

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

PROMOCIÓN, SELECCIÓN, CUIDADO Y EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE



SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

PROMOCIÓN, SELECCIÓN, CUIDADO Y EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Rafael Pacciano Alaman

Director General del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Felipe I. Arreguín Cortés

Coordinador de Comunicación, Participación e Información, IMTA

Jorge Hidalgo Toledo

Subcoordinador de Educación y Cultura del Agua, IMTA

Rafael Val Segura

Redacción (Sara Transformación, SC)

R. Fabiola Garduño Lomelí

Magdalena Bulnes P.

Revisión editorial

Mario Buenfil Rodríguez (IMTA)

David García Ruiz (IMTA)

Ronald D. Sawyer (Sara Transformación, SC)

Diseño Gráfico Editorial

María Eugenia Díaz Heer (Sara Transformación, SC)

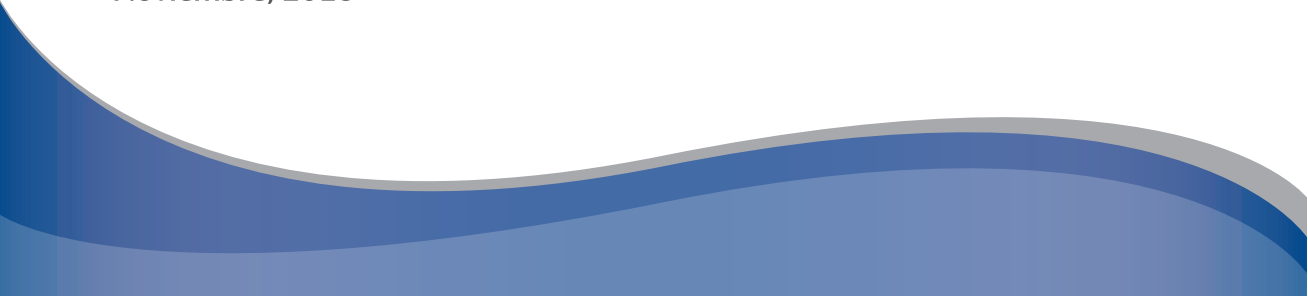
Ilustraciones & dibujos técnicos

Sourabh Phadke, Alain Groeneweg, Paolo Monaco, Hesperia

ISBN 978-607-9368-35-7

Impreso en México

Noviembre, 2015



MENSAJE DEL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Dentro de la misión del IMTA y como principio de trabajo fundamental, está la adecuación y divulgación de tecnología, desde luego considerando las particularidades de quienes serán los usuarios de tal tecnología. Es decir, el IMTA considera las condiciones y aspectos socio-económicos, culturales e incluso políticos de los destinatarios, procurando siempre favorecer la seguridad, confiabilidad, confort, productividad, economía y salud de los destinatarios, e influir en la equidad de género (sexo) y el desaliento de cualquier discriminación injusta, así como el propiciar la sustentabilidad ambiental.

Las ecotécnicas que aparentemente son tecnologías sencillas, de fácil comprensión y construcción, en la práctica tienen sus particularidades, que son esencialmente los aspectos sociales para su elección, aceptación, correcto uso y apropiada operación y mantenimiento, además de considerar las características territoriales y climáticas locales. Por otra parte, la obligación de los gobiernos de garantizar el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento de todos los ciudadanos hace esencial echar mano a tales tecnologías pues de otra manera, presupuestal y logísticamente, resultará imposible lograrlo en el mediano plazo.

El IMTA es consciente de que en México aún hay millones de personas que carecen de servicios y soluciones apropiadas para su abasto de agua y disposición segura de sus desechos fecales y otros residuos; y que tal falta no solo deteriora su calidad de vida y les impide salir de la pobreza, sino que representa riesgos a su salud y deterioro de su entorno natural. Se sabe ahora que tal problemática es imposible de resolver sin el involucramiento y apoyo de múltiples actores tanto gubernamentales (federales, estatales y municipales) como de organizaciones civiles, pero especialmente contando con la voluntad y el compromiso de los mismos habitantes interesados. Para lograr una efectiva vinculación entre instituciones oficiales, agencias filantrópicas u ONGs, que buscan ayudar a las comunidades que requieren y solicitan apoyos, los agentes de cambio pueden y deben ser los TRABAJADORES o PROMOTORES o FACILITADORES SOCIALES, quienes deben lograr romper esas expectativas paternalistas y asegurar que los beneficiarios elijan bien sus tecnologías para lograr una real apropiación, manteniéndolas siempre en buenas condiciones de higiene y operatividad.

Este folleto ***“Promoción, selección, cuidado y evaluación de tecnologías de agua, saneamiento e higiene”*** está esencialmente dirigido y dedicado a ese grupo de personas, los **promotores sociales**. La intención es ayudarles a comprender y familiarizarse con diferentes tecnologías, no solamente en aspectos constructivos, sino sobre las situaciones o casos donde resultan más apropiados y los detalles de su operación y mantenimiento sino también la manera de monitorear posteriormente si las tecnologías están siendo bien aprovechadas. El folleto incluye sugerencias de cómo elaborar convenios entre instituciones promotoras y los beneficiarios, así como modelos de cartelones que es indispensable instalar y para que continuamente esté visible un recordatorio de los pasos para el correcto uso y mantenimiento de cada tecnología. Es el deseo de IMTA que sea del interés y aprovechamiento no solo de los trabajadores sociales, sino también de funcionarios oficiales a cargo de programas de apoyo al desarrollo social.

ÍNDICE

	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
A quien va dirigido	
Contenido del folleto	
Situación de agua y saneamiento en México	
Derecho Humano al agua y saneamiento	
Gestión de agua y saneamiento sostenible	
¿Porque las tecnologías apropiadas?	
2 PROMOCIÓN, SELECCIÓN Y ADOPCIÓN DE ECOTECNIAS	6
2.1. Metodología participativa: cómo realizar los cambios en las poblaciones	
2.2. Atención intersectorial	
2.3. Características de atención social	
3 FUENTES Y USOS DE AGUA	9
3.1. Disponibilidad de agua en el mundo	
3.2. Usos del agua en México	
3.2.1. Agua segura para beber y sistemas de potabilización	
3.2.2. Tipos de pruebas de calidad de agua	
3.3. Abastecimiento y distribución de agua	
3.4. Almacenamiento de agua	
3.5. Ficha técnica: Cosecha de agua pluvial	
3.6. Ficha técnica: Protección de manantiales	
4 SISTEMAS DE SANEAMIENTO	20
4.1. Saneamiento sostenible	
4.2. Limpieza del entorno doméstico y comunitario	
4.3. Guía para la selección de sistemas de saneamiento	
4.4. Sistemas de saneamiento seco	
4.4.1. Letrina mejorada ventilada	
4.4.2. Sanitario compostero tipo Sanihuerto y Fosa Alterna	
4.4.3. Sanitario compostero tipo ClivusMultrum	
4.4.4. Sanitario seco desviador de orina	
4.5. Sistemas de saneamiento con agua	
4.5.1. Manejo de aguas jabonosas	
4.5.2. Fosa séptica con campo de oxidación	
4.5.3. Manejo de excremento animal con biodigestor	
5 CUIDADO DE SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO	40
5.1. Criterios para monitorear, evaluar y dar seguimiento	
5.2. Materiales informativos para el uso adecuado de ecotecnologías	
5.3. Ejemplo de carta compromiso	
6 GLOSARIO	44
7 BIBLIOGRAFÍA	46

1. INTRODUCCIÓN

¿A quien va dirigido?

Este folleto busca orientar a promotores comunitarios de diversas instancias de gobierno y de organizaciones de la sociedad civil para que se familiaricen con las características y cuidados de tecnologías apropiadas (ecotécnicas) que mejoren condiciones de abasto de agua, de saneamiento e higiene de viviendas individuales y de sitios de reunión en comunidades rurales o en el ámbito urbano.

Contenido del folleto

El contenido del folleto está organizado en las siguientes secciones: Promoción, Selección y Adopción de Ecotécnicas; Fuentes y Usos de Agua; Sistemas de Saneamiento; Cuidado de Sistemas de Agua y Saneamiento; Glosario y Bibliografía. Cada una de estas secciones tiene asignado un color en el índice que se refleja en la parte baja de la página.

La sección 2 de **Promoción, Selección y Adopción de Ecotécnicas** aborda aspectos de orden social sobre procesos participativos para promover la adopción y réplica de estos proyectos, además de subrayar el gran esfuerzo que las organizaciones civiles e instancias gubernamentales hacen para su impulso.

La sección 3 de **Fuentes y Usos de Agua** define diversos usos de agua e identificando las fuentes de agua, aborda el tema de su transporte y abastecimiento, esquemas para su distribución y almacenamiento y concluye con una ficha técnica de cosecha de agua pluvial y de protección de manantiales.

La sección 4 de **Sistemas de Saneamiento** define criterios para su sostenibilidad, aborda temas de limpieza del entorno doméstico y comunitario, presenta una guía para su selección y concluye con diversas fichas técnicas para saneamiento seco y saneamiento con agua. Las **fichas técnicas** incluidas en este folleto representan algunas opciones de ecotécnicas, todas de las cuales cuentan con experiencias de implementación en México. Estas fichas se ilustran mediante diagramas y fotografías y desarrollan consideraciones constructivas y aspectos de operación y mantenimiento.

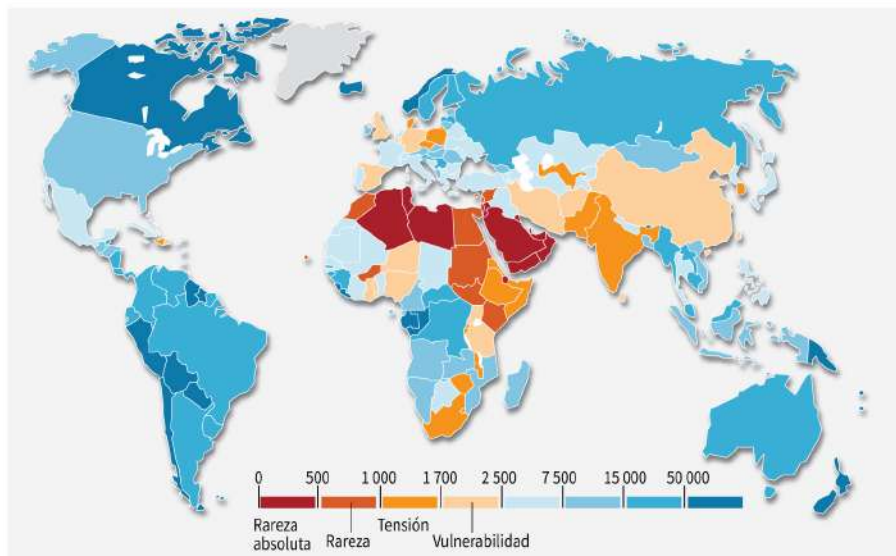
En la sección 5, **Cuidado de sistemas de agua y saneamiento**, contiene información útil para dar seguimiento y monitorear el uso y mantenimiento de los sistemas, así como ejemplo de carta compromiso entre el o los usuarios y el proyecto o programa que se está ejecutando y la utilidad de este tipo de cartas.

La sección 6 es el **Glosario** que define términos que requieran de mayor explicación (que encontrarás subrayadas)

Por último, la sección 7 es de **Referencias Bibliográficas**.

El agua dulce en el mundo

Acceso a las reservas renovables de agua (m³ por persona y por año en 2013)

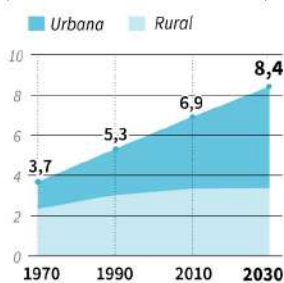


Demanda global (en km³)

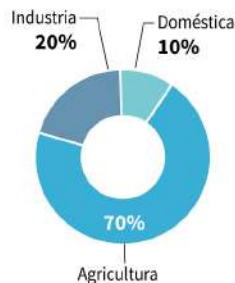


Población total

(en miles de millones de habitantes)



Utilización



Fuente: The United Nations World Water Development Report

AFP

Situación de agua y saneamiento en México

La CONAGUA define por cobertura de agua potable el porcentaje de la población que habita en viviendas particulares que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda, dentro del terreno o de una llave pública o hidrante y por cobertura de alcantarillado el porcentaje de la población que habita en viviendas particulares, cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado, a una fosa séptica, a un río, lago o mar, o a una barranca o grieta. Según la CONAGUA, en México al 2014 se alcanzaron coberturas de agua potable y alcantarillado del 92.3% y 90.9%, respectivamente. Pese a los avances logrados, nueve millones de personas carecen de agua potable (5 millones están en zonas rurales) y 11 millones de alcantarillado (7.8 millones en zonas rurales).

Pese a que en nuestro país se han logrado avances importantes en estos sectores, el acceso a los servicios de agua y saneamiento en pequeñas ciudades, zonas periurbanas marginadas y áreas rurales es aún insuficiente, en donde el nivel de cobertura baja sensiblemente de las poblaciones pequeñas a las áreas rurales más remotas. En particular, estas comunidades rurales dispersas se caracterizan por una baja tasa de acceso a servicios de agua y saneamiento mejorado. En aquellas comunidades donde sí hay sanitarios, estos en su gran mayoría son improvisados e inapropiados para esos contextos. Es en estas localidades donde resulta de especial relevancia la promoción y adopción de ecotécnicas.

Derecho humano al agua y al saneamiento

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el Derecho Humano al Agua y al Saneamiento (DHAS), reafirmando que un agua potable y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. El DHAS reitera que toda persona tiene derecho a disponer de suficiente cantidad de agua potable y de servicios de saneamiento que sean salubres, asequibles, accesibles, aceptables desde el punto de vista cultural, y que dichos servicios se presten de forma participativa, responsable y no discriminatoria. México dio inicio a la integración de este derecho con la modificación del Artículo IV de la Constitución al modificar un párrafo e indicar que “toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar”. Así mismo, añade otro párrafo que menciona que: “Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.”



