteó el modelo SISAR, que ha sido implementado en tres estados en el noreste de Brasil, una de las regiones más pobres del país con escasa disponibilidad de agua y las condiciones climáticas extremas. El modelo SISAR se basaba en la idea de crear una confederación de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en el que, a través de un esquema de subsidio cruzado, los ingresos por mayores sistemas contribuían a cubrir los costos de (O&M) de sistemas más pequeños, éste modelo no solo brindaba apoyo en el aspecto técnico, sino también en aspectos sociales y de administración. A través de la inclusión social y definición clara de las responsabilidades de cada uno, la prestación de los servicios, garantizaban su sostenibilidad. Otros

- actores importantes en el modelo fueron los gobiernos locales y estatales y las instituciones financieras internacionales que proporcionaron recursos para inversiones de capital.
- Como SISAR es una confederación de asociaciones de grupos de usuarios locales, los presidentes de todos los grupos de usuarios locales deberían reunirse y elegir a la Asamblea General SISARs.
 - SISAR tenía la misión de mejorar la calidad de vida en las zonas rurales, proporcionando ayuda en el mantenimiento de los servicios básicos de saneamiento a través de un modelo de autogestión y recuperación de costos que contribuiría al desarrollo social y preservación del medio ambiente.
 - En general, el éxito del modelo SISAR se basó en la integración con éxito de cuatro factores: 1) trabajo social con grupos de usuarios locales, 2) la definición y fortalecimiento de la estructura institucional, 3) la aplicación de normas de medidas técnicas, y 4) garantizar la sostenibilidad financiera.
 - Componente Social: El componente social estaba representado por la participación activa del usuario local con una amplia gama de actividades para crear conciencia con respecto al modelo, formando una red bien estructurada de los trabajadores y llevando a cabo actividades sociales como la educación sanitaria y campañas ambientales, además de fomentar la expansión del asociación.
 - Componente Institucional: Este componente se basaba en la implementación de un marco jurídico y sólido en el que todas las partes interesadas conocían claramente sus responsabilidades y derechos definidos y que además aseguraban la independencia de SISARs y lo protegían de los riesgos políticos e institucionales externos.
 - Componente técnico. SISAR era responsable de garantizar que en el abastecimiento de agua los sistemas que se explotaban se mantengan correctamente, teniendo un suministro de agua continuo, asegurando y que cumpliera con la norma de calidad de agua era el principal objetivo del SISAR, así como el establecimiento de normas técnicas adecuadas que consideraban las condiciones locales, minimizaban los costos operativos y simplificaban la (O&M)del sistema, para lo cual fue necesario una revisión responsable y constante de los medidores.
 - Componente financiero: La sostenibilidad financiera se adquiría a través de la implementación de una estructura arancelaria de costo-recuperación, (Meleg, A. et al., 2010). La decisión final sobre la aceptación de una nueva tarifa de agua, fue una responsabilidad del consejo de administración de SISAR.
 - El modelo SISAR fue desarrollado hace más de 15 años con el objetivo de aumentar el porcentaje de habitantes rurales con acceso a servicios de agua continua de calidad y a mejores servicios básicos de saneamiento. El documento sostiene que el modelo SISAR ha sido efectivo reduciendo el paternalismo político en las zonas rurales y asegurando la prestación de servicios de saneamiento independientes de intereses políticos; y también ha dado lugar al empoderamiento de los grupos de usuarios locales, fortaleciendo sus capacidades administrativas y de organización.



- A través de las experiencias adquiridas en Bahía, Ceará y Piauí, se observó que existe la necesidad de adaptar el modelo SISAR a las condiciones locales específicas y SISAR demostró ser lo suficientemente flexible como para hacer esto. Para facilitar esta tarea, se recomendó encarecidamente: 1) aplicar fuertes bases institucionales que mitigar los riesgos, 2) garantizar un diálogo constante, la buena comunicación entre las partes interesadas (y su compromiso), y 3) asegurar la formación permanente del personal técnico, administrativo y social de SISARs y de los representantes de los grupos de usuarios locales.
- Finalmente el autor manifiesta que aunque ha habido una mejora en los últimos años, todavía hay un espacio enorme para ofrecer mejores condiciones de vida y fomentar el desarrollo económico de dichos pueblos.

Autor: Ghaitidak y Yadav

Año: 2013

Título: Characteristics and treatment of greywater—a review. (Características y tratamiento de aguas grises, una revisión*).

Resumen:

- El estudio tuvo como objetivo resolver el problema de abastecimiento de agua y la gestión de aguas residuales, además de la reutilización de aguas grises a través de un enfoque descentralizado.
- Alrededor de 22 sistemas que comprende diferentes procesos de tratamiento se discutieron en detalle en función de la eficiencia para la eliminación de contaminantes, las concentraciones requeridas en los efluentes y su conformidad con las directrices y normas de reutilización de aguas residuales.
- Se argumenta que una de cada seis personas no tiene acceso al agua potable dentro de un kilómetro de distancia, la mitad de todas las personas en los países en desarrollo no tienen acceso a un saneamiento adecuado y que 800 millones de personas viven bajo el umbral de estrés hídrico (es decir, la disponibilidad de los recursos hídricos renovables <math><1.700 \text{ m}^3/\text{Persona/año}</math>).
- El documento señala que las aguas grises tienen un reconocimiento internacional cada vez mayor como fuente alternativa de agua para su reutilización en riego, inodoros y otros. Por lo que las aguas grises deberían ser consideradas como un valioso recurso y no como un residuo. En aquellos lugares donde el agua es escasa y cara, reutilizar a las aguas grises se convertirían en un gran beneficio económico.
- Las aguas grises son definidas como las aguas residuales de cocina, baño y lavandería con exclusión de las aguas residuales de los inodoros.
- Se plantea que la separación de las aguas grises de las aguas negras y el tratamiento de aguas grises a nivel local, reduciría mucho la carga

- volumétrica en el transporte centralizado existente y en el sistema de tratamiento.
- El uso de este enfoque demostró ser muy económico en el transporte y tratamiento, además de garantizar un abastecimiento de agua de alta calidad, ya que el consumo de agua potable sería conservado mediante la sustitución del agua gris recuperada cuando sea apropiado.
 - En general se indica que las aguas grises producidas son aproximadamente el 69% del total del consumo de agua.
 - El autor manifiesta que las características de las aguas grises están altamente influenciadas por el estilo de vida, comportamiento social y cultural de los residentes países, la disponibilidad de agua y su consumo. Se analizaron las características de las aguas grises en 18 países, observando ciertas características típicas como: pH entre 6-9, turbiedad entre 12-2.131 NTU, conductividad eléctrica (CE) 1.4 a 703 ms/m, ST 44-2.819 mg/L, sólidos suspendidos totales (SST) 11-2.180 mg/L, DBO 23-942 mg/L, DQO 55-2.000 mg/L.
 - Se plantean ciertas tecnologías para tratar las aguas grises: usando coagulación y floculación que garantizan que mientras más grandes sean las partículas más rápido se sedimentarán, el ensayo se realizó por el método de las jarras usando como coagulante sulfato férrico o sulfato de aluminio, logrando una remoción del 85 al 89% de DBO y un 64% de DQO.
 - Otro tratamiento recomendado fue los humedales artificiales, donde la velocidad de los procesos en este sistema depende de varios factores, como la tasa de carga superficial y la disponibilidad de electrones, se obtuvo una remoción del 99.22 y 82.16% de DBO y DQO respectivamente, además de eliminar el 82.14% del nitrógeno total.
 - Usando filtros con material particulado, se obtuvo remociones de 90% de DBO5 y un 80% de DQO, el sistema estaba conformado por una gruesa capa de 2 cm de guijarros (picado piedra caliza y dolomita: diámetro medio de 2.5 cm que se colocó sobre los orificios de drenaje, seguido de una capa media que constaba de 12 cm de filtro de plástico con una gran superficie (800 m²/m³) y un gran volumen vacío.
 - Se manifiesta que no hay sistemas, excepto de corteza y filtros de carbón, que puedan cumplir con las normas de DBO para su reutilización.
 - Otras alternativas estudiadas fueron: un contacto biológico rotatorio, un bioreactor de membrana, un reactor discontinuo secuencial y un reactor UASB; sin embargo se determinó que un humedal artificial y la filtración son los tratamientos más eficaces en la eliminación de la mayor parte de los parámetros que permiten la reutilización segura en comparación con las otras tecnologías. El Sistema anaeróbico seguido por el sistema aeróbico con unidad de post-desinfección se planteó como una opción sostenible para el tratamiento de aguas grises y para su reutilización.

Autor: Silva-Leal et al.

Año: 2013

Título: Efecto del secado térmico y el tratamiento alcalino en las características microbiológicas y químicas de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Resumen:

- Se inicia planteando que los biosólidos son los lodos que pueden ser empleados benéficamente después de ser sometidos a procesos de estabilización como la digestión aerobia o anaerobia, éstos contienen una importante proporción de elementos fertilizantes de gran valor agronómico, además la presencia de microorganismos implica que su aplicación directa sin tratamiento previo represente riesgos para la salud humana.
- Se cita ejemplos en México, Brasil, Chile y Argentina donde se ha logrado normatizar el uso y disposición de biosólidos tomando como referencia la norma de la EPA (Agencia de Protección Ambiental); Se señala que en la mayoría de estas normas, los biosólidos se clasifican en clases A y B con excepción de la norma Mexicana que introduce una tercera categoría (clase C); donde la clase A corresponde a biosólidos que pueden utilizarse sin restricción en agricultura incluyendo todos los usos urbanos con contacto público directo; la clase B corresponde a aquellos que pueden ser aplicados con restricciones, para contacto indirecto, revegetación, cultivos de alimentos que se procesen antes de ser consumidos o cobertura en rellenos sanitarios; y los de clase C mostrados en la norma mexicana corresponde a aquellos que pueden emplearse para usos forestales o mejoramientos de suelos.
- Se sometió a una determina muestra de lodos procedentes de la PTAR de Cañaveralejo- Cali Colombia a un proceso de secado térmico y a un tratamiento alcalino.
- En el secado térmico pudo controlarse de manera muy efectiva la temperatura y el tiempo de exposición, presentando un potencial de higienización alto como complemento a la modesta eficiencia en la remoción de patógenos de la digestión anaerobia. Las principales recomendaciones por diversos autores sobre el proceso de secado térmico, reportaron rangos de temperatura predominante entre 50-75 °C y TRH que varían entre 3 min y 13 días dependiendo del tipo de microorganismo que se quisiera eliminar.
- El autor manifiesta que la causa de la inactivación de los microorganismos en el tratamiento alcalino es aún objeto de estudio, habiendo algunas investigaciones que sugieren que al menos tres factores influyen la inactivación de los microorganismos: la temperatura, el pH y la volatilización de amoníaco.
- Las pruebas de tratamiento térmico se realizaron en un horno con un rango de temperatura de 2 a 200°C y una precisión de 2°C, mientras que para el tratamiento alcalino se evaluaron dosis del 8 al 10% de cal

hidratada y cal viva, las cuales fueron seleccionadas a partir de estudios previos.

- Como resultado se determinó que en el secado térmico se pudo emplear temperaturas de 60, 65, 70 y 75 °C en un tiempo entre 8 y 12.58 h, rangos en los cuales se conservó el contenido de nutrientes de los biosólidos y se redujo el riesgo asociado al contenido de coliformes fecales, *E. coli* y huevos de helmintos. Por otro lado el tratamiento alcalino mostró que el uso de cal viva en dosis mayores al 9% con tiempo de contacto de 5 días es altamente eficiente en el proceso de eliminación de coliformes fecales, *E. coli* y huevos de helmintos; sin embargo, el proceso de alcalinización de los biosólidos afectó significativamente las variables carbono orgánico y calcio, reduciendo además el contenido de nitrógeno total y amoniacal.

Autor: Torres-Lozada

Año: 2014

Título: Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo.

Resumen:

- El documento inicia diciendo que en países con grandes problemas de saneamiento y pocos recursos, como los que están en vías de desarrollo, se requieren plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) apropiadas y sostenibles; dado que estos países se localizan en general en regiones de clima tropical y subtropical (temperaturas superiores a 20 °C), y que la digestión anaerobia es una tecnología clave que genera subproductos con valor agregado (bioenergía, nutrientes y agua para reúso). También señala que en América Latina el reactor UASB es el de mayor aplicación para el tratamiento del ARD, por ejemplo en Onça (Belo Horizonte, Brasil), se demostró que es una tecnología consolidada, con eficiencias de reducción entre 65% y 80% de DQO y un TRH entre 6 y 10 horas. Sin embargo, manifiesta que es necesario continuar avanzando en el mejoramiento y perfeccionamiento de los actuales métodos de tratamiento, generando soluciones tecnológicas respetuosas con el ambiente y adecuadas a las condiciones socioeconómicas y culturales propias de cada región.
- Además indica que según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2009), en el 2025 la población mundial será del orden de 7.200 millones de personas, y los crecimientos mal planeados, por lo general causan problemas ambientales, como agotamiento y contaminación de los recursos de agua, aire y suelo, principalmente por el vertimiento y manejo inadecuado de los residuos líquidos y sólidos generados (Troschinetz y Mihelcic, 2009).
- Se plantea que en países de clima tropical y subtropical como Brasil, Colombia, México, China, India, Portugal y otros, varias tecnologías han sido adaptadas y muchas de éstas han sido dirigidas al uso de un

tratamiento anaerobio, destacándose la aplicación de reactores anaerobios de manto de lodos y flujo ascendente, conocidos como UASB por su sigla en inglés de Upflow Anaerobic Sludge Blanket. (Torres, 2000; Kujawa-Roeleveld y Zeeman, 2006).

- Dentro del documento Mara (2004) menciona que solo si se presenta una relación mayor de 500 entre el caudal del cuerpo receptor y el de las aguas residuales a ser descargadas (factor de dilución), esta puede considerarse una forma adecuada de disposición de aguas residuales no tratadas.
- El documento hace referencia de que los procesos de tratamiento pueden ser fisicoquímicos o biológicos; en los primeros se hace uso de las diferencias entre las propiedades de las partículas y del agua, aplicando principios de separación como la sedimentación o flotación, mientras que en los procesos químicos se cambia la forma de las partículas que no pueden ser separadas por estos medios físicos usando productos químicos que facilitan la formación de partículas con mayor densidad, que luego serán separadas por métodos físicos.
- Pero también se indica que existen ciertas limitaciones para la aplicación de los reactores UASB, por ejemplo: prácticamente presentan una reducción nula de la materia orgánica soluble, ya que lo que ocurre es un traslado de los contaminantes de la línea de agua a la línea de lodos, presenta elevada producción de lodos primarios con materia orgánica putrescible que deben ser tratados antes de su aprovechamiento o disposición final (0.14 m³/m³ del agua residual tratada (Mara, 2004)), presenta altos costos de operación, complejidad operativa (manipulación de químicos y necesidad de personal calificado), tiene gran dependencia de reactivos químicos en cantidades significativas.
- En términos de la relación entre el costo de la tierra y la selección de la tecnología más favorable, Alaerts *et al.* (1993) encontró que si el costo de la tierra es mayor a 8 US\$/m², el sistema UASB seguido de cualquier alternativa de post- tratamiento, resulta hasta 30% más barato que el uso de una tecnología de procesos completamente aerobio. En términos de costos de inversión y operación, el sistema de lagunas es la solución más barata, siempre que el costo del terreno no exceda a 12 US\$/m².
- Una ventaja importante mostrada por el autor de los procesos anaerobios sobre los aerobios, es la reducida tasa de producción de lodos, la cual puede ser entre tres y veinte veces menor que el producido en los procesos aerobios. Además plantea que en la mayoría de los países de clima tropical y subtropical, debido a las condiciones climáticas favorables, hay bastante interés, aparte de los sistemas de lagunas de estabilización, por la utilización de tecnologías como: la aplicación de reactores anaerobios solos o combinados, como es el caso de un tanque séptico más un filtro anaerobio, o el reactor UASB y sus variaciones que es el sistema anaerobio de mayor aplicación en el mundo; esta configuración se usa sola o seguida de algún sistema de post-tratamiento; y que además sigue vigente la aplicación de sistemas de disposición de excretas *in situ*, como letrinas y tanques sépticos mejorados.

- Otra ventaja indicada es la que tiene el reactor UASB sobre los tanques sépticos y las lagunas anaerobias, manifestando que el TRH del reactor UASB es mucho menor y la producción de malos olores puede ser controlada de manera más sencilla, pero lo más importante es la mayor eficiencia que presenta comparado con el tanque séptico.
- Se señala que los tratamientos más comunes complementarios al tratamiento anaerobio son: la disposición en el suelo, lagunas de estabilización, filtros percoladores, lodos activados de flujo continuo o intermitente con estabilización del lodo aerobio en el reactor UASB. También se dice que a pesar de las condiciones ambientales favorables de los países en desarrollo en general, los cuales se encuentran en regiones de clima tropical y subtropical, existe baja cobertura de tratamiento debido a aspectos financieros, al desconocimiento o falta de reconocimiento de tecnologías alternativas de bajo costo y de los beneficios del reúso de aguas residuales tratadas (Mara, 2004).
- Como conclusión se dice que a pesar del reconocimiento del potencial de la tecnología anaerobia, donde el reactor UASB es la unidad anaerobia de mayor aplicación para el tratamiento de ARD, son evidentes algunas limitaciones, por lo que se han desarrollado diversas estrategias para optimizar su eficiencia, que comprenden desde el pre-tratamiento del agua residual para reducir la concentración de sólidos suspendidos hasta mejoras en el diseño. Así como es importante la construcción de PTAR, también lo son la selección de la tecnología adecuada, la evaluación y optimización de las PTAR existentes, la implementación y continuidad en los programas de aforo, muestreo y caracterización para verificar el desempeño de los sistemas de tratamiento, el entrenamiento y capacitación del personal encargado del manejo y mantenimiento, con el fin de optimizar los procesos. Se debe continuar fomentando el desarrollo y uso de tecnologías compatibles con las condiciones de los países en desarrollo.

Autor: Fam et al.

Año: 2014

Título: Emergence of decentralized water and sanitation systems in Melbourne, Australia. (Sistemas de emergencia de agua y saneamiento descentralizado en Melbourne, Australia*)

Resumen:

- El estudio se llevó a cabo en Melbourne capital de Victoria y la segunda ciudad más grande de Australia. En ese año se tenía una población de 3.6 millones de personas, que se espera que aumente a 4.4 millones en 2030, donde la mayor parte del crecimiento se producía en las zonas urbanas. Melbourne tenía un sistema de aguas residuales y aguas pluviales separado, la red centralizada de alcantarillado transportaba más del 90% de las aguas residuales de la ciudad a dos grandes plantas de tratamiento que aplicaban una tecnología de humedales artificiales, liberando su efluente posteriormente en el Port Phillip Bay, el mismo que estaba perdiendo su capacidad de autodepuración, lo que generaba



- malestar e incomodidad en las personas que sentían y observaban cada vez más la contaminación de ese puerto.
- Se plantearon oportunidades para obtener resultados sostenibles que faciliten la recuperación de recursos y la reutilización a nivel local, así como la creación de una mayor flexibilidad y capacidad de recuperación en el sistema de alcantarillado. Esta tendencia emergente en sistemas descentralizados se reflejó en la Estrategia de Alcantarillado Metropolitana de Melbourne (MSS), que sostuvo que los sistemas centralizados no podían tener el mejor ciclo del agua para Melbourne en el futuro, y se dispusieron a encontrar formas rentables de satisfacer las necesidades futuras, ya sea a través del mantenimiento del sistema de alcantarillado centralizado o el desarrollo de una mezcla de sistemas centralizados y sistemas descentralizados (Melbourne Water, 2009).
 - Melbourne Water respondió al estudio invirtiendo US\$ 160 millones de dólares en una actualización ambiental de una de las plantas ubicada al occidente de la ciudad, teniendo como resultado clave la reutilización del agua reciclada en aplicaciones agrícolas. Además con las condiciones de sequía que empezaron a afectar a Victoria en 1996, la decisión de Melbourne Water de reequipar a la planta de tratamiento occidental para la reutilización, fue en este punto impulsado por preocupaciones ambientales para Port Phillip Bay, pero la sequía prolongada y la crisis del agua se convirtió en un conductor adicional para el uso de agua reciclada en las próximas décadas.
 - La tecnología planteada fue la innovación en la tecnología de membranas como un facilitador de los sistemas descentralizados, el uso de bioreactores de membrana particulares (MBR) para sistemas de aguas residuales de manera descentralizada, fue un fenómeno relativamente nuevo en Australia, la prueba con éxito y la reutilización de agua reciclada no sólo fue un factor importante en el aumento de la confianza y la aceptación de la tecnología por una amplia gama de interesados, también contribuyó a los cambios de los valores socio-políticos de agua reciclada para su reutilización no potable, por ejemplo el uso de agua reciclada para el riego de jardines públicos en Melbourne fue puesto a prueba en el jardín de dominio del Rey.
 - Para conseguir éxito con la implantación de la nueva tecnología, se llevó a cabo un taller de visión de liderazgo, que fue llevado a cabo con alrededor de 50 jubilados locales, actores estatales y nacionales, incluidas las organizaciones tan diversas como las autoridades del agua, reguladores, legisladores estatales, agencias gubernamentales locales, promotores inmobiliarios, consultoría organizaciones, académicos, grupos comunitarios, grupos de defensa y organismos profesionales.
 - La estrategia de trabajo avanzó junto con la conciencia por el agua de Melbourne. Los parámetros de planificación fundamentales o dimensiones críticas de alcantarillado podían evolucionar en el futuro (que también se refleja en los temas del taller de visión por los participantes). Las dimensiones críticas identificadas por las autoridades del agua se relacionaron con la naturaleza de la urbanización y el crecimiento de la población, el cambio climático y el cambio de normas en la vida. Por lo tanto, el MSS estaba dirigido a la comprensión y la

- gestión de estos cambios en el contexto de planificación (Melbourne Water, 2008c).
- El documento indica que los profesionales e investigadores de Australia, América del Norte y Europa consiguieron aportes y experiencias de ciertos casos dados a nivel mundial a través de plantillas diseñadas para facilitar las respuestas a las preguntas de reflexión sobre cualquier estudio, por ejemplo, el propósito, la descripción, la implicación de gestión, etc. Una herramienta de comunicación estuvo basada a través de páginas web dentro del grupo de expertos, que también actuó como un repositorio además de los dos talleres de teleconferencia internacionales estructurados. Este enfoque de colaboración proporcionó acceso a recursos comunes, no sólo a una rica fuente de casos de estudio y a conceptos para el desarrollo de Melbourne, también contribuyó a la creación de una comunidad internacional en la vanguardia del campo.
 - Finalmente el autor sostiene que si bien se puso en relieve la importancia de conducir la seguridad del agua hacia percepciones de sistemas descentralizados y en particular el desarrollo de tecnologías con membranas que además permitían el reciclaje del agua, en los últimos 12 meses Australia había sido testigo de la nueva generación de energía y nutrientes que surgían de un sistema descentralizado, ofreciendo algo más que la seguridad del agua. Además el aumento previsto en los costos de energía debido a la escasez del agua, sin duda mostraron la necesidad de una mayor eficiencia en el sistema, así como la escasez de nutrientes necesarios para la agricultura se convertía en un factor de "empuje" más hacia sistemas descentralizados.

Autor: Van Dijk et al.

Año: 2014

Título: Financing sanitation and cost recovery in the slums of Dar es Salaam and Kampala. (Financiamiento para saneamiento y recuperación de costos en los barrios pobres de Dar es Salaam y Kampala*)

Resumen:

- El documento indica que mejorar el saneamiento para los pobres requiere una mejor gobernanza, más financiamiento y mecanismos para generar los ingresos procedentes de las instalaciones sanitarias. Las letrinas privadas todavía proporcionaban el 85% de las soluciones de saneamiento para los hogares en los barrios bajos de Dar es Salaam y Kampala.
- Se plantea que los gobiernos podrían reconocer la importancia de lo que llamamos nivel de los hogares o soluciones privadas y apoyarlos, por ejemplo mediante la promoción de estructuras más adecuadas, la recuperación de costos de los sistemas y la reorganización del sistema para reducir el costo de vaciado.
- El documento señala que el Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) para saneamiento, era reducir a la mitad para 2015 la proporción de personas que no tienen acceso a saneamiento básico, y que si la

definición más amplia de saneamiento sería usada (incluyendo el tratamiento de todas las aguas municipales e industriales y residuos sólidos) sería necesario US\$ 100.000 millones al año para cumplir con dichos objetivos en África, América Latina y Asia. Señala además que las inversiones a largo plazo necesarias (50 o 100 años) son difíciles de financiar porque en la mayoría de los países en desarrollo, un mercado de capitales para la financiación a largo plazo no existe, pero que sin embargo se han registrado grandes avances en el sector de saneamiento y que su eficacia se podría mejorar a través de más apoyo del gobierno y mecanismos de financiación adecuados.

- En términos financieros, el saneamiento presentó varios desafíos: 1) La insuficiencia de recursos para el saneamiento. 2) Los aranceles bajos o inexistentes para el uso de las instalaciones sanitarias. 3) La falta de sostenibilidad financiera de las soluciones sanitarias en ese caso existentes.
- El estudio presentó las primeras formas modernas de recuperación y financiación para el saneamiento en dos Barrios pobres de África (Dar es Salaam y Kampala) y luego se sugirió como mejorarlos. En los barrios pobres y en la periferia de las ciudades, la gente tenía que buscar sus propias soluciones, y teniendo en cuenta la naturaleza específica de estos, a menudo eran soluciones informales que merecían una atención especial en las prácticas sanitarias en África.
- Se recomienda que los hogares, ONG, organizaciones comunitarias o de pequeña escala, proveedores u operadores privados individuales deberían proporcionar servicios básicos de infraestructura en barrios marginales en los países en desarrollo, ya que todas las empresas e instituciones mencionadas pueden realizar las actividades necesarias y probablemente ser más eficiente que el gobierno en el suministro de estos servicios.
- Parte del estudio propuso que las letrinas debían construirse, mantenerse y vaciarse, usando el productor final como compostaje y el biogás como combustible, pero rara vez las actividades se consideraron como una cadena de valor.
- Fue importante obtener claridad en los diferentes tipos de subvenciones que se utilizaban en saneamiento, para el desarrollo de aseos adecuados, para cubrir el costo de O&M o el costo de vaciado de los retretes, estas subvenciones se basaban en dos aspectos: la falta de fondos que constituía la principal barrera para el acceso de los más pobres, y en segundo lugar, que el uso de subsidios de hardware era una forma efectiva de eliminar esta barrera, sin embargo el debate sobre los mecanismos de financiamiento para saneamiento adecuado para los pobres, debía ir más allá de la utilización de subvenciones y tener en cuenta todos los aspectos de hardware (el tipo de sistema de saneamiento de ser construido), el software (la estructura y gobierno), el capital, los gastos operativos y los usuarios finales del sistema de saneamiento.
- Se exploraron ejemplos de la vida real con respecto a saneamiento y se estudiaron las opciones para la financiación, construcción y operación de letrinas en una situación en la que la gente tiene poco dinero para