Es el Estado (gobierno en sus tres niveles geográficos) que tiene que garantizar este derecho y será la ley el instrumento para definir las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, Estados y municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. De acuerdo a las Naciones Unidas, los gobiernos constituidos “deben garantizar, sin discriminación, que toda persona tenga acceso, desde el punto de vista físico y económico, al saneamiento en todas las esferas de la vida, con las siguientes características: inocuo, higiénico, seguro, aceptable desde el punto de vista social y cultural, que proporcione intimidad y que garantice la dignidad”. Por último hay que mencionar que en la Observación General N°15 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales se ha indicado que “los Estados Partes tienen la obligación de ampliar progresivamente unos servicios de saneamiento, salubres, en particular a las zonas rurales y las zonas urbanas desfavorecidas, teniendo en cuenta las necesidades de las mujeres y los niños”.

En relación al Derecho al Saneamiento y de las obligaciones correlativas de los Estados definidos por el Consejo de Derechos Humanos, en su informe presentado en septiembre de 2009 ante este Consejo, Catarina de Albuquerque (experta independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el acceso al agua potable y el saneamiento), subraya la importancia de resolver los problemas de saneamiento y señala que el derecho al saneamiento está protegido en el derecho internacional mediante el reconocimiento de diversos derechos humanos, especialmente el derecho a un nivel de vida adecuado, el derecho a la vivienda, el derecho a la salud y el derecho al agua. En el Informe, la experta propone la siguiente definición del derecho al saneamiento y de las obligaciones correlativas de los Estados: “El saneamiento abarca la recolección, el transporte, el tratamiento y la eliminación o reutilización de excrementos humanos, aguas residuales domésticas y residuos sólidos, y la correspondiente promoción de la higiene.”

Cumplir con el Derecho Humano al agua y saneamiento para la presente y futuras generaciones, tanto por mandato constitucional como por compromiso internacional (adquirido por la ratificación de la Resolución de Naciones Unidas en 2010 RES 64/292), requiere un modelo que promueva y facilite la gestión sustentable de ciclos locales del agua. Incluso aunque en la retórica y en algunas leyes se habla del DHAS, en la realidad las propuestas y planes y acciones suelen en su mayoría limitarse solamente al agua, descuidando severamente el saneamiento.

Gestión de agua y saneamiento sostenible

El enfoque de Gestión de Agua y Saneamiento Sostenible (GASS) reconoce que las iniciativas sectoriales por sí solas no pueden resolver la actual demanda de agua y saneamiento. Es por este motivo que dentro de su conceptualización, la GASS resalta que es necesario considerar al ciclo del agua desde un enfoque integral, es decir, el flujo del agua desde su fuente (punto en donde se toma el agua: ríos, lagos, etc.), el centro del ciclo (influencia humana y el ciclo de los nutrientes) hasta su punto final o descarga (en el mar).

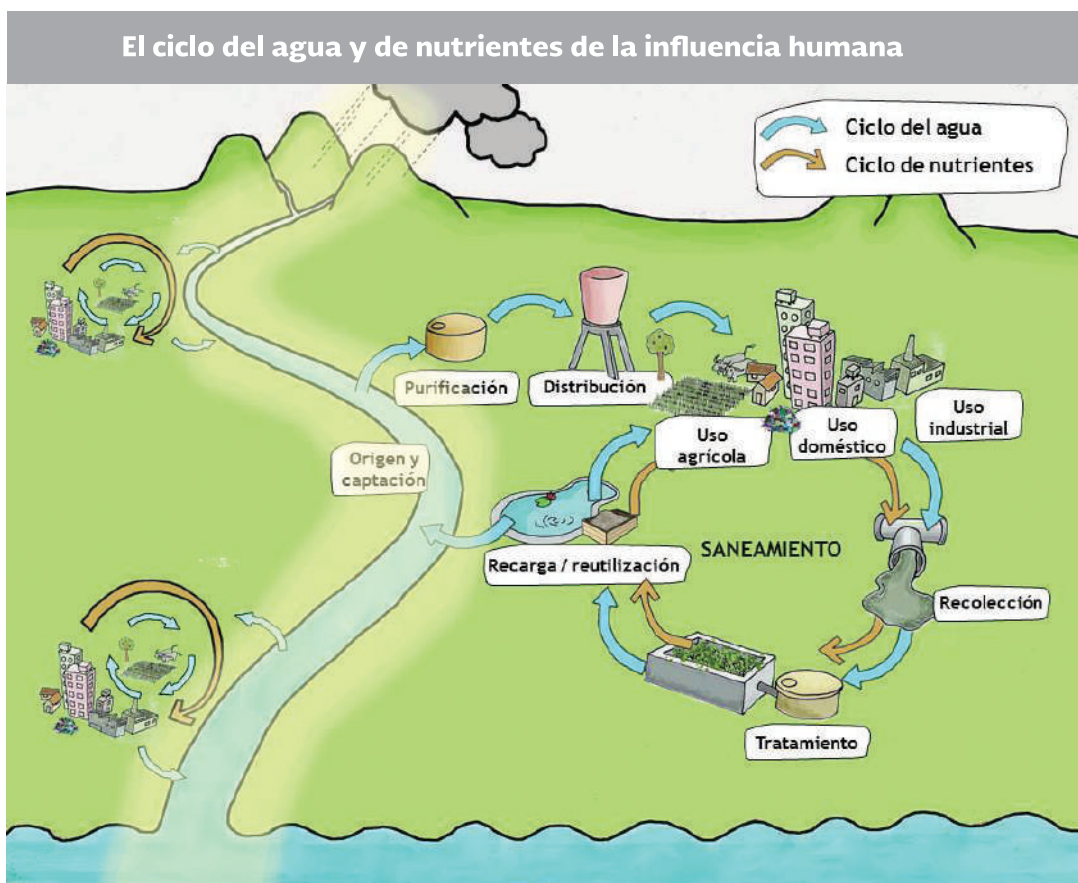


ILUSTRACIÓN A.GROENEWEG

La vinculación de la gestión del agua, saneamiento y agricultura es un paso fundamental para la sostenibilidad, pues permite:

- Cerrar el ciclo del agua a nivel local, permitiendo la recarga de las fuentes de agua subterránea y proveyendo agua valiosa para la agricultura;
- Cerrar el ciclo de los nutrientes, lo que hace innecesario la utilización de fertilizantes artificiales costosos;
- Mejorar la seguridad alimentaria e incluso crea ingresos adicionales; y
- Aplicar soluciones que son socialmente aceptables, económicamente viables y ambientalmente sostenibles.

Sin embargo, ¿cuáles son los enfoques integrales a los que GASS hace referencia?, ¿qué significa saneamiento sostenible?, y ¿cómo se puede integrar a la agricultura dentro de estos enfoques? Las respuestas a estas preguntas se encuentran en las siguientes dos secciones del folleto.

¿Porqué promover las tecnologías apropiadas?

Las tecnologías apropiadas están enfocadas a reducir la huella ecológica de las personas y fomentan la satisfacción de las necesidades humanas básicas, por lo que suelen ser a tecnologías descentralizadas de un bajo impacto ambiental, además de promover la participación social y por lo tanto el empoderamiento de sus usuarios.



El término de ecotecnología no tiene una definición precisa, aunque en el 2014 la Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia lo ha definido como: **“dispositivos, métodos y procesos que propician una relación armónica con el ambiente y buscan brindar beneficios sociales y económicos tangibles a sus usuarios, con referencia a un contexto socio-ecológico específico”**.

La gama de ecotécnicas directamente relacionadas para dar solución a acceso a agua y saneamiento son múltiples, sin embargo en este folleto se enfatizan las soluciones fácilmente apropiables a escala doméstica y para contextos rurales y periurbanos principalmente. Todas las fichas de tecnologías desarrolladas en el folleto contribuyen a la conservación del agua en tanto practicar la cosecha de agua pluvial disminuye su transporte de otra fuente, o por ejemplo un sanitario compostero no ocupa y no contamina el agua. Para mayor detalle, se remite al lector a la guía de la Organización Panamericana de la Salud, *Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico* (OPS, 2000), así como al *Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento*.

2. PROMOCIÓN, SELECCIÓN Y ADOPCIÓN DE ECOTECNOLOGÍAS

Una de las grandes debilidades de programas convencionales de infraestructura hidráulica y sanitaria es que son diseñados y construidos con muy poco contacto y participación de los usuarios y, por ende, no suelen responder adecuadamente a sus particularidades y necesidades. Como consecuencia, comúnmente los sistemas no son apropiados a los contextos locales. El uso y mantenimiento de los sistemas instalados es inadecuado, y suelen sufrir un abandono total o parcial en poco tiempo. Es más, dado que el saneamiento se concibe simplemente como un subsector del sector agua, lo cual es dominado por una visión meramente técnica e ingenieril, carece del enfoque integral y social que requiere.

Los métodos (y sus respectivas herramientas) de aprendizaje participativo son clave para superar las resistencias personales y culturales a los cambios de prácticas de higiene y saneamiento. Es importante destacar que las personas altamente motivadas, con escasa o nula resistencia inicial pueden simplemente solo requerir información sobre las opciones disponibles y capacitación para desarrollar las habilidades específicas para construir los sistemas de agua y saneamiento y asegurar el correcto uso, operación, y mantenimiento. Sea cual sea la combinación, es sumamente importante mantener un enfoque interdisciplinario, lo cual permitirá a los usuarios integrar los nuevos sistemas y prácticas dentro de su cultura local y estilo de vida.

El uso efectivo de métodos participativos es fundamental en el éxito de los programas que promueven las ecotécnicas, así como para programas de higiene y saneamiento en general. Estos métodos involucran a los usuarios en la detección general de problemas y necesidades, la planificación e identificación de soluciones y el seguimiento del impacto ambiental y a la salud. La participación y empoderamiento de los usuarios es fundamental en el resultado exitoso de los procesos.

2.1 Metodología participativa: cómo realizar los cambios en las poblaciones

Existen varios enfoques de diagnóstico, planeación e implementación que ocupan una serie de herramientas participativas que pueden ocuparse para el proceso de un proyecto. Entre las diversas metodologías de aprendizaje participativo orientadas a programas de saneamiento destaca la Metodología Participativa SARAR y su enfoque PHAST (cuyas siglas en inglés significan transformación participativa en agua, saneamiento e higiene) desarrollada por la Dra. Lyra Srinivasan y asociados en los años `70. SARAR es un enfoque orientado al desarrollo humano que permite a individuos y grupos analizar su situación, solucionar problemas, aprovechar oportunidades y planificar creativamente – asumiendo su pleno potencial frente a los retos de la vida. SARAR estimula un proceso de transformación dinámica basado en a cinco cualidades personales deseables: Seguridad en sí mismo, Asociación con otros, *Reacción con ingenio*, *Acciones Planeadas* y *Responsabilidad*.

El propósito de la metodología participativa SARAR es sensibilizar y capacitar a la gente en la identificación de sus propios problemas, así como planear e implementar cambios y monitorear sus avances. Está basado en una filosofía de desarrollo participativo, cuyos principios incluyen:

- el alto nivel de involucramiento personal en la toma de decisiones es la base del compromiso real para lograr el cambio a largo plazo;
- la gente más cercana a los problemas es la que principalmente debe ser involucrada en la búsqueda de soluciones apropiadas;

- la autoestima indispensable para la toma de decisiones y su cumplimiento;
- el contexto grupal facilita el aprendizaje sustentable, lo cual contribuye un cambio normativo; y
- el aprendizaje resulta mejor cuando es estimulante relevante y divertido.

También es importante resaltar que para mejorar el acceso a servicios de agua y saneamiento la metodología SARAR facilita un cambio sostenible de comportamiento en dos dimensiones:

- la mejora sostenible en cambios de comportamiento requiere de una comprensión clara y holística de los vínculos entre agua, saneamiento, salud, nutrición, producción de alimentos y protección ambiental; y
- la participación de los usuarios es esencial en la selección de los enfoques tecnológicos apropiados, así como en el cuidado y mantenimiento de los sistemas.

Así como a tres niveles:

- El empoderamiento a nivel individual es un elemento esencial para alcanzar un cambio positivo del paradigma cultural.
- Los sistemas sostenibles requieren de la motivación y participación de las familias involucradas.
- La aceptación social del sistema por la comunidad en su totalidad.

2.2 Atención intersectorial

Uno de los enfoques fundamentales para lograr superar el rezago en dotación de agua y saneamiento a las comunidades deberá ser la atención intersectorial, entendiéndola como la necesidad de involucrar a todas las dependencias públicas de los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal), pero también a las organizaciones sociales interesadas y con capacidad de atender a la población en la dotación de estos servicios.

En cada estado, región o municipio y comunidad, las instancias gubernamentales tendrán diferentes niveles de presencia y capacidad de atención, y en correspondencia, participarán diferentes instancias con peso y significancia distintas. Unificar esfuerzos con una visión intersectorial permite no sólo atender el déficit en los servicios de agua y saneamiento, sino también generar sinergias que dan mayor eficiencia en el uso de los presupuestos, mayor cobertura atendida y complementariedad en los diversos aspectos: construcción, capacitación, atención social, etc. Para completar la visión intersectorial, hay que tomar en cuenta el valioso trabajo de los promotores comunitarios y a las organizaciones sociales, pues cuentan con mucha experiencia en el trabajo de desarrollo regional que son claves para lograr trabajar en las comunidades.

2.3 Características de atención social

A lo largo de los últimos años, el concepto de sustentabilidad se ha ido definiendo con mayor precisión en cada uno de los ámbitos del desarrollo humano, puntualizando las siguientes características de atención social para sistemas de agua y saneamiento:

Inclusión

La atención a las comunidades debe incluir a todos los grupos de la población sin excepción alguna ni distinción o discriminación, aprovechando los diferentes papeles, capacidades y tareas que realizan en su vida cotidiana.