- gastar. Se comenzó con la fabricación de un inventario de las instalaciones existentes para la eliminación de excretas (aseos) en un barrio pobre seleccionado en cada una de las dos ciudades (Uganda y Tanzania) para identificar los mecanismos financieros actuantes y su funcionalidad en la provisión y operación de eliminación de excretas.
- Como ya se mencionó el objetivo fue explorar el potencial de los mecanismos alternativos de financiación en los dos tugurios seleccionados, para eso las siguientes preguntas guiaron la investigación: ¿Qué tipo de instalaciones de eliminación de excretas están disponibles en los dos barrios marginales de Uganda y Tanzania, y son este tipo de instalaciones de eliminación de excretas en los dos barrios financiados y sostenibles institucionalmente?, ¿Cuánto se ha invertido en los baños en los dos barrios y cómo se financian las inversiones y qué organizaciones estuvieron involucradas?, ¿Gastos y quién es responsable de las operaciones y mantenimiento de instalaciones de eliminación de excretas en los barrios pobres seleccionados?, ¿Qué posibles mecanismos de financiación alternativos para eliminación de excrementos existen en los dos barrios pobres seleccionados?
 - La selección de los dos barrios Kampala y Dar es Salaam se basó en la prevalencia de enfermedades transmitidas por el agua en estas ciudades. Considerando aspectos cualitativos (entrevistas con los interesados) y cuantitativos (encuestas en los hogares), se determinó que las prácticas de financiación para el saneamiento distinguía tres tipos de gastos necesarios (inversión inicial, las operaciones y los costos de mantenimiento y de vaciado) y se enumeró los seis tipos de fuentes de financiamiento que pueden estar disponibles: 1) La inversión privada por los hogares, o lo que en este artículo se llama "soluciones privadas". 2) Los fondos proporcionados directamente por el gobierno. 3) El dinero proporcionado indirectamente por el gobierno a través de los subsidios a diferentes instituciones u organizaciones. 4) ONG y organizaciones de base comunitaria (OBC) también jugaron un papel importante, pero tendían a financiar instalaciones sanitarias comunes. 5) La ayuda de las organizaciones donantes internacionales bilaterales y multilaterales, pero sólo estaba disponible en un grado limitado. 6) Las inversiones del sector privado podían contribuir al logro de los ODM.
 - Se planteó que se necesita ingresos para apoyar la mejora de la calidad de los servicios y para ampliar la cobertura de servicios a los consumidores de bajos ingresos, además se indicó que la recuperación de costos era más que recoger el dinero para los gastos de capital, (O&M), también implicaba considerar los costos para mantener las instituciones y apoyar a los servicios necesarios para la sostenibilidad de los servicios y el aumento de la cobertura en el tiempo y el espacio.
 - Las diferentes opciones para la recuperación de costos, o las posibles fuentes de ingresos del proyecto sanitario se presentaron de la siguiente manera: 1) Las tasas de usuarios: las contribuciones de las personas que se beneficiaban del sistema, posiblemente en especie. 2) Las tasas de suscripción, el mismo, pero luego en forma mensual por un individuo o una familia. 3) Impuesto sobre la propiedad o la tierra, se suponía que

este impuesto era para capturar el aumento del valor de la tierra o la propiedad debido a la presencia de un instalación sanitaria, que era el caso en la India (Van Dijk, 2006). 4) Recargo sobre la factura del agua, que unía el saneamiento con el agua potable, o mediante el cobro de las cuotas de conexión, con el tiempo ligado a micro ahorro y micro crédito. Esto requería los servicios públicos que son capaces de recoger proyectos de ley.

- La investigación mostró los siguientes tipos de aseos en los dos barrios estudiados: 1) Letrinas no mejoradas. 2) Inodoros. 3) Mejora de aseos, en la que incluimos la categoría VIP, orina seca y biogás. El uso de inodoros no mejorados dominó, siendo no seguros o higiénicos y contribuyendo a la propagación de enfermedades.
- La encuesta de hogares mostró que la mayoría de ellos estaban dispuestos a contribuir a la mejora del saneamiento en su área (35% de los entrevistados), otro 40% estaba dispuesto a contribuir con su trabajo a tales esfuerzos. Por otra parte la inversión inicial para un terreno fue sustancial y con mayor frecuencia entre 350.000 y 500.000 chelines tanzanos, que generalmente se invertían por el arrendador (en caso de alquiler) o por el propietario de la casa. Un ejemplo que se puede resaltar se dio en Temeke donde había cinco baños comunes, aquí los hogares utilizaban generalmente letrinas de pozo sin revestimiento, sólo un agujero en el suelo.
- Los métodos de vaciado para lodos usado por los hogares entrevistados, mostraron que un 60% lo hacían por descarga manual en una nueva fosa excavada cerca, un 25% usaba tanque de vacío y MAPET, un 10% usaba remojos y 5% liberaban los lodos de forma natural durante la temporada de lluvia.
- El financiamiento y recuperación de costos en Bwaise no fue muy diferente de Temeke, no había suficientes retretes y los que existían eran pagados por el dueño de casa, las operaciones y los costes de mantenimiento fueron también una problema en Uganda y el vaciado de costos fue aún más altos que en Tanzania. Un 75.2% de los encuestados dijeron que ellos no pagarían por el uso de las instalaciones sanitarias, los otros pagaron en concepto de gastos de los usuarios por visita.
- Los dos estudios mostraron un interés en las consecuencias para la salud por la falta de saneamiento, e identificaron la disposición a pagar por mejores servicios sanitarios para los pobres. Surgiendo así una demanda de estos servicios, lo que permitiría mayor recuperación en los costos, sin embargo, no había suficiente capacidad y tampoco existía un sistema de alcantarillado disponible, y las plantas de tratamiento solamente funcionaban en los barrios más acomodados.
- En los dos barrios pobres estudiados, las inversiones iniciales para inodoros habían sido financiados por los dueños de casa, habitantes, ONG o del gobierno, pero el principal problema se manifestaba en generar suficientes ingresos para O & M y eventual vaciado de los inodoros.
- Factores que dificultaron el funcionamiento óptimo del sistema sanitario en Kampala fueron: 1) El costo de vaciar las instalaciones sanitarias. 2)



La debilidad de las estructuras deficientes de letrinas de pozo. 3) La falta de caminos de acceso a las instalaciones sanitarias. 4) El uso inadecuado de las instalaciones sanitarias.

- El papel de los comités de usuarios sanitarios era más importante en Uganda que en Tanzania, de hecho más de una quinta parte de la población entrevistado en Kampala confirmaron que no es un usuario sanitario, en resumen, había un sistema de recuperación de costos reales en Uganda, que permitía a los propietarios de aseo financiar inversiones adicionales, sin embargo, el costo de vaciado también tendía a ser mayor en Uganda que en Tanzania.
- Los temas de bajos ingresos, de bajo estatus social y un grado limitado de la organización, estaban vinculados con consecuencias medibles en términos de la contaminación del agua superficial, la falta de saneamiento, la salud y un gran número de niños que morían en estas circunstancias, a menos que más sistemas reales fueran parte del desarrollo alentado por el gobierno.
- La elección del mecanismo de financiación dependía del tipo de sistema de saneamiento que se estaba poniendo en marcha, el sector privado podía entrar si los proyectos realmente estaban concebidos como inversiones económicas con retorno; por lo que era importante prestar atención a la promoción de la higiene y del entorno como un enfoque diferente para el saneamiento. La mejora de las instalaciones tenían el potencial para fomentar un gran aumento en el gasto generado en el mercado, hogar o comunidad, ilustrado por enfoques como el saneamiento total y liderado por la comunidad.
- Se sugirió diferentes formas para financiar un saneamiento sostenible: 1) Animar a las nuevas inversiones en el saneamiento nacional del sector privado. 2) Desarrollar la fijación de precios y los sistemas de tarificación que garantice la sostenibilidad financiera de las inversiones en saneamiento. 3) Facilitar el acceso de los países pobres a los fondos para el saneamiento y desarrollar mecanismos de financiación local, por ejemplo micro crédito, mecanismos para facilitar el pago de la tarifa de conexión a un sistema de alcantarillado. 4) Alentar a los bancos de desarrollo locales a invertir en saneamiento.
- Y aunque las soluciones "privadas" que la gente eligió tenía su costo y necesitaba el apoyo de nuevas fuentes de financiamiento, sin embargo, el gobierno tenía que invertir en el mantenimiento de la infraestructura sanitaria, insistir en la recuperación de costos de los sistemas y asegurar la calidad y la transparencia a través de una apropiada regulación.

Autor: Sara y Graham

Año: 2014

Título: Ending Open Defecation in Rural Tanzania: Which Factors Facilitate Latrine Adoption? (Finalizando la defecación al aire en Tanzania rural: ¿Qué factores facilitan la adopción de letrinas?*)

Resumen:



- Este análisis examinó los comportamientos y actitudes de saneamiento de los hogares rurales en Tanzania, con el fin de identificar las barreras y los controladores para la adopción de letrinas. El análisis se realizó utilizando los resultados de un estudio transversal de 1.000 hogares en cinco distritos rurales de Tanzania.
- Se evaluó las motivaciones, percepciones, y las limitaciones que rodean la defecación al aire libre y el uso de letrina abierta, mostrando como resultado una asociación significativa entre el uso de saneamiento mejorado y la satisfacción con la instalación de saneamiento actual. De los 93 hogares totales que practican la defecación al aire libre, 79 (85%) no estaban satisfechos con la práctica, 62 (67%) tenían planes para construir una letrina y 17 (18%) habían comenzado a ahorrar para una letrina. Entre los hogares que planeaban construir una letrina, la salud fue la razón principal indicada (60%). Por lo que el autor recomendó que para aumentar la demanda de adopción de letrinas en zonas rurales de Tanzania, se debía integrar temas de privacidad, seguridad, prestigio y de salud.
- Se estimó que la falta de saneamiento y la higiene representaba el 7% de las muertes en los países de bajos y medios ingresos. De igual manera las enfermedades diarreicas representaban el 7% de las muertes de niños menores de cinco años en Tanzania, a pesar de la alta tasa de urbanización (4.7% por año en el 2010) de Tanzania, el 74% de la población es rural.
- En Tanzania urbana, la prevalencia de la OD (Defecación al aire libre) se mantenía en el 2% (1990-2010), mientras que la práctica se incrementaba del 10% al 16% en las zonas rurales. Como resultado, se estimó que 5.3 millones de habitantes rurales practicaban OD en 2010.
- El autor señala que si una familia tenía la oportunidad, la capacidad y la motivación para adoptar un comportamiento, se produciría un cambio.
- Las letrinas solían atribuir un aumento en la limpieza y el prestigio, junto con mejoras en la seguridad, privacidad, comodidad y estatus social; la investigación documentó que los beneficios para la salud eran por lo general bajos en la lista de factores de motivación para la adopción de letrinas, los principales obstáculos para la construcción de una letrina en el sector rural incluían al espacio limitado, seguido por los altos costos, la falta de expertos en construcción, el ahorro y los problemas de crédito y prioridades en competencia; las limitaciones económicas, propiedad de la tierra y las cuestiones geográficas también eran limitaciones comunes, pero no fueron fácilmente afectados para un individuo u hogar.
- El método consistió en: Analizar encuestas DHS Nacional (2004, 2007 y 2010) para proporcionar datos sobre la prevalencia del fondo OD regional y tendencias en el sector rural de Tanzania, con el fin de examinar las barreras para la adopción de letrinas; el presente documento utilizó los datos recogidos por un Programa de Agua y Saneamiento (WSP) y un estudio de investigación consumidor/hogar

realizado por el Banco Mundial, todos los datos utilizados en el estudio estaban disponibles al público. Software estadístico STATA se utilizó para probar las relaciones entre las variables de estudio. Las preguntas de la encuesta WSP se centraron en las percepciones, actitudes, conocimientos y hábitos relacionados con la OD y la adopción de una letrina mejorada.

- Se examinaron las relaciones entre las variables independientes (educación, el distrito, la religión, la edad, los ingresos y la ocupación, relación con el jefe del hogar), y debido a la baja tasa de respuesta en las cuestiones relacionadas con los ingresos, se utilizó el análisis link-station que compara quintiles de ingresos entre los 265 entrevistados que respondieron a preguntas relacionadas con los ingresos; los autores examinaron la relación entre la educación, el distrito, la religión, la ocupación y los ingresos a través de regresiones multivariantes y pruebas de VIF, para ciertas preguntas de la encuesta con bajas tasas de respuesta, solamente se realizaron los análisis de datos exploratorios.
- En las regiones del norte de Tanzania, la OD era cada vez más frecuente, mientras que en las regiones del sur, la prevalencia de OD seguía siendo relativamente bajo.
- De 1000 hogares, 93 (9.4%) hogares reportaron que practican OD, 885 (90.3%) reportaron el uso de una letrina o inodoro de algún tipo, y dos hogares (< 1%) reportaron el uso de bolsas de plástico, que se denominan comúnmente como " inodoros volantes", por otra parte 20 familias no respondieron cuando se les preguntó dónde defecan y fueron retiradas del análisis.
- La educación se asoció significativamente con el uso de letrinas o el inodoro, ya que sólo el 8% de los hogares que utilizaban una instalación de letrinas o retretes nunca había asistido a la escuela y casi un tercio (30%) de los hogares que practican OD nunca había asistido a la escuela. Un análisis más detallado mostró que no existe ninguna asociación significativa entre el número de años de educación y el uso higiénico de letrinas.
- Ciertas ocupaciones de los encuestados era la cría de ganados, se obtuvo como respuesta que la mayoría de sus ingresos en la ganadería de mantenimiento se relacionaban con usar una letrina, en comparación con los encuestados que trabajaban en su propia granja.
- La religión también presentó una asociación estadísticamente significativa con la práctica de OD, los encuestados que reportaron practicar el cristianismo o el islam tenían probabilidades mayores de la utilización de una instalación de letrina en comparación con los encuestados que declararon que practicaban religiones africanas o paganas tradicionales.
- Una regresión multivariante similar se llevó a cabo para determinar qué factores se asociaban con la satisfacción de los hogares con la

instalación del saneamiento que tenían hasta entonces, la mayoría de los hogares que practican OD (85%) estaban insatisfechos con su actual lugar de defecación, mientras que poco más de la mitad (55%) de hogares que utilizan letrinas o retretes estaba insatisfechos también, las razones más comunes de insatisfacción entre los usuarios de letrinas estaban relacionados con la estructura y las cuestiones de suelo, en conclusión, la seguridad y limpieza fueron los principales motivos de insatisfacción entre los hogares que practican OD y los que utilizan instalaciones de letrinas/inodoros.