Apropiación

En la medida que se garantice la inclusión de todos los actores y se logre la participación activa de los mismos, el resultado será la apropiación de las propuestas, de tal manera que las soluciones no se verán por los beneficiarios como ajenas y por lo tanto asumirán con responsabilidad los compromisos que se requieran para mantener e incluso reproducirlas.



Participación

Es de gran importancia lograr la más amplia participación de todos los actores que estén involucrados: la población, las instituciones de gobierno (de todos los niveles) y las organizaciones sociales (como facilitadores de ese proceso y asesores sociales y técnicos), con el fin de ayudar a asegurar que las soluciones se ajusten a las necesidades identificadas y sean fáciles de utilizar por los usuarios finales. Este proceso participativo en sí mismo es un proceso de información continua, análisis y reflexión, retroalimentación entre actores, aprendizaje, acuerdos colectivos y trabajo conjunto. Es tan importante la forma en que se desarrolla el proceso, como los resultados a los que se llegan.

Mejoramiento de la calidad de vida

Además de beneficiar a nivel de infraestructura, todo proyecto de ecotecnia debe aspirar a buscar impactar en el conjunto de las condiciones de vida de la población en términos de salud e higiene, disminución de la vulnerabilidad ante fenómenos naturales, contribución al desarrollo económico y social, proporcionando seguridad y otros aspectos que en resumen representan la calidad de vida de la población y de desarrollo para la comunidad.

Desarrollo de capacidades

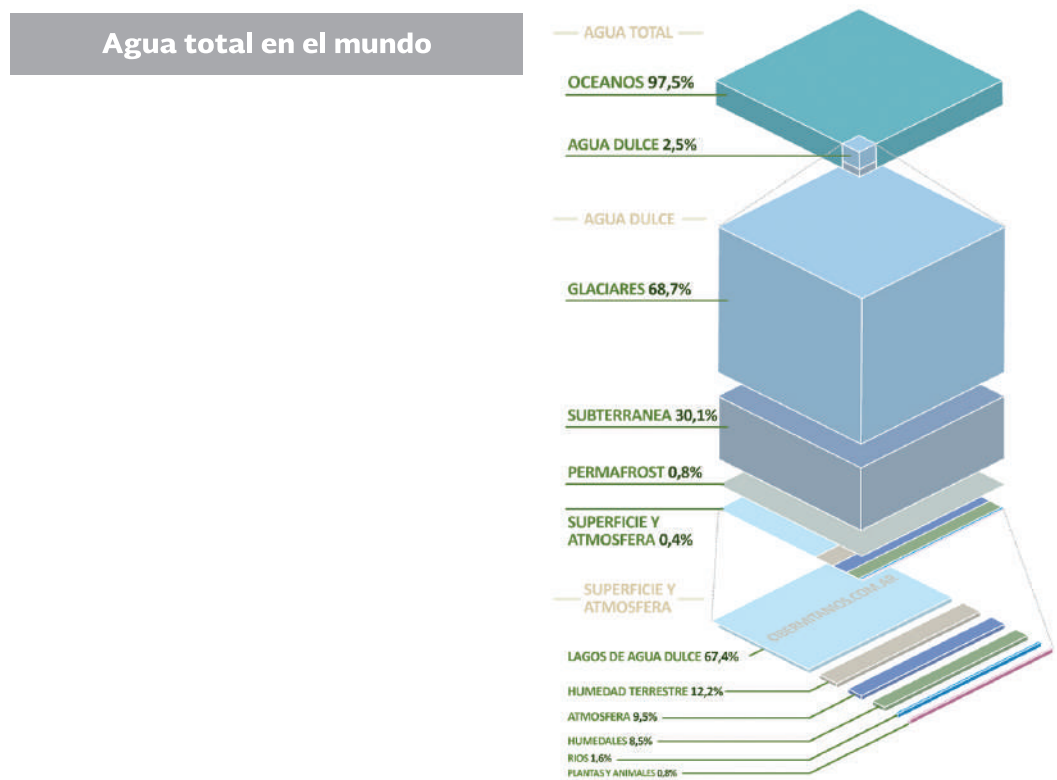
Al aumentar la capacidad de la comunidad para analizar sus problemas y la búsqueda de soluciones, incrementa su empoderamiento y autosuficiencia. Al promover la transferencia de habilidades y conocimiento en las fases de construcción, así como en el mantenimiento, monitoreo y evaluación, se afianza la posibilidad de una réplica espontánea de tecnologías apropiadas.



3. FUENTES Y USOS DE AGUA

3.1 Disponibilidad de agua en el mundo

El agua en la tierra está en circulación y regeneración permanente y por lo tanto es un recurso renovable. Sin embargo, del total de agua en la tierra, sólo 2.5% es agua dulce y de esta cantidad, 68.7% se encuentra en los glaciares, principalmente en los casquetes polares; 30.1% se encuentra en acuíferos subterráneos; 0.8% en el permafrost y el restante 0.4% se encuentra en aguas superficiales tal como en lagos, pantanos y ríos y en la atmósfera.



La precipitación en forma de lluvia, rocío o nieve naturalmente reponen el agua superficial que alimenta ríos o lagos, recarga acuíferos o vuelve a la atmósfera por evaporación. Aunque el agua dulce es un recurso renovable, a nivel mundial se están agotando las reservas subterráneas debido a su sobreexplotación y extracción excesiva-principalmente destinada para usos agrícolas e industriales-, pues se extrae más agua de la que naturalmente se infiltra al subsuelo. En nuestro país, la CONAGUA ha definido cerca de 654 acuíferos, de los cuales casi 100 están sobreexplotados; los cuales lamentablemente coinciden con las regiones de mayor extracción y producción agro-industrial y de asentamientos humanos.

La disponibilidad de agua se refiere al volumen total de líquido que hay en una región. La ilustración muestra los metros cúbicos de agua promedio por persona al año, sin embargo la disponibilidad de agua en México varía entre las diferentes regiones territoriales, pues las zonas norte y centro del país zonas áridas o semiáridas, mientras que los estados del sureste reciben casi la mitad del agua de lluvia que cae en el territorio nacional.

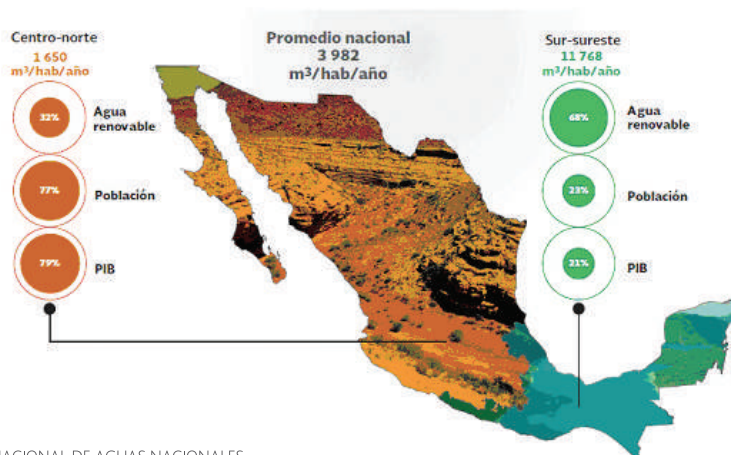


IMAGEN: PROGRAMA NACIONAL DE AGUAS NACIONALES

Usos del agua en México

El uso de agua se categoriza en uso doméstico, industrial y agropecuario. Las estadísticas en cuanto a los usos de agua en México varían ligeramente, pero en general los usos se distribuyen de acuerdo los siguientes porcentajes: 14% doméstico, 9% industrial y 77% agropecuario.

El agua segura y disponible es muy importante para la salud pública, ya sea para beber, usos domésticos, producción de alimentos o usos recreativos. Al mejorar la gestión de los recursos hídricos, así como el abasto a agua segura y los servicios de saneamiento, se contribuye enormemente a la reducción de la pobreza y se mejora la salud de la población. Sin embargo, aún persisten fuertes inequidades socioculturales y económicas no solo entre zonas urbanas y rurales, pero también dentro de las propias ciudades en donde habitan personas de bajos ingresos, que generalmente tienen menor acceso a agua que otros residentes de la misma ciudad.

Debido a una falta de manejo o un manejo inadecuado del agua residual, sea esta doméstica, industrial y agropecuaria, el agua superficial y subterránea se contamina, deteriorando el entorno y afectando siempre a los ecosistemas y a las comunidades río abajo. Es por esto que “los futuros suministros de agua ya no serán producto del desarrollo de ambiciosos proyectos de extracción y distribución sino de la conservación, el reciclaje, la reutilización y la eficiencia en el uso del agua” (Salmones 2003)

3.2.1 Agua segura para beber y sistemas de potabilización

El agua no es potable cuando contiene microbios (organismos que pueden verse con un microscopio causantes de diversas enfermedades), o sustancias tóxicas. Los microbios y las lombrices viven en la excreta humana y animal y pueden causar enfermedades graves y prolongadas cuando:

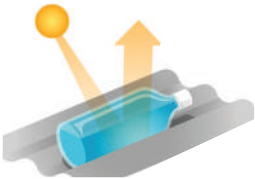
- No hay una buena forma de manejar la excreta humana y el estiércol.
- No se protegen ni se mantienen limpias las provisiones de agua.
- No hay suficiente agua para lavar.



Algunas de las enfermedades causadas por microbios y lombrices, por ejemplo el cólera, se propagan rápidamente y pueden causar muchas muertes; otras pueden durar muchos años y producir o empeorar otros problemas de salud, tales como deshidratación, infecciones, anemia (debilidad de la sangre) y desnutrición. La señal más común de las enfermedades causadas por microbios y lombrices es la diarrea. La autoridad internacional en salud pública y calidad de agua, la Organización Mundial de la Salud (OMS) impulsa los esfuerzos globales para prevenir las enfermedades transmitidas por el agua, para lo cual produce una serie de guías sobre calidad de agua para beber. Estas guías se basan en el manejo de riesgo e incluyen la promoción de Planes de Agua Segura.

Como promotor de tecnologías apropiadas, es importante considerar el manejo efectivo de riesgos y prácticas adecuadas de todos los grupos, incluyendo los organismos operadores de agua, compañías, agricultores, comunidades e individuos, para lograr mantener la calidad de agua en nuestro entorno.

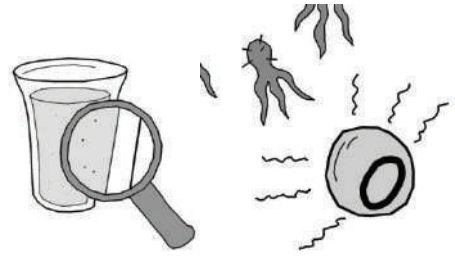
Se recomienda referirse a la Guía para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud, que en su sección 8.4 describe el tratamiento de agua incluyendo cloración, ozonización, filtración, procesos de membrana, entre otros. En la siguiente tabla se describen algunos métodos de filtración y/o desinfección:

Algunos métodos de filtración y desinfección	
Ejemplos de filtros	Descripción
 Desinfección solar del agua	La desinfección solar del agua, también conocida como SODIS es un método de desinfectar el agua usando sólo luz del sol y botellas transparentes plásticas adecuadas. La radiación solar contribuye a la inactivación de <u>organismos patógenos</u> .
 Polyspun Hilado Plisado	Son cartuchos comerciales que retienen mecánicamente contaminantes sólidos que arrastra el agua; hay de diversos materiales y tamaños con poros 1 (fino) a 100 (grande) micras; se acostumbra filtrar de grande a fino.
 Carbón activado granular Carbón activado en block	Se coloca en un cartucho para filtrar mecánicamente y retener sustancias que producen olor, color y sabor en el agua.
 KDF	Este producto se mezcla con el carbón activado granular para evitar el crecimiento microbiológico en el mismo. Además ayuda a retener contaminantes diversos como ácidos, bases, metales, pesados, cloro, etc.

Ejemplos de filtros	Descripción
 Filtros bajo tarja	Se instalan generalmente en la cocina o en bebederos, pueden incluir dos a más pasos, lámpara ultravioleta, ósmosis inversa, etc.
 Desinfección Entrada de agua Salida de agua tratada Radicación UV	Hay sistemas desinfectantes como el que inyecta ozono al agua en forma controlada, o el sistema que expone el agua a la luz ultravioleta. También se puede ocupar el cloro en pastillas o con dosificador, los cuales deben ser remplazados según cada fabricante.

3.2.2 Tipos de pruebas de calidad del agua

Aunque hay diversos contaminantes en el agua que pueden ser dañinos a la salud humana, la primera prioridad es asegurar que el agua para beber esté libre de patógenos que pueden ocasionar enfermedades. Hay diversos niveles de pruebas que pueden ser desde muestreos sencillos locales, muestreos locales complejos que incluyen pruebas de laboratorio de un número de contaminantes, hasta análisis de laboratorio específicos. Para fines prácticos, esta guía presenta una tabla sencilla que permite realizar observaciones cualitativas sobre la calidad de agua para determinar posibles contaminantes.



Observaciones cualitativas de la calidad del agua	
Observaciones del agua	Posibles contaminantes
Espumosa	Detergentes
Negra en color	Manganeso, crecimiento bacteriano
Café, amarilla o rojiza en color	Hierro
Depósitos o escamas blancas	Dureza, metales disueltos
Terrosa, lodosa, con olor a pescado	Materia orgánica, algas o bacterias
Olor a cloro	Cloro residual de proceso de tratamiento
Sabor amargo o metálico	pH, zinc, cobre

La complejidad de las barreras (trenes o secuencias de procesos) de tratamiento incrementa conforme el número de contaminantes a tratar es mayor. Dependiendo del nivel de turbidez y otros valores indicativos de la presencia de patógenos como los E. Coli, se recomienda iniciar con sólo desinfección, pasando por filtros lentos de arena, o una combinación de dos o más procesos. La siguiente tabla muestra los efectos positivos de diversos procesos de acuerdo a los parámetros analizados en el agua:

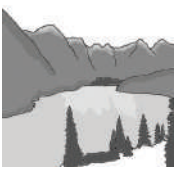
Efectividad de procesos de tratamiento						
0 = SIN EFECTO 4 = MEJOR EFECTO	AIREACIÓN 	SEDIMENTACIÓN 	COAGULACIÓN 	FILTRACIÓN RÁPIDA 	FILTRACIÓN LENTA 	CLORACIÓN 
PARÁMETROS						
TURBIDEZ	0	2	3	3	4	0
BACTERIA	0	2	1	2	4	4
COLOR	0	1	3	1	2	2
OLOR Y SABOR	0	1	1	2	2	1
ORGÁNICOS	2	2	1	3	4	4
HIERRO Y MAGNESIO	1	1	1	4	4	0

El abastecimiento de agua es el proceso para la provisión de agua de diversas fuentes y calidades a diferentes usuarios.