- La buena salud era la razón más importante de poseer una letrina en los hogares que planeaban construir una letrina (60%), mientras que evitar la contaminación del medio ambiente fue la razón más importante entre los hogares sin planes (54%).
- Sólo el 46% de los hogares sin planes para construir una letrina había asistido a la escuela primaria, mientras que el 87% de los que tenían planes había asistido a la escuela primaria; además más del 53% de los hogares sin planes para construir una letrina ganó la mayoría de sus ingresos de la cría de ganado, mientras que no habían hogares que planeaban construir una letrina y que no habían ganado la mayoría de sus ingresos de la ganadería de mantenimiento.
- La mayoría de los encuestados que practicaban OD percibían dicha práctica como algo normal dentro de sus comunidades.
- Del 93% de hogares que planeaban construir un inodoro, 75% optaron por construir alguna versión de un hoyo de la letrina sin losa, 11% una letrina con losa y un 7% una letrina de pozo ventilado porque eran asequibles y fáciles de construir. Entre estos hogares, los beneficios más comunes para ser propietario de una letrina eran: privacidad (57%), aumento de la seguridad (17%), y el respeto de los vecinos o el aumento de estatus social (14%). Las principales limitaciones entre los hogares que planeaban construir una letrina fueron: el costo de la letrina (46 %), incapacidad para tener acceso al crédito (21%) y la construcción o asesoramiento a la familia en la construcción de letrinas (19%). Las principales limitaciones entre los hogares que no tenían planes para construir una letrina fueron: restricciones financieras (44%) y las creencias tradicionales o culturales en relación con las prácticas de OD (24%).
- Por otro lado, mientras que la reutilización de excrementos humanos y animales en general no era un generador de ingresos para los hogares rurales, había beneficios para esta reutilización, se conocía que la reutilización segura de excretas aumentaba la productividad agrícola y nutrientes rejuvenecedores en el suelo y aunque la reutilización segura de excretas podía ser una opción viable, el proceso de creación de fertilizantes se debía hacer correctamente. Se planteó que mientras los programadores ponderaban la viabilidad de esta intervención; la

educación y las actividades de cambio de comportamiento debían ser monitoreadas de cerca para asegurar el éxito del programa.

- El documento concluye planteando que aumentar el acceso a servicios de saneamiento de menor costo, materiales de construcción y aumentando las oportunidades de ahorrar dinero o acceso a créditos, son componentes vitales para futuras intervenciones en mejoras del saneamiento en el contexto rural de Tanzania.

Autor: Kouamé et al.

Año: 2014

Título: Ecohealth Approach to Urban Waste Management: Exposure to Environmental Pollutants and Health Risks in Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. (Eco-salud, Enfoque de Gestión de Residuos Urbanos: La exposición a contaminantes ambientales y riesgos para la salud en Yamusukro, Costa de Marfil*)

Resumen:

- El presente estudio se realizó en Yamusukro, la capital política de Costa de Marfil, donde el autor inicia manifestando que la mala gestión de los residuos es un motor clave de la mala salud en los asentamientos urbanos de países en desarrollo.
- Yamusukro está situado a unos 240 kilómetros de Abiyán, con una población estimada de 300.000 habitantes, el clima es tropical. La larga estación seca se produce a partir de diciembre a mayo y una estación seca más corta se extiende desde Julio a Octubre, la larga temporada de lluvias se extiende de mayo a Julio y la temporada de lluvias más corta se produce en Octubre y Noviembre, la precipitación anual varía de 900 mm a 1.200 mm y el promedio de la humedad es de 80% a 95%, la temperatura oscila entre 19 °C a 35 °C.
- Alrededor del 90% de los hogares utilizaban fosas sépticas y la mayor parte de los lodos fecales se eliminaban por los actores privados, y en algunos casos de forma manual por los carroñeros tradicionales.
- Se realizó una investigación transdisciplinaria dentro de un enfoque de Ecosalud, compuesto de un taller participativo con las partes interesadas y el mapeo de los patrones de exposición. Este estudio tuvo como objetivo, evaluar las cargas de morbilidad relacionada con la gestión de residuos insostenible en el sector urbano con el fin de proporcionar la información necesaria para desarrollar medidas apropiadas y las intervenciones prácticas que podrían mejorar el bienestar de la población en Yamusukro.
- Los componentes analizados en el enfoque de Ecosalud fueron: 1) La descripción del problema; 2) La asociación de factores de riesgo ambientales y de salud a nivel de la ciudad; 3) la identificación de causas y consecuencias potenciales; 4) El establecimiento de un plan específico de intervención con las partes interesadas. Este enfoque

permitió una mejor descripción de los patrones de riesgo en el área de estudio, su distribución y la mitigación. El propósito de usar las dimensiones sociales en esta investigación era demostrar cómo el acceso a un saneamiento de condiciones seguras y la mejora de la gestión de residuos contribuyen a una mayor salud ambiental y humana en la zona. Adicionalmente se realizó un taller participativo, un mapeo de los factores que generan un riesgo ambiental, y encuestas transversales en los hogares.

- Los resultados del taller participativo revelaron que la mayoría de los participantes se sienten amenazados por la degradación de las condiciones ambientales y de salud en el área de estudio, por otra parte, destacaron los efectos negativos de la mala gestión de las aguas residuales y los desechos sólidos en el agua del lago y las aguas subterráneas, la contaminación y la dinámica de las cargas de morbilidad, como la diarrea y la fiebre tifoidea.
- Los hogares encuestados fueron 492, compuestos de un 74.2% de mujeres y 25.8% de hombres. Nuestra investigación mostró que el nivel educativo de las personas entrevistadas se estimó en un 13.7% tenía educación superior, el 34.5% tenía educación secundaria, 18.4% tenía educación primaria y 32.8% no tenía escolaridad.
- Del muestreo de las aguas residuales, realizándose posteriormente un análisis físico-químico de la superficie del agua (temperatura, pH, conductividad, potencial de reducción/oxidación, DBO5, DQO, oxígeno disuelto, nitratos, amoníaco y nitrógeno total) se determinó que no cumplieron con las normas de la Organización Mundial de la Salud de calidad que debería tener dicha agua.
- Los resultados del cuestionario mostraron que la malaria fue la enfermedad reportada más común, más de 80% de los hogares informó de que al menos un miembro de la familia sufría de malaria durante los últimos 2 años, la diarrea y la malaria se asociaron con la falta de saneamiento. Los hogares con letrina seca tenían un mayor riesgo en comparación con los hogares que tenían letrinas con pozos sépticos.
- De los resultados obtenidos de las encuestas transversales a los hogares, se obtuvo que la fuente de suministro de agua principal era el agua del grifo en un 80% de los hogares entrevistados. La accesibilidad al agua del grifo, la reventa y agua de pozo tradicional se estimaba entre 70%, 18% y 41% respectivamente. Las fuentes alternativas de agua (pozos y reventa) se utilizaban sobre todo en los hogares pobres para actividades domésticas, como bañarse y lavar la ropa. Las letrinas secas se asociaban con un mayor riesgo de diarrea y malaria en comparación con las letrinas con fosa séptica.
- La investigación mostró que la combinación de evaluaciones de salud y del medio ambiente permitieron una comprensión más profunda de las amenazas ambientales y las cargas de enfermedad vinculadas a la gestión de residuos deficientes. Existía una necesidad urgente para



mitigar los riesgos para la salud relacionados con los residuos urbanos en Yamusukro y en todos los países en desarrollo. Fue concebible que la carencia de estrategias de saneamiento y la mala gestión de los residuos sólidos y aguas residuales estén vinculados a la mala salud. Por lo tanto, la interacción entre los aspectos sociales (falta de infraestructuras y mala gestión de los residuos urbanos) del medio ambiente y estado de salud (fiebre tifoidea, paludismo) fue el factor determinante en el bienestar de la población en el área de estudio.

- En Salvador, Brasil, un estudio encontró que el establecimiento de la tecnología de saneamiento descentralizado contribuye a la disminución de la prevalencia de la diarrea hasta en un 40%. Los resultados de un análisis de regresión logística mostraron que las enfermedades diarreicas y el paludismo fueron más influenciados por la mala condición de gestión de los servicios sanitarios, por otro lado los hogares en los barrios pobres con fosas sépticas y letrinas secas, contribuían a este, debido a las conexiones ilegales con drenaje abierto.
- En Yamusukro, la diarrea fue atribuible a la falta de saneamiento, a la mala calidad de las aguas residuales para riego, el contacto accidental con desechos indiscriminados y aguas residuales que vierten abiertamente en el área de estudio. Curiosamente 80% de la población en Yamusukro tenía acceso a la corriente de agua y el 41% al agua de los pozos, la investigación mostró que el origen de abastecimiento de agua en los hogares, no afectaban a la aparición de diarrea.
- Este estudio fue dirigido a la necesidad de desarrollar e implementar una herramienta práctica para mejorar la salud de las personas y condiciones de saneamiento ambiental mediante la evaluación de las amenazas potenciales en el área de estudio, los resultados obtenidos serían un primer paso hacia el desarrollo de una red que permita compartir información entre las partes interesadas, los responsables políticos y la población local, con el fin de mejorar el bienestar de las personas en la ciudad de Yamusukro. Este enfoque fue flexible y se pudo utilizar para una evaluación rápida de medio ambiente y condiciones de salud en países en desarrollo. Los sesgos relacionados con la falta de información sobre el analfabetismo constituyeron una limitación en este estudio, así como los impactos del conocimiento a la acción.
- Finalmente el documento plantea que hay una necesidad de promover y analizar los aspectos de implementación de infraestructura de saneamiento, mediante la evaluación de la viabilidad tecnológica, fiabilidad financiera y la viabilidad sostenible.

Autor: Zakaria et al.

Año: 2015

Título: Decision support system for the provision of emergency sanitation.
(Sistema de soporte de decisión para la prestación de servicios sanitarios de emergencia*)

Resumen:

- Este estudio desarrolló un sistema de soporte de decisiones basado en computadora (DSS), que permitió planificar una respuesta para saneamiento en situaciones de emergencia. Las alternativas sugeridas por el DSS se basaron en un concepto de saneamiento en cadena (es decir, cada alternativa de saneamiento incluyó la eliminación de excretas, recolección, transporte, tratamiento y disposición final o reutilización) que consideró diferentes pasos en la gestión de lodos fecales, desde el inodoro o letrina para la eliminación segura de materias fecales.
- En el documento se manifiesta que los campamentos temporales son a menudo superpoblados y contienen refugios rudimentarios, inadecuados en agua segura y saneamiento, además de una alta exposición potencial de las personas (residentes del campamento) a los vectores de enfermedades. En el contexto de emergencia donde el objetivo humanitario fue satisfacer el saneamiento básico y donde la principal preocupación era las prevenciones de enfermedades, la palabra "saneamiento" consideró lazos más fuertes entre la eliminación de excretas humanas y de gestión. Además estas alternativas de saneamiento básico a menudo no consideraban factores muy importantes como: fallas que se debían a suelos inestables, áreas inundables, ubicaciones en las que no era posible excavar (debido a terreno rocoso, limitaciones de espacio y/o propiedad de la tierra), entre otros.
- Después de un terremoto que causó daños catastróficos en Haití en el 2010, se evaluaron varias alternativas de saneamiento, incluyendo bolsas biodegradables, cúpulas de biogás, letrinas de compostaje, tecnologías con desviación de orina, letrinas prefabricada (utilizando diversos materiales) y alternativas de cajas con revestimiento para superar los problemas de pozos que colapsaban. La mayoría de estos sistemas fueron modificaciones de las tecnologías existentes y desarrolladas para un contexto de no-emergencia; el rendimiento de estas alternativas de saneamiento no eran tan satisfactorias como se esperaba, las limitaciones de tiempo y recursos en situaciones de emergencia por lo general podían llevar al uso de remedios estándar y no soluciones óptimas. Las lecciones pasadas en casos de emergencia, no estaban bien comunicadas.
- La cadena de saneamiento planteada consistió en varios procesos individuales de saneamiento introduciendo un orden lógico: 1) Los procesos de eliminación de excretas y colección de la interfaz del usuario; 2) Los procedimientos para el transporte de excretas (recogida y transporte); 3) Los procedimientos de tratamiento hasta su disposición final o reutilización.

- Los programas de ordenador se desarrollaron en un intento de facilitar el proceso de toma de decisiones complejas para la selección de la mejor opción de saneamiento. Algunos de estos programas informáticos incluyeron WAWTTAR (Finney y Gerheart, 1998), SANEX™ (Loetscher y Keller, 2002) y SETNAWWAT (Sah et al., 2010), todos éstos fueron diseñados para ser aplicados en un contexto de desarrollo (no de emergencia); por lo tanto, no serían tan precisos cuando se trata de escenarios de emergencia.
- El método llevo a cabo las siguientes fases: 1) La selección de tecnologías de saneamiento que se incluiría en el DSS saneamiento de emergencia, tecnologías probadas que han sido utilizados en situaciones de emergencia anteriores o tecnologías que tuvieran un potencial para ser utilizados en futuras emergencias. 2) La definición de criterios y procesos de selección, estos criterios fueron acerca de una tecnología específica, de un sitio específico y criterios socio-culturales específicos, además, se clasificaron a los criterios de acuerdo a la forma en que interferirían en el proceso de la selección, habían algunos criterios que eliminarían a ciertas tecnologías de saneamiento cuando las condiciones fijadas por el criterio establecido no se cumplieran, otros criterios evaluarían la idoneidad de las tecnologías de saneamiento a la situación dada (evaluación criterios) mediante la asignación de una determinada puntuación a cada tecnología de saneamiento para cada criterio definido. 3) En el desarrollo del marco conceptual DSS, todas las opciones de saneamiento pasaron primero a través de un proceso de selección inicial, el proceso de selección evaluó todas las opciones de saneamiento considerando los criterios de selección predefinidos y que incorporaban todas las entradas introducidas por los usuarios, la etapa de evaluación fue particularmente útil para que los usuarios sean capaces de identificar las ventajas potenciales y limitaciones de la tecnología de saneamiento elegida. 4) En la programación de computadoras, el DSS se desarrolló utilizando Visual Basic para Aplicaciones (VBA) Versión 6 en Microsoft Office Excel (versión de 32 bits) 2007.
- En resumen, DSS utilizó como entrada datos dados por el usuario, el resto de opciones de saneamiento fueron integradas en una cadena de saneamiento factible; posteriormente cada tecnología en la cadena se evaluó sobre una puntuación del sistema. Diferentes cadenas de saneamiento se podían clasificar en función de las puntuaciones totales de la evaluación. DSS presentó varias deficiencias, siendo posibles errores la práctica de la aplicación de la norma, la intuición, la omisión de las condiciones específicas del sitio, el conocimiento limitado exhibido por emergencia y la prestación de servicios sanitarios que muy seguido se centraron exclusivamente en la etapa de recogida (es decir, sólo la provisión de inodoros).
- El sistema de soporte de decisiones basado en computadora (DSS) fue una herramienta útil para la selección de alternativas de saneamiento, ya que proporcionó decisiones precisas ante emergencias en el menor tiempo posible. El DSS pudo proporcionar hasta 20 opciones de saneamiento viables clasificadas en un orden lógico.

- El DSS estuvo diseñado como un programa flexible que podía ser fácilmente modificado, es decir, se podía agregar más o diferentes tecnologías de saneamiento, la matriz de compatibilidad podía ser modificada para satisfacer emergencias especiales, así también los criterios de selección y evaluación.
- La decisión final con respecto a la prestación de la más adecuada alternativa de saneamiento dependía enteramente del usuario, adicionalmente se estableció que se necesitaba más investigación para validar completamente esta herramienta a partir de datos, ya sea de emergencias pasadas o actuales, incluyendo información relacionada con actividades preparatorias de emergencia.

A partir del resumen inicial, se procedió a extraer diferentes características de cada artículo, para eso se elaboraron tablas que se dividen en dos categorías, una primera tabla que presenta 15 artículos relacionados con las tecnologías que se han aplicado en diferentes partes del mundo, y una segunda tabla que presenta 15 artículos relacionados con los métodos de gestión usados en diferentes localidades. Los artículos se encuentran ordenados de manera cronológica describiendo características seleccionadas de la siguiente manera:

Tabla 2: Tecnologías

- Columna 1: Autor del artículo y año de publicación.
- Columna 2: Título del artículo o revista.
- Columna 3: Lugar de estudio
- Columna 4: Características ambientales
- Columna 5: Población servida
- Columna 6: Condiciones organizacionales de la comunidad servida
- Columna 7: Tecnología aplicada
- Columna 8: Tipo de agua residual tratada
- Columna 9: Resultados obtenidos



Tabla 3: Métodos de Gestión

Columna 1: Autor del artículo y año de publicación.

Columna 2: Título del artículo o revista.

Columna 3: Lugar de estudio

Columna 4: Población servida

Columna 5: Infraestructura existente.

Columna 6: Aspectos sociales, se refiere a la coordinación y condiciones de la comunidad en relación al tema tratado.

Columna 7: Método planteado

Columna 8: Resultados obtenidos.



Tabla 2: Tecnologías

Autor	Título	Lugar de Estudio	Características Meteorológicas	Población Servida	Análisis	Tecnología Aplicada	Tipo de AR tratada	Aplicación/Combinación/Análisis
Frankfurt (Information and Information), 2001.	Métodos de tratamiento de aguas residuales descentralizados para países en desarrollo*	Lugares con bajos niveles freáticos.	Condiciones variadas.	50 hogares	Se analiza la composición de las aguas residuales, disponibilidad de tierras, de fondos y experiencia en la zona de estudio y áreas requeridas, todo en función del efluente requerido.	Tanques Sépticos, Letrinas, Tanque Imhoff, Filtro anaerobio, Tanque séptico con deflectores, Humedales artificiales, Estanques anaerobios	Recomendación en función de la tecnología usada.	Para remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) entre 25-50% se recomienda pozos sépticos y tanques Imhoff, 70-90% filtros anaerobios y tanques sépticos con deflectores, 70-95% humedales y sistemas de lagunas.
T.A. Elmitwalli, S. Sayed, L. Groendijk, J. van Lier, G. Zeeman and G. Lettinga, 2003.	Tratamiento descentralizado de aguas residuales concentradas a baja temperatura en un sistema anaerobio de dos pasos: dos tanques sépticos - flujo ascendente híbrido*	Países Bajos	Temperaturas: 13 °C (Invierno), 18 °C (verano)	1000-20000 habitantes	Se investiga la factibilidad de un tratamiento anaerobio que trate las aguas residuales a bajas temperaturas y a bajos costos de inversión y mantenimiento.	Tanque Séptico AH de dos pasos y un modelo matemático ADM1 (IWA, 2002).	Agua Residual Doméstica	Se determinó una reducción del 87% de DQO (Demanda Química de Oxígeno) considerando temperaturas bajas, la limpieza del lodo será posterior a un año.
Jonathan Parkinson and Kevin Tayler, 2003.	Gestión descentralizada de aguas residuales en áreas peri-urbanas en países de bajos ingresos*	Zonas peri-urbanas en países en desarrollo de bajos ingresos	Condiciones variadas.	Rango variado	Se busca el sistema de tratamiento de agua residual que genere menores gastos y un efluente reutilizable.	Tratamiento anaerobio, Reactor con deflectores y lagunas de estabilización.	Agua Residual Doméstica	Tratamiento anaerobio, no requiere de energía externa y poca reducción de patógenos. Reactor desconcertado, dos cámaras de manera similar a un UASB. Lagunas de Estabilización, mayor eliminación de patógenos, efluente óptimo para reutilización.
Günter Langergraber y Elke Muellegger, 2005.	Saneamiento Ecológico - una manera de resolver los problemas de saneamiento a nivel mundial ?	Pueblos ubicados en: Uganda, Alemania, Dinamarca y Finlandia.	Condiciones variadas.	No existe datos	Se busca el sistema de tratamiento de agua residual que genere menores gastos y un efluente reutilizable.	Tratamiento anaerobio, Reactor con deflectores y Lagunas de estabilización.	Agua Residual Doméstica	Tratamiento anaerobio, no requiere de energía externa y poca reducción de patógenos. Reactor con deflectores dos cámaras de manera similar a un UASB. Lagunas de Estabilización, mayor eliminación de patógenos, efluente óptimo para reutilización.
Katarzyna Kujawa-Roeleveld and Grietje Zeeman, 2006.	Tratamiento anaerobio descentralizado basado en conceptos de saneamiento y separación en el origen.*	Zonas peri-urbanas en países en desarrollo de bajos ingresos	Temperaturas: 20°C y 13 °C.	Rango variado	Se analiza las aguas grises y negras relacionando su composición con su localización, estilo de vida, costumbres, instalaciones adquiridas en cada hogar.	Para temperaturas altas (20 °C), un reactor de tipo UASB, seguido de un tanque séptico convencional. Para temperaturas bajas (13 °C), un filtro anaerobio (AF) seguido de un reactor híbrido anaerobio (AH).	Aguas grises, negras y pluviales, combinadas y separadas.	En temperaturas altas se remueve DQO hasta un 80-90%. En temperaturas bajas hasta un 71% de DQO. Al separar las aguas grises de las aguas negras, el 80-95% de nutrientes pueden ser recuperados. Se recomienda post-tratamiento para el efluente.
C. Abegglen and H. Siegrist, 2006.	Tratamiento de aguas residuales domésticas con un bioreactor de membrana a pequeña escala.*	Solothurn - Soleura (Suiza)	Temperatura: 16°C, ubicada a 430 m.s.n.m.	250,614 hab, el estudio se realizó en un hogar de 4 personas.	Se busca un tratamiento para aguas residuales domésticas que pueda ser tratada in-situ, generando un efluente seguro y reutilizable, y una menor demanda de agua potable.	Se trata el agua en un reactor de membrana que se divide en un tanque primario clarificador y un segundo tanque de lodos activados con una membrana de placa sumergida. Ambos con un sistema de aeración.	Agua Residual Doméstica	Se obtiene un 90% de remoción del nitrógeno y del fósforo. Se presenta una deshidratación bastante buena a temperaturas bajas (10°C), obteniendo una remoción de Carbono Orgánico Total (COT) y DQO de 90 y 95% respectivamente.
Paolo Battistonia, Francesco Fatoneb, Daniele Passacantandoa, David Bolzonellab, 2007.	Aplicación de trituradores de desperdicios de comida y proceso de ciclos alternados en pequeños pueblos descentralizados: Un estudio de caso*	Gagliole-Macerata (Italia)	Temperatura: 25°C, ubicada a 315 m.s.n.m.	671 hab (Participaron 35 familias- 95 hab y 60 hab correspondientes a una industria)	Se introduce una tecnología en cada hogar e industria seleccionada, analizando el efecto hidráulico y de sobrecarga que se genera en las alcantarillas, y la variación de energía que se genera en el tratamiento.	Trituradores de desperdicios de comida (FWDs) usando un proceso de ciclos alternado en pequeñas plantas de tratamiento.	Aguas residuales municipales e industriales.	No se registró sobrecarga ni mayor consumo de energía en las plantas durante el uso de los FWDs. Sin embargo se registró mayor consumo de energía en los hogares. Se determina que el uso de los FWDs será beneficioso después de 4 a 5 años de funcionamiento.



Autor	Título	Lugar de Estudio	Características Meteorológicas	Población Servida	Análisis	Tecnología Aplicada	Tipo de AR tratada	Aplicación/Combinación/Análisis
J.M. Méndez, C. Gonzales, A. Alvarado Lassman, G. Alvarado Kinnell, S. Martinez, 2008.	Supervivencia de bacterias fecales en lodos residuales deshidratados tratados con Amoniac.	Orizaba, Veracruz (México)	Temperatura: máxima 25°C y mínima 16°C, precipitación de 2238 mm/año, ubicada a 1232 m.s.n.m.	120,995 hab (2010)	Después de un tratamiento primario y avanzado se busca identificar las mejores condiciones para la eliminación de microorganismos patógenos que permitan reutilización de forma segura.	Se usa el modelo cinético de Hom (Pernitsky y col., 1995) para determinar la inactivación de coliformes fecales (CF) y Salmonella usando diferentes dosificaciones de Amoniac y concentraciones de sólidos totales (ST).	Aguas residuales municipales y agroindustriales.	A mayor deshidratación y temperatura en el lodo, menor cantidad de amoniac requerido para la inactivación de los microorganismos.
Alma Cota y Carlos Ponce, 2008.	Eliminación de bacterias patógenas en lodos residuales durante el secado solar.	Norte de la ciudad Juárez (México)	Temperatura variable de 5,3 - 36,5 °C, clima desértico, precipitación de 332 mm/año, ubicada a 1137 m.s.n.m.	1,495,891 hab	Se analiza muestras de lodos de la planta de tratamiento ubicada al Norte de la ciudad Juárez, caracterizado por malos olores.	Se utiliza radiación solar. La cuantificación de CF y salmonella, se realizó con número más probable (NMP). Se usó adicionalmente un sistema de ventilación.	Agua residual doméstica 90%, Residuos industriales 10%.	A menor pH, mayor eliminación de microorganismos. El secado solar de lodos, redujo el agua en un 99% y de acuerdo al tiempo de retención, una reducción significativa de microorganismos patógenos a bajos costos.
S. Fach and S. Fuchs, 2010.	Diseño y desarrollo de tecnologías descentralizadas del agua y aguas residuales: una combinación de eliminación segura de aguas residuales y producción de fertilizantes.*	Gunung Kidul (Indonesia)	Temperatura: entre 21 °C y 32 °C	Rango variado	Se analiza los tipos de fermentación a los cuales se someten las bacterias: hidrolíticas acidogénicas y acetogénicas metanogénicas.	Se propone digestión anaerobia y filtración aerobia. Inicialmente se trata el agua en pozos sépticos, y posteriormente se deshidrata el lodo para su reutilización como fertilizante.	Agua Residual Doméstica	Se analiza el lodo obtenido únicamente por hidrólisis en el pozo séptico y otro con un 90% del pozo séptico y un 10% de residuos sólidos. El efluente es usado para riego y los lodos como acondicionador y fertilizante para mejorar la calidad del suelo.
Naydú Rojas, Andrea Sanchez, Adriana Matiz, Juan Salcedo, Ana Carrascal, Aura Pedroza, 2010.	Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y Escherichia coli presentes en agua residual doméstica, empleada para riego.	Bogotá (Colombia)	Temperatura: 13 °C, precipitación anual de 890 mm, ubicada a 2600 m.s.n.m.	Planta de tratamiento ubicada a 36 km de Bogotá	Se busca un tratamiento para los lodos generados después de un tratamiento primario en lagunas de oxidación, que garantice su reutilización en la agricultura.	Se analiza la concentración de coliformes y E. coli posterior a un post tratamiento usando cloración y un fotocatalítico con TiO ₂ combinado con altas temperaturas.	Lodos obtenidos a partir de Agua Residual Doméstica	Utilizando cloración no se eliminan totalmente los coliformes y E. coli en un tiempo de retención de 8 horas, sin embargo usando la fotocatalisis heterogénea con TiO ₂ se consigue eliminar todos los organismos patógenos en 30 minutos.
Patricia Torres, 2012.	Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo.	Cañaveralejo, La Rosita (Colombia)	Temperatura: mayor a 20°C	Rango variado	Análisis de la tecnología más apropiada teniendo como factor principal el costo, la disponibilidad y valor de la tierra.	Comparación entre un tratamiento anaerobio con un aerobio.	Agua Residual Doméstica	El tratamiento anaerobio requiere menor consumo de energía y mayor posibilidad de producirla (gas metano), genera menor cantidad de lodo y gases GEI. Los costos son inferiores a los requeridos en un tratamiento aerobio.
Tiemen A. Nanninga, Iemke Bisschops, Eduardo López, José Luis Martínez-Ruiz, Daniel Murillo, Laura Essl and Markus Starkl, 2012.	Discusión sobre tecnologías sostenibles de agua para las zonas periurbanas de la ciudad de México: Equilibrio de la urbanización y Conservación del Medio Ambiente.*	Xochimilco (México)	Temperatura: promedio 15 °C, precipitación anual de 60 mm, ubicada a 2240 m.s.n.m.	Total de 415,007 (El estudio se realiza en el sector rural de Xochimilco)	Se busca la aprobación de los habitantes para introducir tecnologías descentralizadas para la recuperación y reutilización de los recursos en forma de agua, nutrientes y energía.	(1) Planificación Participativa, (2) Desarrollo de escenarios conceptuales, (3) Estudios de la factibilidad técnica (Inodoros Ecosan, Inodoros con filtros y Humedales), (4) Análisis de los recursos en el efluente.	Aguas residuales domésticas, aguas residuales pluviales, orina y heces.	La aceptación y participación de los habitantes es fundamental para la implementación de tecnologías descentralizadas. Se garantiza la recuperación de nutrientes, agua y energía con un ahorro significativo de costos, cuidando el medio ambiente.
Dilip M. Ghaitidak & Kunwar D. Yadav, 2013.	Características y tratamiento de aguas grises, una revisión.*	Perth (Australia), Calicut (India), Dakar (Senegal), Amman (Jordan), South África, Sana-a (Yemen).	Condiciones variadas.	Rango variado	Se analiza las características y ventajas que tiene tratar las aguas grises por separado, con un enfoque en su reutilización.	Tratamiento anaerobio, Humedales y Filtración.	Aguas Grises	Al ser la reutilización el objetivo principal, se determina que el mejor método es un sistema anaerobio seguido de un aerobio, con una posterior desinfección.
J. Silva, D. Bedoya y P. Torres, 2013.	Efecto del secado térmico y el tratamiento alcalino en las características microbiológicas y químicas de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.	Cañaveralejo, Cali (Colombia)	Temperatura: 23°C, precipitación de 908,5 mm/año, ubicada a 1018 m.s.n.m.	2,060,000 hab	Se busca estabilización y eliminación de patógenos en biosólidos tratados y deshidratados previamente con tecnología avanzada, con el objetivo de calificar como clase A, establecidos en la norma EPA.	Se realiza ensayos y comparaciones de los resultados después de un proceso de secado térmico y un tratamiento alcalino.	Agua Residual Doméstica	Las temperaturas recomendadas en el secado térmico son de 60, 65, 70 y 75 °C entre un tiempo de 8 a 12,58 horas, permitiendo que se conserve los nutrientes. En el tratamiento alcalino se recomienda dosificaciones mayor a 9% de cal viva durante 5 días, se generó reducciones de nitrógeno total y amoniacal. Ambos tratamientos califican como clase A.