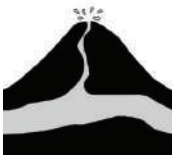
Pensemos en cómo llega el agua desde su fuente hasta la llave... puede ser de ríos, lagos, manantiales, agua de lluvia, o bien del manto freático ocupando pozos.



Río



Lago



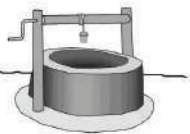
Manantial



Olla



Captación



Pozo

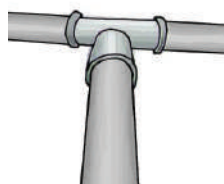
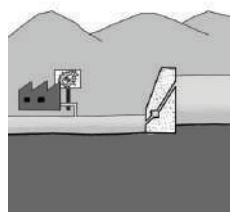
Pero para lograr que el agua llegue desde su fuente hasta donde se ocupe, es necesario planear y dimensionar un sistema de distribución de agua considerando los tipos de sistemas para su transportación, tal como tuberías. Los métodos para transportar el agua hacia las poblaciones se puede sintetizar en tres sistemas principales:

- Extracción de agua, generalmente ocupando bombas, de cuerpos de agua superficiales como **lagos y ríos**, o de agua subterránea desde pozos a donde sus habitantes acuden para cargar el agua en garrafas o bien se conecta a un sistema de distribución hacia las comunidades o ciudades, que generalmente cuentan con depósitos adicionales.
- Construcción de **estanques y ollas** conectados a un sistema de distribución hacia las localidades.
- Explotación de **agua superficial o de manantiales** y construcción de estanques o tanques a donde sus habitantes acuden para cargar el agua en garrafas o es suministrada por pipas para su venta a escala doméstica.

En México, es competencia de la Comisión Nacional de Agua dar lineamientos para que las Comisiones Estatales de Agua diseñen los sistemas de protección de fuentes, potabilización y distribución de agua y es la responsabilidad del municipio, a través de sus organismos operadores proveerla en cantidad y calidad adecuada, sin embargo cuando los recursos materiales o hídricos son limitados, su disponibilidad suele ser intermitente y su calidad no potable. En muchos casos son las propias comunidades organizadas las que realizan los trabajos de conducción de agua hasta tanques comunitarios o a las viviendas. La capacitación continua a los responsables de esta importante tarea -ya sea el municipio o como sucede en muchos casos, los propios comités comunitarios de agua- es crítica para adaptarse a las necesidades de su población.

Los materiales ocupados para conducir y/o distribuir el agua incluyen, entre otros, tubería de acero galvanizado, PVC, mangueras, todos de los cuales están sujetos a tener fugas que pueden representar hasta un 50% del agua distribuida por estos medios. Hay redes de distribución de agua que ocupan la gravedad para transportarla sin requerir energía, sin embargo esto no es posible en todos lados.

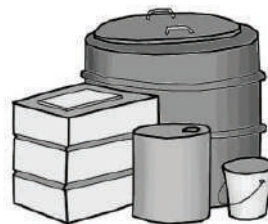
A veces el agua llega por medio de gravedad desde su fuente hasta una planta de potabilización que después por medio de bombas o envía el agua a tanques elevados y a la red por gravedad, o bien directamente a la red. Muchas veces se ocupan pipas para transportar el agua, además que el acarreo manual sigue siendo una práctica común en comunidades rurales.



3.4. Almacenamiento de agua

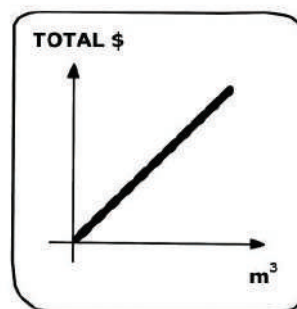
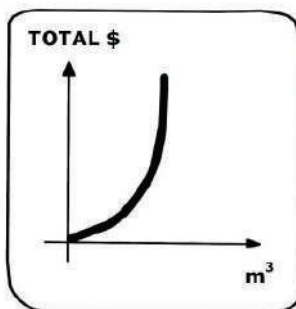
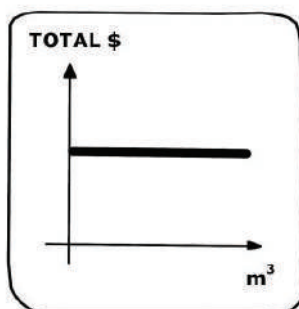
Hay esfuerzos de organizaciones de la sociedad civil y de programas de gobierno que están creando otras opciones para tener acceso al agua que incluye tanques de agua que pueden almacenar agua pluvial o agua de la red, los cuales simplifican los requerimientos energéticos, así como de operación y mantenimiento.

Con estos proyectos se impacta en la calidad de vida de muchas personas que viven en zonas rurales y periurbanas, pues generalmente son las mujeres y los niños los encargados de su acarreo, con muchos efectos negativos para la sociedad



Es muy común que donde haya una red de distribución de agua, que el servicio sea intermitente, es decir que el agua no está disponible 24 horas al día durante todo el año. Estos sistemas prevalecen en muchas zonas del país con bajas tarifas e inversiones, sin embargo habrá que impulsar esfuerzos para proveer el servicio constante a través de medidas no solo técnicas, sino sociales y de política pública.

Cuadro de esquemas de pago de tarifas de redes de agua



Las tarifas determinan el nivel de ingresos que los proveedores del servicio reciben de los usuarios de sistemas centralizados o semi-centralizados por la adecuada dotación y distribución de agua potable, y también puede aplicar para su subsecuente recolección, tratamiento y descarga de agua residual tratada. El establecimiento del precio es un instrumento económico importante para mejorar la eficiencia del uso de agua, la cual enaltece la equidad social y asegura la sostenibilidad financiera de los organismos operadores.

3.5 FICHA TÉCNICA: COSECHA DE AGUA PLUVIAL

La cosecha de agua pluvial es un método para coleccionar y conservar agua de escorrentías superficiales para almacenarla y usarla o para la recarga del manto freáticos. Los sistemas de cosecha de agua pluvial han sido ocupados desde la antigüedad, y hay numerosos ejemplos de todas las grandes civilizaciones de la historia, pero la sobreexplotación de fuentes de agua existentes ha conducido a reconocer su incremental importancia.



El agua de lluvia es una excelente alternativa para tener agua y destinarla a todos los usos. Debido a la flexibilidad de su diseño, puede cumplir con diversas necesidades. Dado que es una tecnología simple, se puede manejar desde una escala doméstica, institucional, comercial y agrícola. Además su práctica contribuye a restringir inundaciones y la pérdida de agua de buena calidad. Cosechar agua de lluvia nos permite decir que esta agua llegó aquí sin caminar, es decir, permite aliviar la pesada tarea de acarrearla o entubarla por grandes distancias.

Consideraciones constructivas

Básicamente todos los diseños de cosecha de agua pluvial (CAP) incluyen: lluvia, una superficie captadora (techo, pavimento, etc.), sistemas de canalización, unidades de almacenamiento superficiales o enterradas y un sistema de distribución, como tuberías y bombas. Además se puede complementar con mallas para filtrar hojas, dispositivos de primeras lluvias, métodos de desinfección (cloración, hervir, luz ultravioleta, etc.) y tubería de sobreflujo.

Hay que tomar en cuenta los siguientes lineamientos para su construcción: la superficie captadora no debe desprender metales pesados u orgánicos, las canaletas deben ser robustas y de un material no-corrosivo, las mallas pueden variar de 5 a 1 milímetro, los tanques de almacenamiento deben estar tapados y su tamaño varía en muchos factores como la cantidad de precipitación pluvial, el patrón de consumo del número de usuarios finales, los costos de inversión particularmente para su almacenamiento, entre otros.

En general, un milímetro de lluvia equivale a un litro por cada metro cuadrado de superficie captadora. Para calcular lo que anualmente se puede cosechar, es necesario investigar la precipitación anual local y seguir la siguiente fórmula básica:

$$\text{precipitación pluvial anual} \times \text{m}^2 \text{ de superficie captadora} \times 0.80 = \# \text{ m}^3 \text{ cosechado anualmente}$$

Operación y mantenimiento

Es importante realizar inspecciones periódicas del sistema para mantener la calidad del agua cosechada; si hay una fractura en el tanque de almacenamiento resulta imperativa su reparación. Además, es recomendable limpiar el sistema de filtración y de las canaletas antes y durante de la temporada de lluvia. Por ejemplo, el filtro de primeras lluvias sirve para quitar las hojas y tierra que suelen acumularse en el techo, por lo que terminada la temporada de lluvias hay que drenarlo y mantenerlo seco hasta las siguientes lluvias. Para asegurar la calidad del agua almacenada, es muy importante que el tanque de almacenamiento cuente con una tapa hermética para evitar que la luz solar y los insectos entren.

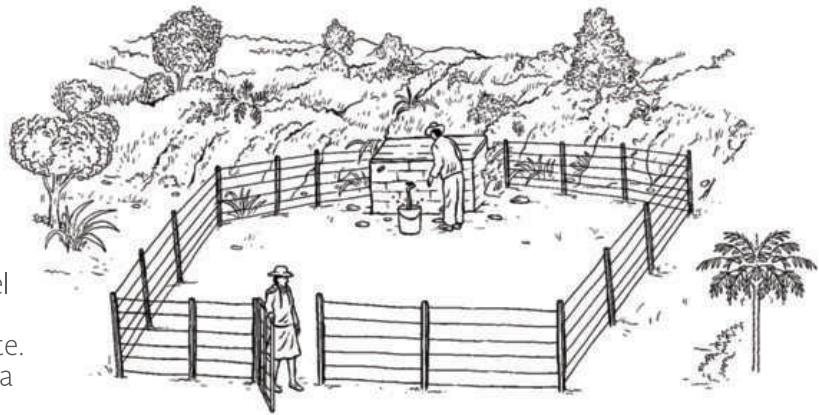
Para desviar el volumen de agua más sucio de cada lluvia antes de que entre a la cisterna se pueden instalar dispositivos de primeras lluvias fabricados artesanalmente o bien adquiridos en el mercado, como el producto diseñado y fabricado en México por Isla Urbana, el Tlaloque. El volumen del dispositivo de primeras lluvias debe estar en relación al área de la superficie captadora y a la calidad del aire; en lugares con muy buena calidad de aire se desvía 0.5 lts/m² y en lugares más contaminados 1-2 lts/m².



Se pueden ocupar otros elementos para mejorar un sistema de cosecha de agua pluvial, como lo es un reductor de turbulencia una vez ingresa el agua a la cisterna, una pichancha flotante que permite que el agua que se extrae sea la superficial, e incluso considerar un tren de filtración para eliminar sedimentos más finos y contaminantes químicos (algunos métodos filtrantes son ósmosis inversa, carbón activado, etc.), así como un método final de desinfección para el agua para beber, como la aplicación de cloro, plata coloidal, luz ultravioleta, SODIS, ozono e iones de plata.

3.6 FICHA TÉCNICA: PROTECCIÓN DE MANANTIALES

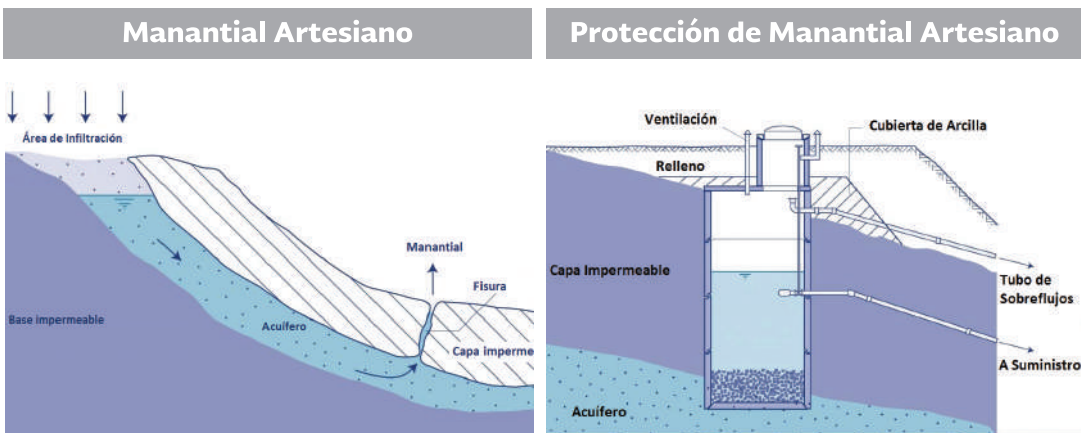
Cuando el agua subterránea se filtra en las rocas y el suelo y emerge a la superficie de la tierra, principalmente en terrenos montañosos o empinados, se refiere a un manantial. El uso de manantiales como fuente principal para la provisión de agua a escala comunitaria es aplicable en donde el aforo del manantial en términos de cantidad y calidad es suficiente. Sin embargo, para mantener la calidad de agua, la protección del manantial en la zona de captura debe asegurarse permanentemente para evitar la contaminación.



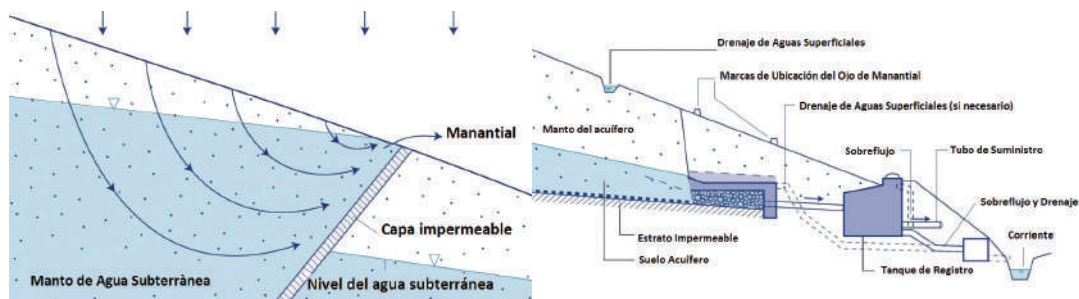
En muchas zonas rurales, se tiene acceso a agua de manantial sin que éste tenga medidas adecuadas de protección o sin haber instalado sistemas apropiados de captación. Consecuentemente el manantial se contamina y la calidad de agua no alcanza a cumplir los criterios de calidad de agua para beber. Mientras que los manantiales solo requiere de poca operación y mantenimiento, el monitoreo de la calidad de agua debe realizarse regularmente.

Tipos de manantiales

Hay que hacer una distinción entre manantiales de gravedad y pozos artesianos; las condiciones hidrogeológicas tiene implicaciones en cómo el manantial debe ser protegido. En el manantial artesiano el agua aflora a la superficie a través de una fractura o rompimiento del estrato que está arriba de un acuífero inclinado. Para que se produzca un manantial así, el acuífero inclinado recibe el agua desde una altura mayor al afloramiento y el estrato (capa de suelo) arriba del acuífero es impermeable. El manantial por gravedad se presenta al aflorar el agua de un acuífero cuando éste alcanza el nivel de la superficie



Manantial de Gravedad

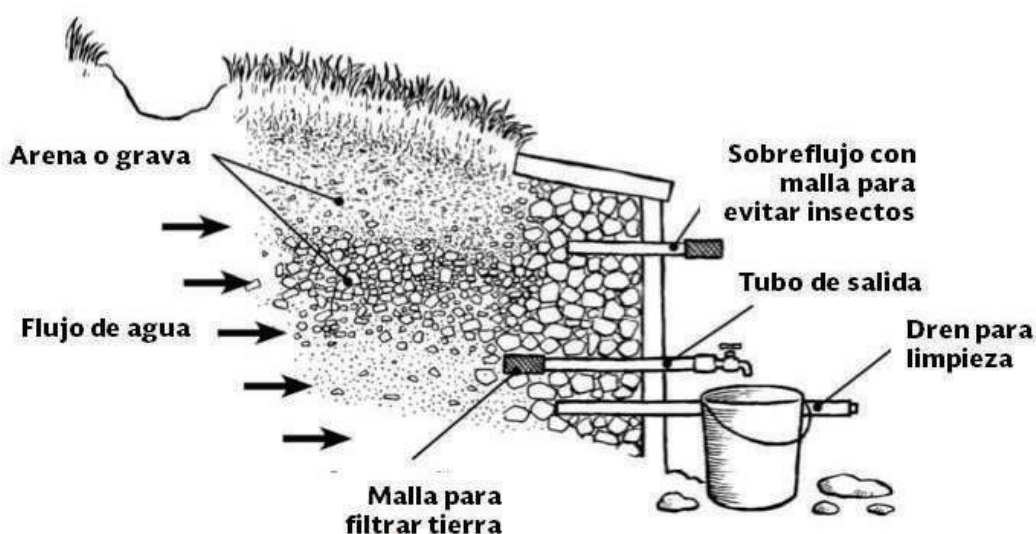


FUENTE: ADAPTADO DE SMET & WIJK

Consideraciones constructivas

Para evitar que entren contaminantes a los manantiales, es importante protegerlos con un tanque de captación conocido como una obra de toma- que cuente con un sistema adecuado para su drenado.

La ilustración muestra un tanque con vista de corte transversal del cerro para mostrar el interior, así como las partes que lo componen. Los tanques de captación cubiertos pueden ser hechos de piedra, ladrillo o concreto, y suele ocuparse tubería de acero galvanizado para su dren, tubo de salida y tubo de desbordamiento. Para asegurar que no se bloqueen los tubos por sedimentos, hojas o insectos dentro del tanque se puede poner una malla milimétrica en el tubo de salida de agua.



4. SISTEMAS DE SANEAMIENTO

El objetivo principal de un sistema de saneamiento es proteger y promover la salud de los seres humanos a través de la dotación de un medio ambiente limpio y de la interrupción del ciclo de enfermedades. Al planificar para el saneamiento del hogar o de la comunidad, hay que tener en cuenta que todos los sistemas de saneamiento deben tener las siguientes características:

- **Prevenir enfermedades:** deben mantener los desechos e insectos portadores de enfermedades alejados de las personas y alimentos, tanto en el lugar del sanitario como en las casas cercanas a éste.
- **Proteger las fuentes de agua:** no deben contaminar el agua potable, el agua superficial o el agua subterránea.
- **Proteger el medio ambiente:** los sanitarios que convierten los desechos humanos en abono puede conservar y proteger el agua, evitar contaminación y hacer que los nutrientes regresen al suelo.
- **Ser simples y baratos:** deben ser fáciles de limpiar y mantener, de debe ser posible construirlos con materiales y mano de obra locales.
- **Ser aceptables para la cultura del lugar:** deben adaptarse a las costumbres, creencias y necesidades locales.
- **Funcionar para todos:** deben resolver las necesidades de salud de los niños y adultos, mujeres y hombres, personas mayores y con capacidades diferentes.



Además, hay que tomar en cuenta qué espera la gente de los sanitarios:

- **Seguridad:** Para que un sanitario sea seguro debe estar bien construido y ubicado en un lugar seguro.
- **Privacidad:** tener privacidad exige que el sanitario se construya con una caseta adecuada y con puerta.
- **Comodidad:** es más probable que se utilice el sanitario si es cómodo para sentarse y alto para ponerse de pie, además si éste se encuentra dentro o cerca de la casa, protegido contra el viento y la lluvia.
- **Limpieza:** nadie utilizará el sanitario si está sucio y huele mal.
- **Respeto:** bien mantenido, un sanitario trae prestigio y respeto a su propietario.

4.1. Saneamiento sostenible

Para que un sistema de saneamiento sea sostenible, este tiene que ser no sólo económicamente viable, socialmente aceptable y técnica e institucionalmente apropiado, sino que también debe proteger el medio ambiente y los recursos naturales.

Cuando se mejora un sistema existente o se diseña un nuevo sistema de saneamiento, se debe considerar los criterios de sustentabilidad relacionados con los siguientes aspectos:

Salud e higiene: incluye el riesgo de exposición a los patógenos y sustancias peligrosas que podría afectar la salud pública en todos los puntos de un sistema de saneamiento, desde el mueble sanitario a la recolección y sistema de tratamiento, hasta el punto de reutilización o disposición y poblaciones río abajo.

Ambiente y recursos naturales: involucra la energía requerida, el agua y otros recursos naturales para la construcción, operación y mantenimiento del sistema, así como el grado de reciclaje y reutilización y las emisiones potenciales al ambiente resultantes de su uso.

Tecnología y operación: incorpora la funcionalidad y la facilidad con la que el sistema completo (incluyendo las etapas de recolección, transporte, tratamiento y reutilización y/o disposición final) pueden ser construidos, operados y monitoreados por la comunidad local y/o el equipo técnico.

Aspectos económicos y financieros: relacionados con la capacidad de los hogares y comunidades para pagar por el saneamiento, incluyendo la construcción, operación, mantenimiento y reinversiones necesarias en el sistema.

Aspectos socio-culturales e institucionales: los criterios en esta categoría evalúan la aceptación socio-cultural, la adaptación del sistema a la comunidad, la conveniencia, las percepciones de la sociedad hacia el sistema, temas de género e impactos en la dignidad humana, la contribución a la seguridad alimentaria, el cumplimiento con el marco legal y ajustes institucionales estables y eficientes

4.2 Limpieza del entorno doméstico y comunitario

Nuestros hogares no están separados del medio ambiente, por lo que al proteger nuestro medio ambiente también se protege nuestra salud. Un hogar saludable protege contra el calor y el frío, la lluvia y el sol, las plagas, el viento y los desastres naturales, la contaminación y las enfermedades.

Desgraciadamente las condiciones del hogar de mucha gente no protege su salud e incluso pueden causar enfermedades o empeorar los problemas de salud. Para hacer de un hogar un lugar saludable y seguro hay diferentes medidas que dependen de las tradiciones locales, de los materiales disponibles y del clima, aunque también del nivel de ingresos y del tipo de posesión que se tenga sobre el lugar. Por ejemplo, se pueden aplicar ciertas medidas sencillas para conservar limpio el entorno, como mantener a los animales lejos de los alimentos y de las fuentes de agua de la comunidad, colocar atrapamoscas, reducir el humo producido por las estufas de leña y otros. Para mayor información, consulta la Guía Comunitaria para la Salud Ambiental.

La salud de nuestros hogares está directamente relacionada con la limpieza del entorno y las prácticas de higiene. La higiene es la práctica diaria de la limpieza del hogar y el entorno y el aseo personal para evitar la propagación de los microbios. Algunas medidas de higiene como usar agua limpia para beber y cocinar, contar con un sanitario adecuado, lavarse siempre las manos con jabón después de usar el sanitario y antes de tocar la comida, preparar y guardar los alimentos de manera limpia y segura, usar calzado, son acciones que contribuyen de diferentes maneras a evitar la propagación de microbios.

Algunos creen que los problemas de salud por mal saneamiento se pueden evitar sólo si la gente cambia sus hábitos personales o comportamiento para mantener su limpieza. Sin embargo, esta idea generalmente conduce al fracaso porque no considera las barreras a las que la gente se enfrenta diariamente como la pobreza, la falta de acceso al agua segura o a sanitarios adecuados. Cuando la gente no cambia de comportamiento, se la culpa por su mal estado de salud.

Proponer soluciones técnicas sin comprender la cultura de las personas, sus condiciones de vida y necesidades reales puede crear más problemas que soluciones.

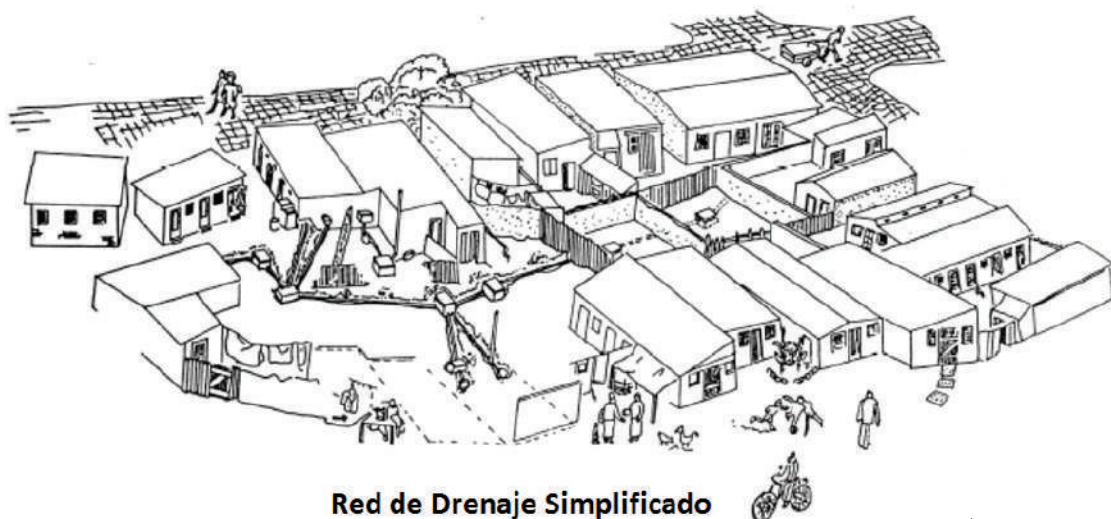
Para promover la salud de manera permanente, es primordial que los promotores de salud escuchen a la gente de la comunidad y trabajen con ella para desarrollar soluciones basadas en sus necesidades, habilidades y deseo de cambio.

4.3. Guía para la selección de sistemas de saneamiento

La disponibilidad del agua influye fuertemente en la selección de las opciones de saneamiento. En donde haya poca disponibilidad de agua y una baja densidad de viviendas, las opciones in-situ que ocupan poca o nada de agua tienen más sentido. Cuando el acceso al agua no es limitado, ocupar sistemas de saneamiento húmedo se pueden considerar, siempre y cuando el manejo del agua residual sea el adecuado.

En este sentido el drenaje es una opción atractiva, particularmente donde hay una densidad alta de viviendas. Sin embargo, hay que asegurar que el drenaje descargue en una planta de tratamiento que esté en funcionamiento y bien operada y que se procure el cierre de ciclo de nutrientes. Lamentablemente la mayor parte de los drenajes descargan sin tratamiento a las barranca, ríos o mares.

Red de drenaje simplificado



Red de Drenaje Simplificado

ILUSTRACIÓN EAWAG

De acuerdo al Banco Mundial, los factores principales que influyen en la selección de un sistema de saneamiento incluyen:

- **Densidad poblacional y disponibilidad de tierra:** generalmente mientras mayor densidad poblacional, será más difícil la disposición de excretas y agua jabonosa in-situ
- **Costos de inversión y recurrentes:** las diversas opciones y el modo en que estos se dividen entre usuarios y proveedores institucionales
- **Capacidades disponibles y mercados** necesarios para construir, operar y mantener los sistemas
- **Grado de cooperación** necesario entre diferentes interactores: los sistemas in-situ requieren menos cooperación entre usuarios que otros sistemas, pero requieren de más mantenimiento de dueños individuales
- **Prácticas tradicionales y actitudes religiosas,** directa o indirectamente relacionadas con el saneamiento
- **Prácticas institucionales,** tal como roles y responsabilidades de gobierno local, estatal o federal y de instituciones de la sociedad civil

Además, para seleccionar una u otra opción tecnológica de saneamiento, se debe también considerar el tamaño de la comunidad, la disponibilidad de agua y de los terrenos, la permeabilidad y estabilidad del suelo, si está en zona inundable, la disponibilidad de recursos y la capacidad de los beneficiarios para la operación y mantenimiento y el aprovechamiento de los flujos en actividades productivas.