Tabla 3: Métodos de Gestión

Autor	Título	Lugar de Estudio	Población	Infraestructura Existente	Aspectos sociales	Método Planteado	Resultados
M. Sundaravadivel y S. Vigneswaran, 2001.	Alcantarillado y tecnologías de tratamiento para las zonas semi-urbanas de la India: un caso de estudio*	India (sector semi-urbano): Andipatti, Bodinayakanur, Cumbum y Theni.	5000-10000 hab	Letrinas secas, se recolecta el agua residual en canales abiertos a lo largo de las calles y el efluente es usado directamente para riego.	El agua subterránea es la principal fuente que se ve afectada por el desbordamiento de los tanques sépticos. Las comunidades reciben poca atención por parte de las autoridades.	Encuestas y registro de enfermedades acompañado de un análisis del agua.	Con una baja inversión se logró remover un 70-80% de DBO, y hasta 2 unidades log los CF. La operación y mantenimiento es fácil, generando aceptabilidad por parte de las autoridades locales.
Jonathan Parkinson y Kevin Tayler, 2003.	Gestión descentralizada de aguas residuales en áreas peri-urbanas en países de bajos ingresos*	Zonas peri-urbanas en países en desarrollo de bajos ingresos	Rango variado	No hay acceso a instalaciones de abastecimiento de agua potable y saneamiento adecuados.	Las aguas residuales, que se descargan en terrenos abiertos, están en contacto directo con la población, los habitantes no muestran interés por la contaminación al ambiente y los problemas en su salud.	Coordinación entre el gobierno, sector privado y la comunidad, identificando las habilidades disponibles a nivel local y generando conocimiento sobre el tema.	Se generó conocimiento a los moradores que mostraron interés para tratar sus aguas residuales. Se buscó proveedores responsables, y asistencia técnica por parte de las zonas centralizadas.
C. Heymans, F. McCluney y J. Parkinson, U.K, 2004.	Conduciendo el cambio de políticas para la gestión de aguas residuales descentralizada*	Países del sur de Asia, casos de estudio en Bangladesh y Vietnam.	No existe datos	Un pequeño porcentaje de hogares cuenta con letrinas y pozos sépticos.	La falta de conocimiento ambiental y de salud pública en las comunidades rurales, se da por una desconexión entre el sector rural y los gobiernos o municipalidades centralizadas.	Capacitación y participación por parte de la comunidad garantizan la gestión adecuada con apoyo de las autoridades y gobiernos locales.	Se logró un vínculo entre la sociedad y los gobiernos, consiguiendo buenos métodos de gestión para el tratamiento de aguas residuales de manera descentralizada.
N. Viet Anh, H. Hanh, M. Thanh, J. Parkinson, W. Barrero, 2004.	Gestión descentralizada de aguas residuales- Un caso de estudio en Hanoi.*	Hanoi, Vietnam	1,7 millones	65% tiene acceso a sistemas de alcantarillado. Se trata las aguas negras en fosas sépticas y su efluente se descarga directamente al río Nhue y Rojo.	La tasa de crecimiento es alta, debido a la industrialización intensiva y modernización, lo que ha creado presiones ambientales significativas y demandas insostenibles sobre los recursos naturales.	Formación de funcionarios a nivel local, como personajes claves para la gestión, así como la socialización y participación ciudadana sin exclusión alguna.	El gobierno realizó un compromiso firme de apoyo y seguimiento de acciones. La comunidad paga una tasa y colabora con el tratamiento de las aguas residuales.
J. Beausejour y A.V. Nguyen, 2007.	Aplicación de saneamiento descentralizado en Vietnam: un caso de estudio peri-urbano*	Kim Chung- Lai Xa, Vietnam	4,000 hab	El 55% de la población en Vietnam tenía acceso a letrinas en el 2006.	El sector rural enfrenta necesidades de saneamiento urgentes, la creciente urbanización y la industrialización, exigen soluciones flexibles adaptadas a sus condiciones.	Gestión de proyectos flexibles y de baja inversión: Gestión de residuos sólidos (desde 2003) y Gestión de residuos líquidos (desde 2005).	Se logró mejoras en las prácticas de aseo en los hogares y personas de la comunidad capacitadas e involucradas en la toma de decisiones y mantenimiento del sistema.
M. Kamal, K. Goyer, T. Koottatep y A. Amin, 2008.	Gestión de las aguas residuales domésticas en el sur y el sudeste asiático: los beneficios potenciales del enfoque descentralizado.*	Áreas urbanas y peri-urbanas del Sur de Asia (SA) Y Sudeste de Asia (SEA)	1-100 hogares	Efluentes de grandes ciudades con tratamiento deficiente. Los pueblos pequeños no tienen ningún tipo de recolección ni tratamiento.	Falta de coordinación entre los ministerios y departamentos del gobierno central y de estos con las comunidades rurales	Se plantea una coordinación entre el gobierno central y administrativo, el mejor enfoque para la gestión es la reutilización, integrando en cada etapa a la comunidad.	Integración de todas las empresas que manejan el agua en cada país, selección de tecnologías simples y de menor costo.
Water and Sanitation Program: Research Brief, 2011.	La rentabilidad económica de las intervenciones de saneamiento en la provincia de Yunnan*	Sector rural de Vietnam	No existe datos	En el sector rural 20 millones de personas sin acceso a saneamiento mejorado, de los cuales 5 millones defecan al aire libre.	A pesar de las declaraciones acerca de la importancia del saneamiento, las personas e industrias no están dispuestas a invertir en el tratamiento de las aguas residuales.	A través de encuestas se desea generar evidencias sobre costo-beneficio de las opciones para saneamiento.	Se determinó que toda intervención en saneamiento genera más beneficios que costos.
Koronel Kema, Innocent Semali, Serafina Mkuwa, Ignatio Kagonji, Florence Temu, Festus Ilako, Martin Mkuye, 2012.	Factores que influyen en la utilización de letrinas ventiladas mejoradas entre las comunidades en Mtwara Distrito Rural, Tanzania*	Mtwara Distrito Rural, Tanzania	203,480 hab (375 hogares participantes)	Poco o ningún acceso a letrinas ventiladas o tradicionales.	De las 118 aldeas, solo 40 cuentan con acceso a saneamiento. Las condiciones de vida son muy limitadas.	Realización de encuestas para recopilar datos sobre características demográficas y socioeconómicas, prácticas de higiene, y principalmente el tipo y calidad de las letrinas que usaban.	Menos del 50% de los miembros de cada hogar usaban letrinas. Se concluyó que la causa principal es la falta de educación acerca de la importancia en la higiene personal.



Autor	Título	Lugar de Estudio	Población	Infraestructura Existente	Aspectos sociales	Método Planteado	Resultados
A. Meleg, 2012.	SISAR: Un Modelo de gestión innovador sostenible para pequeños sistemas descentralizados de agua y aguas residuales en los países en desarrollo*	Bahía, Ceará, Piauí, Brasil	No existe datos	Acceso a letrinas y un tratamiento primario de pequeña escala	Son comunidades de bajos recursos, sin embargo presentan gran aceptación a la ayuda otorgada por organismos privados o gobiernos.	Modelo SISAR, se basa en la integración y trabajo por parte de los habitantes interesados, con la finalidad de mejorar la calidad de vida y del ambiente.	Se observó gran aceptación del modelo SISAR por parte de los habitantes y el aporte por parte de instituciones externas sin interés político.
Patricia Torres, 2012.	Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo.	Brasil	Rango variado	Información no disponible	Localidades de pocos recursos, donde se desconoce los métodos para tratar aguas residuales a bajos costos y de manera sostenible.	Involucrar a las universidades a través de investigaciones respecto al agua potable, residual y lodos.	Se planteó que se debe investigar e implantar tecnologías que se adapten a cada localidad y donde el principal objetivo sea proteger el medio ambiente y la salud pública.
Dena Fam, Cynthia Mitchell y Kumi Abey Suriya, 2014.	Sistemas de emergencia de agua y saneamiento descentralizado en Melbourne, Australia*	Melbourne, Australia	3,6 millones	Sistemas de alcantarillado separado (sanitario y pluvial). Sistemas de tratamiento con humedales artificiales	La tecnología actual en Melbourne es el resultado de varios años de planificación y colaboración de los ciudadanos para vivir en un ambiente sano y digno.	Se ha planteado una estrategia de oferta-demanda, fijando precios para compensar la conservación del agua en hogares e industrias, para lo cual se realizó campañas educativas.	Se capacitó en talleres de líderes locales, logrando un enfoque en descentralizar el tratamiento de aguas residuales y la reutilización de los efluentes.
Meine Pieter van Dijk, S. Etajak, B. Mwalwega, John Ssempebwa, 2014.	Financiamiento para saneamiento y recuperación de costos en los barrios pobres de Dar es Salaam y Kampala*	Dar es Salaam, Tanzania y Kampala, Uganda	Dar es Salaam (5 millones), Kampala (1,2 millones hab)	Baños compartidos y letrinas en mal estado. Defecación al aire libre. El vaciado de las letrinas se hace manualmente y se traslada a otro depósito.	Las comunidades viven en ambientes insalubres y son vulnerables a adquirir enfermedades constantemente. La inversión en saneamiento por parte de las autoridades y gobiernos es nula.	Realizar encuestas de manera cualitativa y cuantitativa respecto de las condiciones de vida en cada hogar e identificar las organizaciones financieras activas en cada barrio.	El 35% de los encuestados estaban dispuestos a contribuir con la mejora del saneamiento, un 40% con su propio trabajo y el 25% restante no contribuirán por su condición económica.
Stephen Sara y Jay Graham, 2014.	Finalizando la defecación al aire en Tanzania rural: ¿Qué factores facilitan la adopción de letrinas?*	Tanzania	49,25 millones	El 12% de la población rural y un 2% de la población urbana defecan al aire libre. Otro pequeño porcentaje tiene acceso a letrinas en mal estado.	El acceso a saneamiento en el sector rural es prácticamente nulo, representando un 7% de las muertes infantiles en Tanzania.	Se realizó encuestas a 1000 hogares, identificando a nivel de familias la oportunidad, capacidad y motivación para adoptar letrinas dignas y seguras en sus hogares con modelos multivariados.	El interés por adoptar una letrina se fundamentó en la falta de financiamiento y de educación.
Parfait K. Kouamé, Kouassi Dongo, Hung Nguyen-Viet, Christian Zurbrugg, Christoph Lüthi, Jan Hattendorf, Jürg Utzinger, Jean Biémi y Bassirou Bonfoh, 2014.	Eco-salud, Enfoque de Gestión de Residuos Urbanos: La exposición a contaminantes ambientales y riesgos para la salud en Yamusukro, Costa de Marfil*	Yamusukro, Costa de Marfil	300,000 hab (492 hogares encuestados)	La población utiliza letrinas secas, pozos sépticos y la eliminación de lodos la realizan actores privados o de forma manual por los carroñeros, sin disposición final legal. El efluente final se reutiliza en actividades agrícolas sin ningún tratamiento.	Por la mala gestión, se registran altos niveles de diarrea y malaria que se asocian directamente con la falta de saneamiento.	Se plantea investigación transdisciplinaria, talleres y un mapeo de los patrones de exposición. Un análisis de los factores de riesgo y salud.	Se logró el desarrollo de una red de información compartida entre partes interesadas, políticos responsables y la comunidad local, con el fin de mejorar el bienestar en Yomusukro.
F. Zakaria, H.A. Garcia, C.M. Hooijmans, D. Brdjanovic, 2015.	Sistema de soporte de decisión para la prestación de servicios sanitarios de emergencia*	Refugios de emergencia	No existe datos	Al tratarse de refugios, no existe ningún tipo de infraestructura existente	Se debe lograr el cambio del concepto de saneamiento emergente, que va más allá de tener un inodoro.	Un sistema de soporte de decisiones computacional (DSS), usando un enfoque de cadena.	Aunque un DSS es una herramienta muy útil en casos de emergencia, se necesita más investigación para validar completamente éste método.

Para poder realizar un contraste entre la información obtenida acerca de tecnologías o métodos de gestión que se han aplicado en diferentes localidades del mundo con respecto a la parte sur de la Sierra y Amazonía Ecuatoriana, se requirió conocer principalmente las características sociales, económicas, ambientales y meteorológicas de éstas zonas, además de su condición actual de saneamiento. Las entidades consultadas fueron: INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), teniendo acceso a las Condiciones de Vida 2013-2014, usando el Sistema Integrado de Consultas REDATAM se obtuvo acceso a datos del Censo de Población y Vivienda del 2010; SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador), SIGAD (Sistema de Información para los Gobiernos Autónomos Descentralizados) y la OMS (Organización Mundial de la Salud). Un aporte muy importante y significativo fue la entrevista realizada al Ingeniero Galo Ordóñez Espinosa, persona con gran experiencia y conocimiento sobre el TAR en el país y principalmente en la provincial del Azuay.