4.4. Sistemas de saneamiento seco

La siguiente sección del documento incluye fichas técnicas de sistemas de saneamiento in-situ que no ocupan agua u ocupan menos de 25 litros por persona por día.

LETRINA MEJORADA VENTILADA

- ☐ USA AGUA
- ☒ NO USA AGUA
- ☐ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☐ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☐ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☐ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☐ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL

La letrina mejorada ventilada, conocida por sus siglas en inglés como VIP (ventilated improved pit) no requiere agua para su funcionamiento y representa una mejora de una letrina convencional por su flujo continuo de aire a través del tubo ventila que extrae olores y actúa como una trampa de moscas dado que ellas escapan hacia la luz.

Este es uno de los sistemas sanitarios más simples y baratos, aunque pueden contribuir a la contaminación del manto freático si persiste la infiltración al subsuelo en localidades densamente pobladas. Su diseño es similar al de una letrina convencional. Tiene una fosa cubierta con un piso que cuenta con un hoyo para la defecación, y una caseta.

Consideraciones constructivas

Las letrinas ventiladas deben ser instaladas en zonas libres de inundación, mínimo a 15 metros de fuentes de agua superficiales o pozos y a 5 metros del agua subterránea. para evitar que los organismos patógenos contaminen los cuerpos de agua. La orina de la fosa se infiltra a través de las paredes y fondo de la letrina, permitiendo que los organismos patógenos contenidos en las heces migren con ella.

Se excava una fosa de 2 a 3 metros de profundidad que se cubre con una losa y se protege con una caseta con puerta. Ésta, no necesariamente, debe estar recubierta interiormente, aunque si se recomienda construir un brocal en la parte superficial del suelo para colocar la losa la cual debe contar con el hoyo para mueble sanitario. El mueble sanitario puede ser de fabricación doméstica y/o artesanal. Si la puerta de la cabina no llega al piso se favorece el flujo de aire para la ventilación interior. El diámetro del tubo ventila, que puede ser de PVC, botellas PET o de lámina galvanizada debe ser de 10 centímetros y superar 30 centímetros la altura máxima del techo de la cabina. El viento que pasa arriba del techo crea una succión sobre el tubo de ventila, extrayendo el aire de la fosa. Al abrir la tapa del mueble sobre el cual se sientan los usuarios, entra aire a la fosa favoreciendo la ventilación a través del tubo de ventila.

Operación y mantenimiento

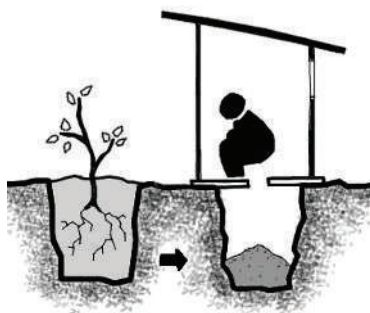
Se requiere una práctica regular de limpieza para mantener la letrina libre de moscas y olores. Las heces y orina en la fosa se acumulan sin ningún manejo, esto representa un ambiente más propicio para el criadero moscas y otros insectos y por ello los usuarios suelen agregar en la fosa cal o ceniza. Cuando el hoyo se encuentre casi lleno será necesario hacer una nueva letrina y clausurar el hoyo anterior agregando primero una capa de cal y luego tierra hasta el nivel del terreno.



4.4.2

SANITARIO COMPOSTERO TIPO SANIHUERTO Y FOSA ALTERNA

- ☐ USA AGUA
- ☒ NO USA AGUA
- ☒ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☐ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☒ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☐ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☐ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL



El sanihuerto (sanitario de huerto) y la fosa alterna son sanitarios composteros móviles para exterior. Estos sanitarios no requieren de agua para su funcionamiento y el costo de fabricación es reducido ya que no se requieren muchos materiales. Son sanitarios cómodos y agradables, no generan malos olores y brindan privacidad. No es difícil aprender a usarlo, pero su adecuado mantenimiento es esencial para el buen funcionamiento, ya sea en un contexto doméstico o de algún espacio comunitario.

Consideraciones constructivas

Estos sanitarios se pueden construir en lugares con un terreno estable, no inundable y donde el manto de agua subterránea supere los 5 metros de profundidad. Para evitar que los organismos patógenos que están contenidos en las heces puedan llegar al manto freático (agua subterránea) o que el sanitario se pueda colapsar por la fragilidad del terreno. No se pueden ubicar cercanos a pozos o en áreas costeras con terrenos arenosos.

Estos sanitarios se componen de una fosa de hasta 1.50 metros de profundidad sin recubrimiento, un brocal de concreto o tabique que delimita la fosa y que sirve de apoyo para colocar encima la losa ligera de concreto o madera, además de la caseta móvil para poder ser cargada por 2 o 3 personas. La losa debe de contar con un agujero de 10 centímetros para colocar un tubo ventila de 3 metros de largo que cuente con una tee o capuchón para evitar que entre agua. La losa también debe de contar con un agujero del tamaño interior de la taza, la cual puede fabricarse localmente ocupando una cubeta de 20 litros sin fondo encajonada en madera para fijar un asiento comercial con tapa.

Sobre esta losa se monta una caseta ligera con techo y una puerta con cerrojo. La caseta que sirve para dar privacidad y proteger del clima se puede fabricar con carrizo, bambú, madera, fierro o una mezcla de estos. Los accesorios al interior incluyen un bote con palita para tierra cernida, un bote de basura para toallas sanitarias y pañales desechables y un porta-rollos. El lavado de manos después de ir al baño es vital para evitar enfermedades gastrointestinales, para lo cual se debe asegurar que haya agua y jabón en algún lugar cerca del sanitario.

Diferencias entre el sanihuerto y la fosa alterna

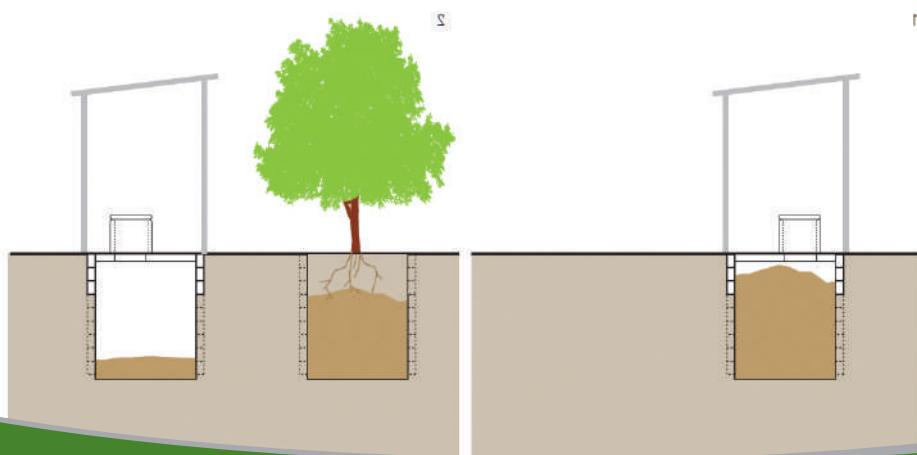
El material que va llenando la fosa (orina, heces, papel, tierra y hojas) es alimento para organismos descomponedores del suelo, los cuales transforman todo el contenido en un excelente abono, al dejar en forma disponible para las plantas muchos nutrientes esenciales para ellas.



Por lo tanto, el sanitario de huerto o **Sanihuerto** es útil para sembrar árboles frutales, ornamentales o forestales. Cuando la fosa está casi llena, se retira el tubo ventila, la caseta, la taza, la losa y el anillo. Después de cubrir con una capa de 30 centímetros de tierra es momento de sembrar un árbol. En otro lugar del predio en donde se quiera sembrar otro árbol se cava otra fosa, y sobre ésta se ensamblan todos los componentes de la cabina nuevamente, para que así, de poco a poco se vaya estableciendo un huerto.

La **fosa alterna** es una opción para cuando no se tiene mucho espacio en el terreno y/o no se quiere mover el sanitario muy lejos del lugar donde se instaló. En este sistema desde un inicio se cavan dos fosas cercanas una a la otra, con por lo menos 50 centímetros de separación entre ellas. Sobre una se colocan los elementos del sanitario, mientras que la otra sólo se deja tapada. Cuando la primera fosa está casi llena, se transfieren todos los componentes del sanitario a la segunda fosa, y a la fosa que está casi llena se le agrega una capa de 30 centímetros de tierra, dejándola en reposo hasta que se llena la segunda fosa. Cuando se llena la segunda fosa, se retira y ocupa el abono de la primera, se vuelve a transferir el sanitario a la primera y así consecutivamente.

Para disminuir riesgos sanitarios hay que procurar que el material de la fosa alterna esté en reposo por un año. Si hay muchos usuarios y la velocidad de llenado no permite esto, se recomienda entonces ubicar desde el inicio tres fosas contiguas, para que una vez que se llene la última fosa, se retire el material de la primera para ocuparlo como abono. El vaciado del contenido de la fosa reposada debe de hacerse con protección personal como guantes, tapabocas, zapato cerrado y ropa de trabajo. El uso del abono siempre será enterrado para evitar que el viento o el agua lo arrastren.



Uso, operación y mantenimiento

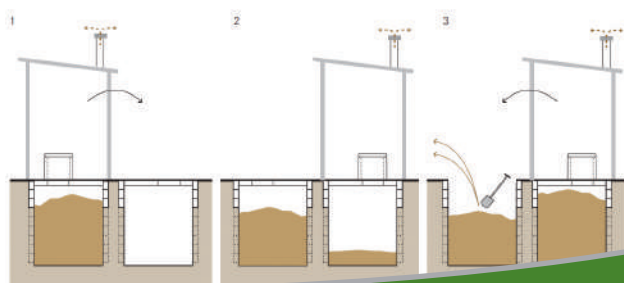
Se estima que una persona aportará cerca de 100 litros al año en volumen de heces y tierra a estos sanitarios composteros, el cual disminuye con la descomposición. Una fosa de 1 metro cúbico de volumen puede dar servicio a 9 personas durante todo 1 año. Para asegurar un adecuado uso y mantenimiento del sanitario, es necesario que el usuario conozca el funcionamiento del sistema, por lo que se sugiere siempre colocar un cartel que gráficamente describa cómo se usa y cuida la instalación. Las siguientes actividades aseguran el buen funcionamiento del sistema.

Cada vez que se usa el sanitario el papel de baño puede tirarse adentro de la fosa. Deben cubrirse bien las heces echándoles una palita de tierra cernida para

evitar que haya olores y cerrar la tapa del asiento de la taza para evitar que haya moscas. Para favorecer el proceso de descomposición en la fosa, la tierra con la que se cubren las heces -que naturalmente contiene microorganismos descomponedores- debe de contener material orgánico seco.

Es importante barrer, trapear y limpiar bien el asiento y la tapa del sanitario al menos una vez a la semana. Con un cepillo con agua o un trapo húmedo se puede limpiar el interior de la taza, pero si se quiere agregar algún producto de limpieza es importante que este no escurra a la fosa, pues afectan a los microorganismos que descomponen la materia orgánica.

Una vez al mes se recomienda remover el contenido de la fosa ocupando un palo largo debidamente etiquetado (lo suficientemente largo para que se pueda introducir por el agujero de la taza y alcance a llegar hasta el fondo de la fosa), procurando que quede uniformemente distribuido para después agregar una cubeta de material vegetal seco y fino. Hacer esto ayuda a que no haya moscas ni olores, pero hay que asegurarse de guardar el palo en un lugar fuera del alcance de los niños. Si una institución patrocinadora promueve la instalación de estos sanitarios, es conveniente que se programen visitas de seguimiento que permitan resolver dudas, ayudar al usuario a resolver dificultades y reforzar la capacitación en el uso y mantenimiento. Para esto es útil apoyarse de una ficha de monitoreo.



4.4.3

SANITARIO COMPOSTERO TIPO CLIVUS MULTRUM

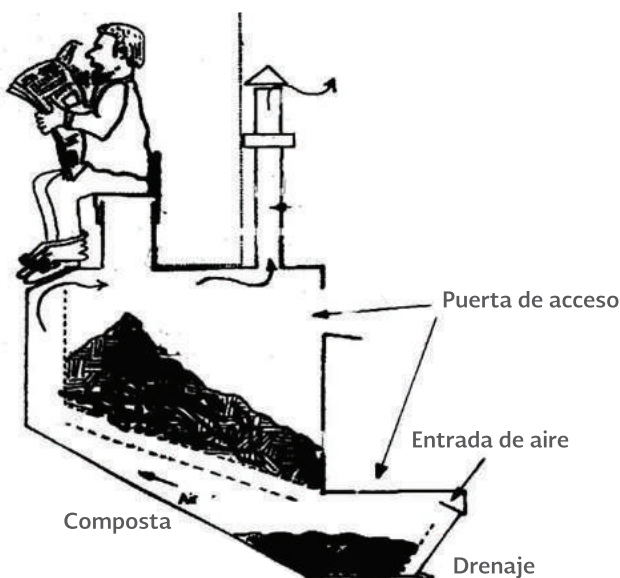
- ☐ USA AGUA
- ☒ NO USA AGUA
- ☒ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☐ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☒ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☒ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☒ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL

Debido a que este sistema sanitario no requiere de agua ni de mucho mantenimiento, suele ocuparse en sitios donde hay mucho flujo de gente, tal como en centros comunitarios, escuelas y parques, aunque también se ocupa para viviendas. La cámara de almacenamiento se diseña para favorecer el proceso de descomposición de la excreta, el papel de baño, el aserrín y los residuos orgánicos en composta, que pueda ser manejada con seguridad. En el proceso de descomposición el volumen de la materia orgánica se reduce de 10 a 30% el primer año, con relación al volumen original. Este proceso es llevado a cabo por bacterias y hongos aerobios los cuales requieren de oxígeno para vivir.

Consideraciones constructivas

Además de la cabina, este sistema sanitario cuenta con cuatro partes: la cámara de almacenamiento/reactor, un sistema de colección de lixiviado y composta producida y una compuerta de acceso para remover y extraer el producto higienizado y una unidad de ventilación para proveer de oxígeno y permitir que los gases escapen.

La cámara de almacenamiento puede construirse sobre la tierra o enterrada, ya sea al interior de la vivienda o como una estructura exterior independiente. Esta cámara cuenta con un área por debajo de la excreta acumulada (sistema de colección de lixiviados y composta) para mejorar la aereación, la infiltración de la orina hacia la parte baja y la acumulación de la composta. El fondo de la cámara es inclinado y cuenta en la parte más baja con una compuerta de acceso, para poder retirar el producto final. Es necesario contar con un dren y un esquema para la disposición final de los lixiviados. Existen diseños que incluyen un tubo ventila con un extractor eléctrico para favorecer más la aereación.



Operación y mantenimiento

Para dar inicio al uso de este sanitario y favorecer un buen proceso de composteo es necesario agregar por la taza, una capa de aserrín y tierra. Se agrega aserrín u otro material rico en carbono para mantener el material acumulado poroso y bien aereado y permitir el paso de la orina a través de él. Una vez al día o incluso después de cada defecación, se le agrega aserrín para absorber el exceso de líquido, mejorar la aereación de la pila y balancear la disponibilidad de carbono. La cámara de almacenamiento requiere de cuidados especiales para su operación, pues la humedad debe controlarse y el volumen de la unidad debe ser tal que la temperatura de la pila de composta se mantenga alta para lograr la reducción de patógenos.

En el paso de la orina a través del material acumulado, se presenta un proceso bioquímico en el cual el nitrógeno presente en ella se transforma a formas químicas más simples, como nitritos o nitratos. La orina transformada es un líquido inocuo que se puede aplicar como fertilizante. Durante el proceso de descomposición, el volumen inicial se reduce tanto que después de 5-10 años permanece solo una pequeña cantidad del producto inicial, en forma de composta. La composta procesada puede removerse



4.4.4

SANITARIO ECOLÓGICO SECO DESVIADOR DE ORINA

- ☐ USA AGUA
- ☒ NO USA AGUA
- ☒ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☒ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☒ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☒ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☒ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL

El sanitario seco desviador de orina ofrece privacidad, seguridad y comodidad, no utiliza agua y permite recuperar los nutrientes contenidos en la orina y las heces para actividades de fertilización y acondicionamiento de suelo. Puede estar en interiores y se pueden construir con materiales locales. Los sanitarios secos desviadores de orina pueden ser parte de cualquier vivienda, pero también se pueden usar en diferentes espacios como escuelas, centros comunitarios, oficinas, parques, proyectos de ecoturismo y otros.

En México, las razones principales para usar el sanitario seco desviador de orina son la escasez de agua y la utilización de los productos como fertilizantes en la agricultura.

Hay muy buenas razones para no mezclar la orina y las heces:

- *la orina es un excelente fertilizante y conviene acopiarla por separado;*
- *el tratamiento de la orina es muy simple;*
- *la orina y las heces requieren tratamientos distintos;*
- *colectar las heces separadamente de la orina reduce el volumen del material potencialmente peligroso a tratar;*
- *separar la orina y desecar las heces reduce los olores.*

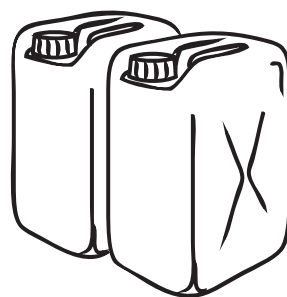
Consideraciones constructivas

Estos sanitarios cuentan en su interior con una taza sanitaria que permite desviar la orina y coleccionar las heces por separado, un mingitorio que no usa agua, un bote con mezcla secante con una palita, bote de basura, papel de baño y un lavamanos. La orina desviada puede infiltrarse o coleccionarse en contenedores plásticos cerrados y las heces más material secante (poposta) pueden coleccionarse en contenedores o, en sanitarios de dos cámaras directamente en ellas. Al construir cámaras bajo el sanitario, generalmente se tiene que acceder a él por medio de escalones.

Cuando se coleccionan las heces en contenedores, que estos no sean mayores a 40 lts, para que no pesen mucho y se facilite el manejo. Los sanitarios con contenedores en el interior deben de ir acompañados de un contenedor externo para la disposición y el almacenamiento de la poposta. Cuando el acopio de poposta se hace en las cámaras, una vez que se llena la primera el usuario debe mover la taza desviadora a la siguiente cámara y cuando se llena ésta, deberá vaciar la primera cámara y volver a transferir la taza.



El tamaño del contenedor externo o el de las cámaras se calcula considerando el volumen que se genera por día en la familia y el tiempo de reposo recomendado para la disminución de riesgos sanitarios en el material. Se estima que un adulto excreta de 400-500 litros de orina y 50 litros de heces por año, que con la adición de mezcla secante se convierten en 100 litros de poposta por adulto por año.



Acopio y manejo de orina

La orina es un excelente fertilizante por sus altos contenidos en Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), los cuales son los principales macronutrientes que ayudan al crecimiento de la planta y que se encuentran en la orina en formas químicas asimilables por las plantas y en todos los fertilizantes químicos. Para ocuparla como fertilizante renovable, la orina se acopia en contenedores plásticos, generalmente en garrafas de 20 litros.

Acopio y manejo de heces

Las heces de estos sanitarios se encuentran mezcladas con el material secante: tierra, ceniza, aserrín u otros a lo que denominaremos “poposta”. La poposta acopiada es un excelente acondicionador de suelo y mejorador de la fertilidad del mismo.

El manejo de heces o poposta siempre se considera riesgoso, ya que las heces arrastran muchos de los organismos que se encuentran en nuestro sistema digestivo y entre ellos organismos patógenos que causan enfermedades gastrointestinales. Por lo anterior en el manejo y reutilización de poposta se debe de usar protección personal, como guantes, tapabocas o pañuelo, zapatos cerrados, ropa de trabajo, herramienta destinada solo al manejo de poposta o bien el lavado de ella después del uso y utilizar siempre el material enterrado. Para ello consultar los lineamientos de uso de excretas de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Existen diferentes tratamientos para disminuir los riesgos a la salud asociados al manejo y utilización. La deshidratación acompañada de tiempo de reposo: en lugares con temperaturas promedio menores a 20°C, el tiempo de reposo es de 18-24 meses y para lugares con temperaturas promedio mayores a los 20°C, reposar la poposta por 12 meses. El aumento de alcalinidad a pH de 9 a 10 requiere de 6 meses y someter la poposta a temperaturas arriba de 50°C por una semana. trabajo, además de lavar con jabón los implementos que se utilizaron para la actividad.



Operación y mantenimiento



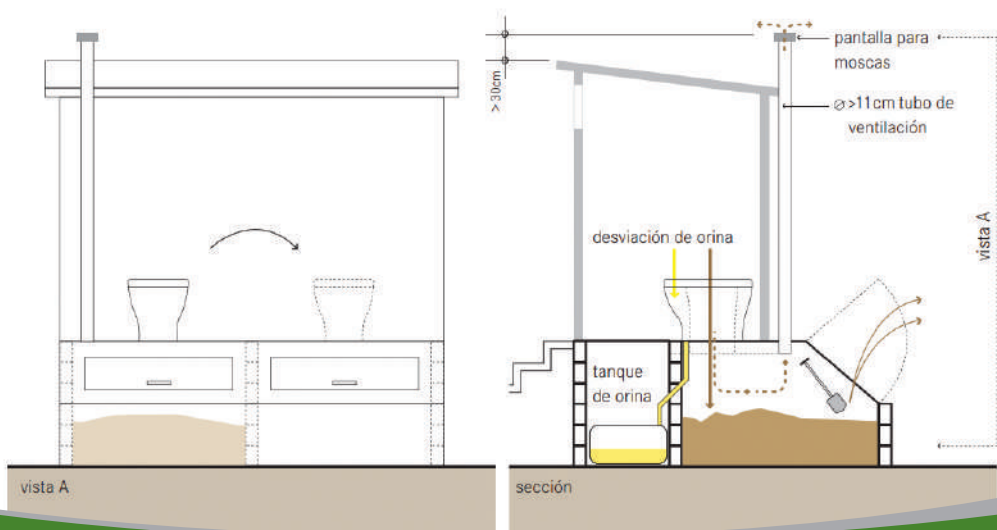
La operación y mantenimiento del sanitario debe de ir acompañada de capacitación en el funcionamiento, uso y mantenimiento del sistema. El desconocimiento en el uso o un mal manejo puede ser motivo de abandono del sanitario. Como apoyo a la capacitación y monitoreo del sistema se sugiere la entrega de material informativo como manuales, un poster de uso y mantenimiento y fichas de monitoreo.

Cada vez que se utilice el sanitario para orinar, se recomienda drenar el mueble (taza y mingitorio) con un chorrito de agua y para evitar la acumulación de olores en los conductos, los pipiductos, drenarlos con agua caliente una vez al mes. La orina acopiada debe de ser almacenada en lugar fresco y a la sombra.

Después de cada defecación, es necesario cubrir las heces con mezcla secante. Esto reduce olores, acelera la deshidratación y ayuda a eliminar microbios. La mezcla secante se puede preparar con diferentes materiales cernidos, tierra, aserrín, ceniza, hojas. Se recomienda hacerlo con anticipación para que siempre tengamos en nuestro sanitario. Para la temporada de lluvias prever suficiente mezcla secante y evitar que se moje.

Como en cualquier sanitario, la limpieza adecuada y constante es de suma importancia. El aseo de los muebles puede hacerse con vinagre blanco aplicado con un trapo humedecido y utilizar el principio de limpiar de lo más limpio a lo más sucio.

El usuario debe asegurarse que no debe haber fugas de orina del pipiducto hacia las heces; en casos de diarrea, agregar más mezcla deshidratante.



4.5. Sistemas de saneamiento de agua

En ciudades y pequeñas localidades donde el número de pobladores y viviendas es considerable, un sistema de recolección de las aguas residuales puede hacerse necesario. Lo ideal es que esto se planifique y se tome en cuenta futuros usuarios, para que el crecimiento urbano sea ordenado. Es así que el alcantarillado con ramales es el sistema principal que se usa para recolectar y transportar las aguas residuales de los desagües domésticos hacia un sistema de tratamiento antes de su disposición final en un cuerpo de agua o alguna actividad agrícola.



Mientras más se promuevan los enfoques de tratamiento descentralizado de aguas residuales, será más factible que estos operen a largo plazo. En vez de pensar en una serie de sistemas técnicos, este enfoque opta por:

- la simplificación de procesos, tecnología, operación y mantenimiento
- la descentralización de responsabilidades, tecnología y capacidades
- el reciclaje y la conservación de recursos- agua, nutrientes y energía

Debido a la escala y complejidad de estos sistemas de saneamiento, se ha omitido abordar con mayor profundidad este amplio tema en el libreto.

En comunidades libres de drenaje pero con acceso no restringido a agua, es común que los usuarios opten por sanitarios húmedos. En estos casos, los usuarios pueden optar por una unidad sanitaria con diversas opciones para el manejo in-situ del agua residual, como por ejemplo con fosa séptica construida o prefabricada y campo de oxidación.

Siempre será recomendable hacer un manejo diferenciado de las aguas negras y las aguas jabonosas. Como dato de referencia, del consumo total del agua ocupada en la casa, entre 30-40% se ocupa para “bajarle a la palanca” generando aguas negras, y la demás agua usada se convierte en aguas jabonosas. En lugares donde hay poca disponibilidad de agua, hay una cultura generalizada de tratar de darles un segundo uso para actividades de aseo o riego.

Es importante tratar de reutilizar las aguas grises por diversos motivos:

- Salud pública: evita la contaminación en traspatios, calles, barrancas y fuentes de agua
- Medio ambiente: protege la contaminación de fuentes de agua y evita la eutrofización
- Evita el mal olor, por lo que mejora el ambiente de la casa
- Fertiliza el suelo: las aguas grises aportan el N, P y K para fertilizar las plantas
- Ahorra agua para regar las plantas

4.5.1

MANEJO DE AGUAS JABONOSAS

- ☒ USA AGUA
- ☐ NO USA AGUA
- ☒ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☐ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☐ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☐ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☒ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL

Las aguas grises o jabonosas se generan en las actividades cotidianas de aseo personal y del hogar; son aguas que provienen únicamente de lavabos, fregaderos, lavaderos, regaderas y lavadoras.

Normalmente, estas aguas no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como las aguas negras, pero sí contienen cantidades significativas de nutrientes, materia orgánica y bacterias. Por lo tanto, si no se manejan adecuadamente y se estancan, tienen efectos nocivos como riesgos a la salud, contaminación del medio ambiente y mal olor. Aunque se requiere de un diseño técnico para estar bien calculado, al instalar un sistema de manejo de aguas jabonosas se contribuye a ahorrar agua al reutilizarla, da más vida a un patio o jardín.

Hay varias maneras de tratar las aguas jabonosas en el hogar. La elección del sistema depende de las condiciones del terreno (desniveles, tipo de suelo) y de cómo se pretende reutilizar el agua. Esta ficha técnica aborda el filtro-jardinera, también conocido como biofiltro o humedal artificial.