DISCUSIÓN

Saneamiento Ambiental en el sector rural ecuatoriano

Ecuador es el país más densamente poblado en Sudamérica. De 14.5 millones de habitantes, el sector rural representa el 37.2% con un total de 1.36 millones viviendas, con un 35.8% de ésta población presentando necesidades básicas insatisfechas (INEC, 2014). En el sector rural el 22.93% de viviendas se encuentran conectadas a una red pública de alcantarillado, 30.14% conectadas a un pozo séptico y 19.91% a un pozo ciego, 2.40% descargan sus residuos directamente al mar, río, lago o quebrada, 6.46% únicamente cuentan con una letrina y 246.475 representando un 18.16% de las viviendas del sector rural no tienen ningún tipo de servicio higiénico o escusado (INEC, 2010). Según información de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador, (SENPLADES, 2014) para el año 2010 el sector rural fue el más atendido, disminuyendo la pobreza en un 90% en el período 2001 - 2010. Respecto del saneamiento ambiental en el país, SENPLADES (2013) anota que el 54% de la población total cuenta con un sistema de alcantarillado, del cual el 23% corresponde al sector rural; sin embargo no se presenta información acerca del número de sistemas de TAR que se encuentran en funcionamiento en el sector rural. En las últimas décadas el desarrollo urbano en Latinoamérica ha sido mucho mayor que el del sector rural, donde la transferencia de recursos otorgada al sector urbano por los gobiernos, es muchas veces más alta que la otorgada a comunidades rurales o descentralizadas, especialmente para infraestructura de saneamiento ambiental. En Ecuador, actualmente solo dos de las ciudades más grandes del país (Quito y Cuenca), cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales de gran escala construidos o en fase de construcción. En la región amazónica ecuatoriana, donde más del 60% de la población vive en el sector rural, la infraestructura de saneamiento ambiental básico presenta todavía grandes brechas y el tratamiento de efluentes domésticos es, incluyendo al

sector urbano, todavía incipiente a pesar de las inversiones realizadas en los últimos años.

Influencia de la temperatura en la viabilidad tecnológica

La temperatura es un factor determinante para la elección de una determinada tecnología. En este sentido, (GTZ, 2001) indica que entre las tecnologías no intensivas que generan mayor remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) están los filtros anaerobios, tanques sépticos con deflectores de caudal y humedales artificiales, recomendando su aplicación en zonas con temperaturas altas, lo que sería muy apropiado para la región amazónica del Ecuador, que presenta un rango de temperaturas media anual entre 20 y 27 °C (INAMHI, 2010). Sin embargo, estas tecnologías presentan dificultades técnicas para su aplicación en ciertas zonas de la región sierra ecuatoriana con temperaturas promedio por debajo de 18 °C (INAMHI, 2010). Para rangos de temperatura bajos, Elmitwalli et al. (2003) presenta un estudio realizado en las comunidades rurales ubicadas en los Países Bajos, donde la temperatura promedio al año es alrededor de 15 °C, aquí se recomienda el uso de un tanque séptico AH (*Anaerobic Hybrid*) de flujo ascendente de dos pasos, donde el agua residual llega a un tanque mezclador y a través de una bomba se lleva al primer tanque séptico donde la hidrólisis y producción de biogás es limitada, pero la producción de sólidos es alta, llenándose el tanque de lodo cada 4 meses; posteriormente se bombea el flujo a un segundo tanque donde se realiza la digestión anaerobia. Aunque el descenso de la temperatura a 13 °C genera una disminución en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se alcanza altos niveles de remoción hasta un 87%. Así también, Kujawa-Roeleveld y Zeeman (2006) indica que mientras exista la posibilidad de separar las aguas negras de las grises y de las pluviales, la recuperación de energía y la reutilización de nutrientes será mayor. En la mayoría de las comunidades descentralizadas, tanto de la sierra como de la región amazónica sur del Ecuador, no se cuenta con un sistema de alcantarillado, y aunque tratar las aguas residuales totales no es una alternativa ideal, en muchos de los casos es la única opción. Kujawa-Roeleveld y Zeeman (2006) señala que ciertas modificaciones en los sistemas convencionales podrían resultar en un tratamiento más eficiente las aguas residuales totales. Para temperaturas de 20 °C plantea el uso de un tanque híbrido UASB-Séptico, que consiste en un reactor de flujo ascendente con un lecho de lodo en la parte inferior que requiere ser limpiado 1 o 2 veces por año. Este sistema híbrido registra una reducción de DQO promedio del 70%.

Temperaturas inferiores a 13 °C, plantea retos tecnológicos distintos, como modificaciones en sistemas de digestión anaerobia que regularmente se implantan con eficiencia en zonas con temperaturas altas. La primera alternativa es usar un Filtro Anaerobio (AF) con un lecho fijo que retiene gran cantidad de DQO suspendida, seguido de un tanque Híbrido Anaerobio (AH) con material granular colocado sobre un lecho de lodo, en ésta segunda etapa se genera actividad biológica que remueve altas cantidades de DBO; el sistema

en conjunto logra reducir hasta un 70% de la DQO total. La segunda opción es un reactor UASB y un digestor anaerobio tradicional. En el reactor UASB se capturan los sólidos que son transportados al digestor que separa los sólidos biodegradables de los flóculos, recirculando un lodo más estabilizado al reactor UASB, donde se lograría una mayor metanogénesis, así la energía generada en el reactor UASB se utiliza para el funcionamiento del digestor. En la sierra sur del Ecuador, donde la temperatura promedio es 15 °C aproximadamente, se observan sistemas que abastecen a comunidades hasta de 500 habitantes, compuestos de pozos sépticos que funcionan solos o en combinación con un reactor UASB o un humedal artificial. A pesar de que la combinación de estas tecnologías brinda buenos resultados desde el punto de vista técnico, en muchos casos el dimensionamiento erróneo basado en una caracterización inadecuada de las aguas residuales y un escaso o nulo control y mantenimiento en estas comunidades, han ocasionado un funcionamiento deficiente.

Con respecto a sistemas biológicos convencionales de alta eficiencia descentralizados, Abegglen y Siegrist (2006) proponen un reactor de membrana conformado por dos tanques, el primero un tanque clarificador con un deflector en la base, donde el lodo resultante se deshidrata para reutilizarlo, y el segundo un tanque de lodos activados con una membrana fina de placa sumergida, en ambos casos se introduce aeración que evita condiciones anaerobias y mal olor. Se observó grandes remociones de DBO a 16 °C y hasta un 90% de remoción de nitrógeno y fósforo. La demanda energética se estimó en 5 a 10 kWh (Kilovatios hora).

En zonas tropicales con altas temperaturas se reportan varias aplicaciones exitosas de tecnologías anaerobias en combinación con aerobias a bajo costo. En Gunung Kidul, Indonesia (27 °C promedio), Fach and Fuchs (2010) plantea un sistema compuesto por un tanque séptico seguido de un tanque con filtro de arena y grava de 1mm hasta 8mm, el segundo tanque receipta el sobrenadante del primer tanque de manera intermitente, donde además de sedimentación, se produce también una degradación anaerobia y una considerable reducción de organismos patógenos. Von Sperling et al. (2005) plantea que con este sistema es posible obtener un efluente con concentraciones de E. Coli inferiores al valor establecido por la OMS de 1000 NMP por cada 100 ml, siendo posible su reúso en la agricultura y sus lodos tratados usados como fertilizante. Así también, Ghaitidak y Yadav (2013) sugiere la combinación de unidades anaerobias y aerobias, pero con aplicación únicamente a aguas grises, garantizando de manera segura la reutilización del efluente y del lodo removido. En Ecuador, tanto la región costa, amazónica e insular (Galápagos) presentan una temperatura que oscila entre 20 °C y 30 °C (INAMHI, 2010), pero también existen sectores en la región sierra que alcanzan temperaturas máximas de 22 °C, para estas zonas se podría garantizar una viabilidad técnica de sistemas que combinan tecnologías anaerobias y aerobias.

Reutilización de nutrientes en el suelo

Como una alternativa para devolver los nutrientes a la tierra y conservar los recursos hídricos, Langergraber y Muellegger (2005) expone las características y ventajas del uso del inodoro EcoSan. Nanninga et al. (2012) resalta también la viabilidad de estos inodoros, siempre que se los construya y maneje de manera adecuada, proponiendo el tratamiento de la orina en humedales artificiales para el reúso del efluente en riego, mientras que las heces y los residuos orgánicos se tratarían a través de digestión anaerobia, utilizando el lodo residual como fertilizante en la tierra.

Eliminación de patógenos

La eliminación de organismos patógenos en las descargas sólidas y líquidas de las plantas de tratamiento descentralizadas es uno de los objetivos primordiales que se han cumplido sólo marginalmente en Ecuador y varios países en vías de desarrollo. Los mecanismos de eliminación o inactivación de patógenos encarecen la inversión tecnológica (grandes extensiones de terreno en lagunas de maduración) y/o el proceso de tratamiento al añadir agentes químicos, energía externa o radiación lumínica. Sin embargo, se reportan algunas experiencias positivas de aplicaciones tecnológicas de bajo costo. En Orizaba, México, Mendez et al. (2008) detalla la inactivación de microorganismos patógenos y de *Salmonella*, usando diferentes cantidades de amoníaco en lodos con diferentes grados de deshidratación, obteniendo mejores resultados a mayor temperatura ambiental y mayor deshidratación del lodo. Alma y Cota (2008) indica que en ciudad Juárez, México, que presenta un clima desértico con temperaturas muy variables, se trató al lodo residual proveniente de la principal planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad usando un secador solar tipo invernadero con un sistema de ventilación y un sistema para la recolección de datos. Se verificó una eliminación de agua contenida en los lodos del 99%, así como una eliminación de coliformes fecales desde 3.8×10^6 hasta 1.6 NMP por gramo de lodo seco y para *Salmonella* spp. una reducción desde 1.5×10^{13} hasta 1.9×10^3 NMP por gramo de lodo seco, requiriéndose una mínima inversión. Respecto a desinfección de efluentes, en Colombia, Rojas-Higuera et al. (2010) resalta la mucho mayor efectividad del Óxido de Titanio TiO_2 respecto del Cloro para eliminar organismos patógenos. El costo del cloro es ligeramente inferior al costo del TiO_2 , sin embargo hacen falta estudios toxicológicos y de salud pública para verificar las cargas seguras de TiO_2 a aplicar. Silva-Leal et al. (2013) comprueba en Cañaveralejo, Colombia, que un tratamiento con secado térmico o un tratamiento alcalino aplicado a lodos deshidratados previamente, son procesos muy eficientes en la eliminación de microorganismos indicadores de contaminación fecal, teniendo mayor poder como alcalinizante la cal viva en comparación con la cal deshidratada, aunque generó variaciones en el contenido de carbono orgánico y calcio además de reducir el nitrógeno total y amoniacal.

En el Ecuador, en sectores rurales, tanto en la región sierra y amazónica sur, objeto principal del enfoque de este documento, existe un alto porcentaje de

población dedicada a actividades agrícolas, además, en la región amazónica se dispone aún de grandes extensiones de tierra, por lo que el potencial de reúso de lodos residuales previamente desinfectados de manera económica (radiación solar) se presenta muy promisorio desde un punto de vista económico y ambiental.

Gestión de los sistemas descentralizados

El análisis de múltiples estudios de evaluación de sistemas descentralizados de tratamiento alrededor de varios países en vías de desarrollo y el aporte de varios autores de referencia en el tema: Mara (2013, 2004, 1996); Peña y Mara (2004); Von Sperling (2007), establecen una premisa que es independiente del lugar de aplicación: es imprescindible el involucramiento de los usuarios en la O&M del sistema luego de un proceso de información acerca de los beneficios del TAR en la salud pública y ambiental. En los estudios citados en la Tabla 3, se aprecia que la mayoría de las comunidades analizadas hasta la fecha de estudio, contaban con un deficiente o ningún tipo de TAR, viéndose expuestos a problemas de salud graves debido al contacto directo con los residuos fecales. En este sentido el proceso de información y educación fue más rápido y efectivo. Es importante recalcar que en este artículo no se realiza un análisis comparativo de costos de distintas tecnologías ni del proceso de O&M debido a la altísima variabilidad y la escasa información disponible.

Un problema recurrente en el análisis de los métodos de gestión de sistemas descentralizados es la falta de atención por parte de las autoridades y gobiernos locales para educar e informar sobre las necesidades sanitarias. Sundaravadivel y Vigneswaran (2001) analiza la gestión en sectores peri-urbanos de la India, recomendando enfocar la gestión en información sobre la salud de los moradores, que puede obtenerse a través de encuestas. En otro estudio realizado en la India, Kema et al. (2012) propone involucrar a juventud previamente capacitada para realizar encuestas acerca de las prácticas de saneamiento en los hogares para una posterior gestión. Van Dijk et al. (2014a) plantea que es necesario llegar a los gobiernos y a los moradores con bases sólidas, para eso es necesario inicialmente realizar encuestas cualitativas y cuantitativas. Un método similar plantea Sara y Graham (2014). (Kamal et al., 2008; Parkinson, 2003; Heymans et al. (2004) cada uno estudiando localidades en el Sur y Sudeste de Asia, en zonas peri-urbanas o comunidades descentralizadas, concuerdan que el primer paso para lograr una adecuada gestión es conseguir lazos y coordinación entre la comunidad y los gobiernos o municipalidades centralizadas cercanas a la zona. Kouamé et al. (2014) señala que el principal problema en Yamusukro, Costa de Marfil, es la falta de motivación, producto de la desinformación que genera una carencia de sistemas de TAR en las comunidades descentralizadas. Beausejour y Nguyen (2007) argumenta que para que cualquier proyecto funcione es necesario mejorar el aseo en los hogares a través de capacitaciones, e involucrar al usuario en la toma de decisiones y el mantenimiento posterior que requerirá el sistema.



En la actualidad, el Ecuador cuenta con varios organismos gubernamentales que pueden ser el vínculo adecuado para conseguir acercamientos entre el gobierno y los usuarios; entre estos tenemos a SENPLADES, SIGAD (Sistemas de Información para los Gobiernos Autónomos Descentralizados) y la SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua); además se cuenta con Plan de Descentralización, donde el objetivo es obtener un lineamiento y directrices para la planificación y ordenamiento territorial de los sectores descentralizados. Sin embargo, se podría afirmar que falta aún una conexión efectiva entre las acciones de estos organismos con las necesidades de organización para la gestión de sistemas de saneamiento descentralizados en el área rural. De la experiencia y análisis de la información referenciada en este documento se observa como fundamental que dichos organismos inviertan en forma coordinada primero en educación a la población para generar el nivel de motivación e involucramiento mínimo para una posterior implementación de cualquier tipo de tecnología.

En el sector rural de la región sierra y amazónica del Ecuador, existen lamentablemente muchos ejemplos de sistemas de tratamiento descentralizado que han perdido completamente su funcionalidad por falta de O&M que se puede asociar directamente al poco o nulo involucramiento de la población servida y falta de recursos de organismos gubernamentales. La gestión descentralizada es independiente del nivel socio-económico de la población. Fam et al. (2014) indica que, En Melbourne, Australia, a pesar de contar con uno de los sistemas naturales de tratamiento más grandes del mundo, el crecimiento poblacional alerta sobre las capacidades del sistema, por lo que ha sido necesario incorporar nuevos sistemas descentralizados de tratamiento (bioreactores de membranas) y gestionar talleres de educación dirigidos por líderes voluntarios, para fomentar en cada hogar el reciclaje y la reutilización de las aguas residuales tratadas de manera descentralizada. Un método similar lo plantea Viet Anh et al. (2004) para comunidades descentralizadas en Hanoi, Vietnam, donde la zona urbana estudiada es la más pequeña de la ciudad y cuenta con un sistema de alcantarillado que transporta las aguas residuales a través de canales y las depositan directamente a los cuerpos receptores, a excepción de las aguas negras que se tratan en pozos sépticos. A menor escala Meleg (2012), presenta un caso similar en tres comunidades de bajos ingresos en Brasil. Aquí los hogares cuentan con letrinas y un tratamiento primario y una activa participación de la comunidad, pero aun así se implanta el modelo SISAR (Sistema Integrado de Saneamiento Rural) (Meleg, 2012), que consiste en pequeñas agrupaciones con un esquema de subsidio cruzado, donde los ingresos de los sistemas grandes, cubren los costos de O&M de los sistemas pequeños, brindando apoyo en aspectos técnicos, sociales y de administración. El éxito del modelo SISAR se basó en la integración y responsabilidad de los habitantes de las zonas, logrando mejorar aún más su calidad de vida.

Sistemas descentralizados para el Ecuador

En Ecuador persiste aún una brecha para satisfacer las necesidades de saneamiento en el sector rural a pesar de los grandes avances de los últimos años. Es necesario entonces, optimizar las inversiones gubernamentales en este sector con el conocimiento y experiencias adquiridas en el país y otros países en vías de desarrollo. Las inversiones deberían apuntar a tecnologías probadas exitosamente a nivel piloto que permitan reutilizar los efluentes y tengan un bajo costo operacional y una carga de mantenimiento acorde a la capacidad de gestión de la localidad servida. Las capacidades de gestión de la comunidad pueden, sin embargo, ser afianzadas y mejoradas con un adecuado plan de capacitación sobre los riesgos en la salud de la comunidad al no contar con sistemas de saneamiento (Mara, 2003) y el peligro actual y futuro de contaminar las fuentes hídricas. El aporte de todos los niveles de gobierno en forma coordinada es muy importante para conseguir este objetivo, Así también, el impulso de investigación científica en tecnologías de TAR que cumplan con los objetivos primordiales de saneamiento del país, debe ocupar un lugar muy importante en la agenda de todos los niveles de gobierno (Torres-Lozada, 2014).

El TAR con sistemas descentralizados en la sierra y amazonía sur del Ecuador tiene una amplia oferta tecnológica bajo las condiciones ambientales presentes, por lo que, para la O&M de estos sistemas, las inversiones futuras en estos sectores deben encaminarse inicialmente a fortalecer las capacidades de gestión locales y la educación ambiental de los habitantes. En la región rural amazónica existe una importante presencia de pueblos y comunidades indígenas (Shuar, Achuar, Kichwas, Siona, Cofán, Secoya, Waorani, Tagaeri y Andoas) que tienen costumbres ancestrales y una organización comunitaria muy consolidada, por lo que el proceso de implantación de sistemas de saneamiento comunitarios debe obligatoriamente partir del conocimiento de estas particularidades y encaminar a fortalecer la educación especialmente de niños y jóvenes. En la sierra sur existe también presencia de comunidades indígenas con costumbres ancestrales, sin embargo, el mayor acceso a centros urbanos y una mayor presencia de infraestructura convencional es un factor positivo para una mayor receptividad de las tecnologías y los sistemas de gestión actuales. La formación de los gestores de sistemas de saneamiento en los entes gubernamentales es fundamental desde la Academia, potenciando en sus capacidades tanto la técnica como la gestión social.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La oferta tecnológica para sistemas descentralizados de tratamiento de efluentes domésticos es muy amplia y en constante innovación y desarrollo en el mundo; sin embargo, existe una preferencia hacia los sistemas anaerobios principalmente por los costos de operación y la baja carga de mantenimiento. La temperatura es sin duda un factor a considerar en la factibilidad técnica de los sistemas pero inclusive a temperaturas por debajo de 15 °C la combinación de sistemas anaerobios y aerobios es una alternativa eficiente para eliminar



tanto DBO como organismos patógenos. Considerando las condiciones ambientales de la región amazónica del Ecuador, los sistemas anaerobios se presentan como una alternativa tecnológica muy conveniente en unidades individuales como pozos sépticos o en sistemas con dos unidades como reactores UASB o pozos sépticos seguidos de un filtro anaerobio o un humedal artificial, logrando altas remociones de DBO, y también agentes patógenos. En la región sierra con temperaturas más bajas también existe varias alternativas viables como el uso de un Filtro Anaerobio seguido de un Híbrido Anaerobio, así también la combinación de un reactor UASB o un pozo séptico seguido de un filtro anaerobio. Sin embargo, es factible mejorar la sostenibilidad ambiental de estos sistemas si se incluye un tratamiento de los lodos removidos para su reutilización en la aplicación al suelo.

Estas alternativas tecnológicas requieren, sin embargo, ser probadas en experiencias piloto bajo distintas condiciones ambientales previo a su implantación. Además, es necesario que los organismos gubernamentales exijan que los diseños sean elaborados con base en caracterizaciones exhaustivas de los efluentes y la capacidad de auto-depuración de los cuerpos receptores y consideren la real capacidad de gestión de la comunidad servida para la (O&M) del sistema.

El éxito de un sistema descentralizado se basa en gran medida del involucramiento de la comunidad en su funcionamiento, para lograr este objetivo es fundamental el convencimiento de los usuarios acerca de la necesidad de tratar los efluentes domésticos para cuidar la salud pública y preservar un ambiente saludable. Este involucramiento de los usuarios y su capacidad de gestión puede ser notablemente mejorado con el involucramiento de líderes comunitarios y reforzando la educación de niños y jóvenes en el cuidado del ambiente y el racional uso de los recursos hídricos. En el Ecuador es necesario mejorar las capacidades de gestión locales y reforzar la educación ambiental en los pobladores y la investigación científica en los procesos de tratamiento, especialmente en tecnologías de bajo costo para la eliminación de materia orgánica y organismos patógenos. La principal brecha se encuentra aún en el sector rural y se necesitan todavía muchos recursos económicos para cerrarla, por lo que seguir mejorando la educación, las capacidades de gestión y el conocimiento técnico de los procesos en el medio es fundamental para cuidar y rendir a las inversiones que se realicen.

BIBLIOGRAFÍA

- Abegglen, C., Siegrist, H., 2006. Domestic wastewater treatment with a small-scale membrane bioreactor. *Water Sci. Technol.* **53**, 69.
- Alma y Cota, C. y A., 2008. Eliminación de bacterias patógenas en lodos residuales durante el secado solar. *Rev. Int. Contam. Ambient.* **24**, 161–170.



- Beausejour, J., Nguyen, a. V., 2007. Decentralized sanitation implementation in Vietnam: A peri-urban case study. *Water Sci. Technol.* **56**, 133–139.
- Elmitwalli, T. a., Sayed, S., Groendijk, L., Van Lier, J., Zeeman, G., Lettinga, G., 2003. Decentralized treatment of concentrated sewage at low temperature in a two-step anaerobic system: Two upflow-hybrid septic tanks. *Water Sci. Technol.* **48**, 219–226.
- Fach, S., Fuchs, S., 2010. Design and development of decentralized water and wastewater technologies: A combination of safe wastewater disposal and fertilizer production. *Water Sci. Technol.* **62**, 1580–1586.
- Fam, D., Mitchell, C., Abeysuriya, K., Lopes, A.M., 2014. Emergence of decentralized water and sanitation systems in Melbourne , Australia **8**, 149–165.
- Ghaitidak, D.M., Yadav, K.D., 2013. Characteristics and treatment of greywater- a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **20**, 2795–2809.
- GTZ, 2001. Decentralized wastewater treatment methods for developing countries. *Tech. Inf. W8e* **49**.
- Heymans et al., 2004. Driving policy change for decentralized wastewater management (DWW) 91–94.
- INAMHI, 2010. Atlas Hidrológico y Metereológico Estudiantil 2013 [WWW Document]. *Inst. Nac. Metereología e Hidrol.* URL <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/ATLAS-ESTUDIANTIL2.pdf> (accessed 10.1.15).
- INEC, 2014. Encuesta de Condiciones de Vida 2013-2014 [WWW Document]. *Inst. Nac. Estadísticas y Censos.* URL http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/ECV/ECV_2015/ (accessed 10.1.15).
- INEC, 2010. Tipo de servicio higiénico o escusado [WWW Document]. *Inst. Nac. Estadísticas y Censos.* URL <http://redatam.inec.gob.ec/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl> (accessed 10.1.15).
- Kamal, a. S.M., Goyer, K., Koottatep, T., Amin, a. T.M.N., 2008. Domestic wastewater management in South and Southeast Asia: the potential benefits of a decentralized approach. *Urban Water J.* **5**, 345–354.
- Kema, K., Semali, I., Mkuwa, S., Kagonji, I., Temu, F., Ilako, F., Mkuye, M., 2012. Factors affecting the utilisation of improved ventilated latrines among communities in Mtwara Rural District, Tanzania. *Pan Afr. Med. J.* **13**, 1–5.



- Kouamé, P., Dongo, K., Nguyen-Viet, H., Zurbrügg, C., Lüthi, C., Hattendorf, J., Utzinger, J., Biémi, J., Bonfoh, B., 2014. Ecohealth Approach to Urban Waste Management: Exposure to Environmental Pollutants and Health Risks in Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **11**, 10292–10309.
- Kujawa-Roeleveld, K., Zeeman, G., 2006. Anaerobic treatment in decentralized and source-separation-based sanitation concepts. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* **5**, 115–139.
- Langergraber, G., Muellegger, E., 2005. Ecological Sanitation - A way to solve global sanitation problems? *Environ. Int.* **31**, 433–444.
- Mara, D., 2013. Pits, pipes, ponds - And me. *Water Res.* **47**, 2105–2117.
- Mara, D., 2004. Domestic Wastewater Treatment in Developing countries. Earthscan, London.
- Mara, D., 2003. Domestic wastewater treatment in developing countries. Earthscan, UK.
- Mara, D., 1996. Low Cost Urban Sanitation. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK.
- Meleg, A., 2012. SISAR: a sustainable management model for small rural decentralized water and wastewater systems in developing countries. *J. Water, Sanit. Hyg. Dev.*
- Mendez et al., 2008. Fecal Bacteria Survival in Ammonia-Treated **7**, 229–235.
- N. Viet Anh et al., 2004. Decentralized wastewater management – a Hanoi case study. *30th WEDC Int. Conf. Vientiane, Lao PDR, 2004* 156–159.
- Nanninga, T. a., Bisschops, I., López, E., Martínez-Ruiz, J.L., Murillo, D., Essl, L., Starkl, M., 2012. Discussion on sustainable water technologies for peri-urban areas of Mexico City: Balancing urbanization and environmental conservation. *Water (Switzerland)* **4**, 739–758.
- Parkinson, J., 2003. Decentralized wastewater management in peri-urban areas in low-income countries. *Environ. Urban.* **15**, 75–90.
- Peña, M., Mara, D., 2004. Waste Stabilisation Ponds.
- Rojas-Higuera, N., Sánchez-Garibello, A., Matiz-Villamil, A., Salcedo-Reyes, J.C., Carrascal-Camacho, A.K., Pedroza-Rodríguez, A.M., 2010. Evaluación de tres métodos para la inactivación de coliformes y *Escherichia coli* presentes en agua residual doméstica, empleada para riego. *Univ. Sci.* **15**, 139–149.



- Sara, S., Graham, J., 2014. Ending Open Defecation in Rural Tanzania: Which Factors Facilitate Latrine Adoption? *Int. J. Environ. Res. Public Health* **11**, 9854–9870.
- SENPLADES, 2014. Atlas de las desigualdades Socio-Económicas del Ecuador [WWW Document]. *Secr. Nac. Planif. y Desarro*. URL http://documentos.senplades.gob.ec/Folleto_AtlasdelasDesigualdades.pdf (accessed 10.1.15).
- Silva-Leal, J., Bedoya-Rios, D., Torres-Lozada, P., 2013. Effect of Thermal Drying and Alkaline Treatment on the Microbiological and Chemical Characteristics of Biosolids From Domestic Wastewater Treatment Plants. *Quim. Nova* **36**, 207–214.
- Sundaravadivel, M., Vigneswaran, S., 2001. Wastewater collection and treatment technologies for semi-urban areas of India: A case study. *Water Sci. Technol.* **43**, 329–336.
- Torres-Lozada, P., 2014. in *Developing Countries* * **73**, 42–57.
- Van Dijk, M.P., Etajak, S., Mwalwega, B., Ssempebwa, J., 2014. Financing sanitation and cost recovery in the slums of Dar es Salaam and Kampala. *Habitat Int.* **43**, 206–213.
- Von Sperling, M., 2007. *Biological Wastewater Treatment Series: Waste Stabilisation Ponds*. IWA Publishing.
- Von Sperling, M., Bastos, R.K.X., Kato, M.T., 2005. Removal of *E. coli* and helminth eggs in UASB: Polishing pond systems in Brazil. *Water Sci. Technol.* **51**, 91–97.