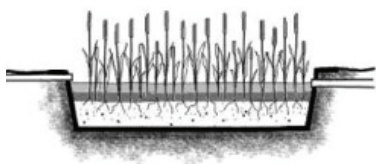
Consideraciones constructivas

El filtro jardinera es un pequeño humedal con plantas de pantano que permite la reutilización del agua tratada para riego. El agua jabonosa que se genera en una vivienda o en una cocina comunitaria se puede tratar canalizándola hacia una jardinera impermeable de máximo 60 centímetros de profundidad que cuenta con una o varias secciones rellenas con grava o tezontle, donde se siembran plantas de pantano. La función del material de relleno es atrapar los sólidos y proveer la superficie necesaria para que se forme una capa delgada de microorganismos que actúan de manera selectiva, contribuyendo al tratamiento del agua. Por su parte, las plantas de pantano se nutren de los detergentes y la materia orgánica, a través de sus raíces oxigenan el agua.

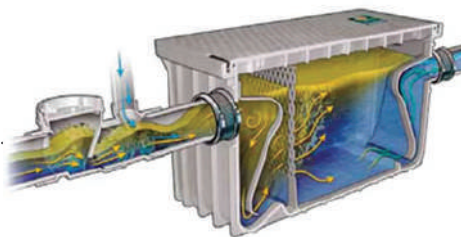
El criterio principal de diseño del filtro-jardinera es el tiempo de retención del agua gris a tratar. Es decir, las horas que el agua tarda en pasar por el material filtrante. Entre mayor sea el tiempo de retención, mayor será el tratamiento. Con este sistema se puede llegar a rescatar hasta un 70% del agua jabonosa inicial para su reutilización en riego, pues parte se pierde por la evapotranspiración y por el propio consumo de las plantas.

Operación y mantenimiento

Todo sistema de manejo de aguas jabonosas siempre debe contar con medidas de control desde la fuente de su generación, iniciando por optimizar el uso de productos de limpieza, evitar la descarga de sustancias



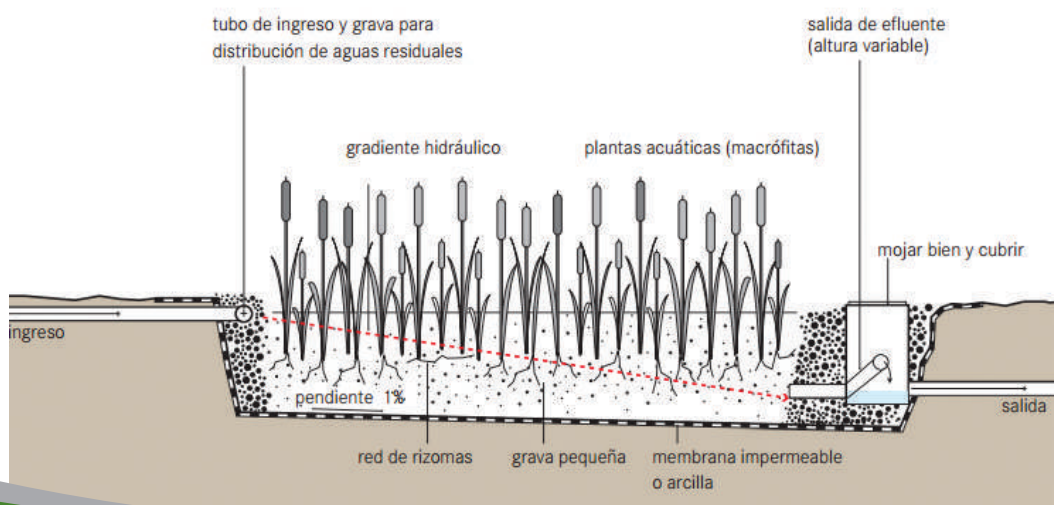
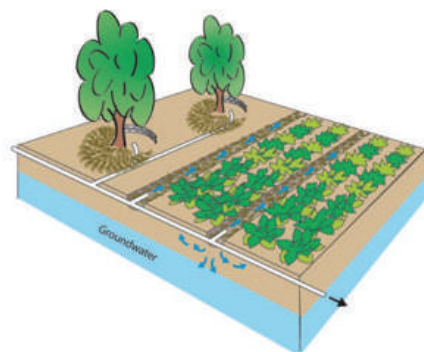
problemáticas como aceite, cloro o solventes y sustituir productos por unos ambientalmente amigables o biodegradables. Además tratándose de un lavadero por ejemplo, este debe contar con una coladera para evitar que los sólidos suspendidos (restos de comida, cabello, fibras textiles, etc.) obstaculicen la tubería de descarga. Para el agua que proviene del lavado de trastes es recomendable que exista una trampa de sólidos (para evitar la obstrucción por acumulación de sólidos) como una coladera e incluso una trampa de grasas como pre-tratamiento. Las trampas de grasa pueden construirse localmente, o bien pueden adquirirse en ferreterías especializadas. Para garantizar el buen funcionamiento de la trampa de grasas es conveniente remover la nata de grasa al menos una vez al mes utilizando una coladera. La nata se puede enterrar o incorporar a la composta. Los sólidos acumulados se deben remover cada dos o tres meses y también pueden integrarse a la composta o enterrarse.



El mantenimiento del filtro consiste en podar las plantas cuando se requiera y, en caso de que no haya suficiente producción de agua, regarlas.. Cambiar material filtrante saturado con material nuevo cuando se observe que el agua desborda por la parte superior del filtro. Evitar productos de limpieza utilizados en el hogar (cloro y jabones no biodegradables), nocivos para las plantas.

Zanjas de infiltración y filtros de acolchado

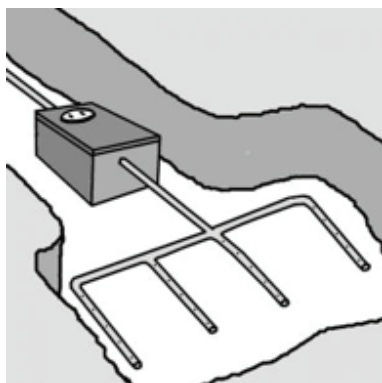
Cuando el presupuesto es limitado o cuando se tiene el deseo de irrigar plantas existentes, las aguas grises también pueden ser infiltradas mediante mangueras o tuberías a zanjas o a diversos puntos específicos del jardín. El área de infiltración la determina los litros de agua a infiltrar y la capacidad de absorción del tipo de suelo.



4.5.2

FOSA SÉPTICA CON CAMPO DE OXIDACIÓN

- ☒ USA AGUA
- ☐ NO USA AGUA
- ☐ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☐ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☐ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☒ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☒ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL



La fosa séptica es la unidad de tratamiento de aguas residuales más comúnmente usada para sanitarios de agua domésticos y escolares, y básicamente es un tanque de sedimentación de forma rectangular o cilíndrica. Los procesos de sedimentación y anaerobios reducen los sólidos y los orgánicos, pero el tratamiento es moderado, por lo que el efluente se infiltra al suelo o se descarga al drenaje para recibir su tratamiento final en una planta de aguas negras. El lodo que se va acumulando necesita retirarse regularmente de la cámara y su disposición final debe ser adecuada.

Las fosas sépticas se ocupan para tratar agua residual con alto contenido de sólidos sedimentables. El líquido fluye a través del tanque y las partículas pesadas se hunden mientras que las grasas flotan en la superficie. Mientras pasa el tiempo los sólidos que se sedimentan se degradan anaeróbicamente. Sin embargo, el rango de acumulación es más rápido que el grado de descomposición, por lo que los lodos y las grasas deben removerse periódicamente. El efluente de la fosa séptica debe dispersarse ocupando un pozo de infiltración o un campo de oxidación, o bien descargarse en el drenaje. Para lograr un tratamiento secundario se recomienda contar con un biofiltro. El lodo acumulado puede deshidratarse para su incorporación al suelo y aplicarse como un nutriente para su acondicionamiento.

Consideraciones constructivas

La fosa séptica debe tener al menos dos cámaras construidas de concreto armado o tabiques repellados, o bien ocupar una fosa séptica prefabricada de PVC o fibra de vidrio, aunque estas suelen ser más costosas. La dimensión de la primera cámara debe ser de al menos 50% del total de su longitud, pero cuando solamente cuenta con dos cámaras, la primera debe ser 2/3 partes de su longitud total. El baffle separador entre las cámaras previenen que la espuma, grasa suspendida y los sólidos sedimentados se escapen con el efluente. Transcurrido el tiempo, las bacterias anaerobias y los microorganismos comienzan a digerir los sólidos sedimentados transformándolos en dióxido de carbono y biogás, por lo que es necesario que cuente con un tubo ventila. Es necesario que cada cámara cuente con registros de inspección para su mantenimiento. El diseño de la fosa séptica depende del número de usuarios y el consumo estimado de agua por persona, la frecuencia de remoción de los sólidos y las características del agua residual.

Normalmente las cámaras tienen la misma profundidad (entre 1.2 a 2.5 metros), siendo indispensable que el

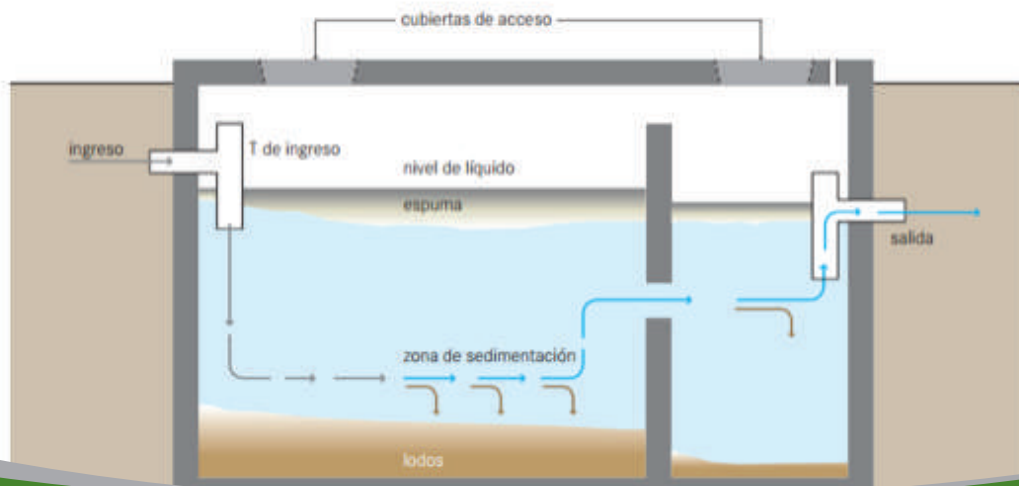
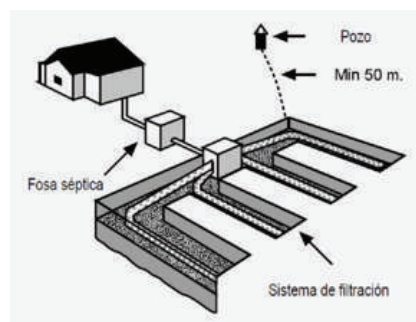
tiempo de retención sea mayor a 48 horas para lograr un tratamiento moderado.

Existen varias empresas en México que se dedican a su comercialización e instalación. Los costos para su construcción son relativamente más caros que los sanitarios composteros o desviadores de orina por lo que no suelen ser accesibles para personas de bajos ingresos, además que necesita asegurarse contar con suficiente agua para drenar los excusados.

Operación y mantenimiento

Para echar a andar una fosa séptica se acostumbra “sembrarle bacterias” para asegurar que existan microorganismos necesarios responsables de la digestión anaerobia. Debido a la delicada ecología en su interior, debe cuidarse no echar químicos fuertes a la fosa. La remoción de los sólidos debe realizarse cuando 2/3 partes de su altura sea ocupada, pues de lo contrario el agua que ingresa simplemente pasa a través del tanque en vez de permanecer el tiempo de retención que requiere. Generalmente las fosas sépticas deben vaciarse por medios mecánicos cada 2 a 5 por proveedores que brindan este servicio.

El campo de oxidación es una red de tubería perforada que se coloca bajo tierra sobre zanjas de grava para facilitar la dispersión del efluente, permitiendo su absorción al suelo; esta es una estrategia adecuada cuando no se tenga la intención de reutilizar el agua del tratamiento primario, en cuyo caso es recomendable que pase por un biofiltro o humedal artificial construido. Las zanjas de infiltración pueden variar entre 30-90 centímetros de profundidad y de 30 a 60 centímetros de ancho y hasta 20 metros de largo, teniéndose que rellenar con grava limpia sobre la cual se coloca la tubería perforada (15 centímetros bajo el nivel de tierra) y una capa adicional de grava.

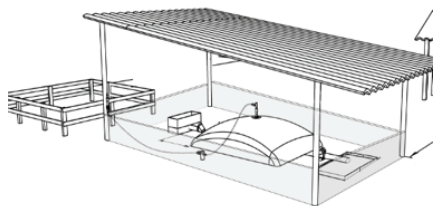


MANEJO DE EXCREMENTO ANIMAL CON BIODIGESTOR

- ☒ USA AGUA
- ☐ NO USA AGUA
- ☒ SE REUTILIZAN LOS NUTRIENTES
- ☐ ADECUADO PARA ZONAS INUNDABLES
- ☒ FAVORABLE PARA REFORESTACIÓN
- ☐ INTEGRARLO DENTRO DE UNA CASA
- ☐ ZONA URBANA
- ☒ ZONA RURAL

Este sistema de tamaño variable es ideal para contener herméticamente y tratar diariamente el estiércol -diluido con agua- de una granja, al cual también se le puede descargar aguas negras y residuos orgánicos. Dentro del biodigestor se produce biogás rico en metano para ocuparse en un generador, un boiler para calentar agua o una estufa, además de un fertilizante llamado biol que puede incrementar la productividad en los cultivos y mejorar el suelo. Existen biodigestores prefabricados modulares con una variedad de tamaños que están diseñados para granjas pecuarias.

Usando bacterias que se encuentran de forma natural en este reactor anaeróbico, se alcanzan temperaturas internas cálidas y un tiempo de retención entre 30 a 60 días, logrando así la destrucción de patógenos hasta en un 90% y descomponiendo los desechos orgánicos hasta en un 80%. Los desechos son transformados a un efluente reducido en olor que puede utilizarse como fertilizante mejorador de suelos o enviarse de manera segura a una fosa de filtración.

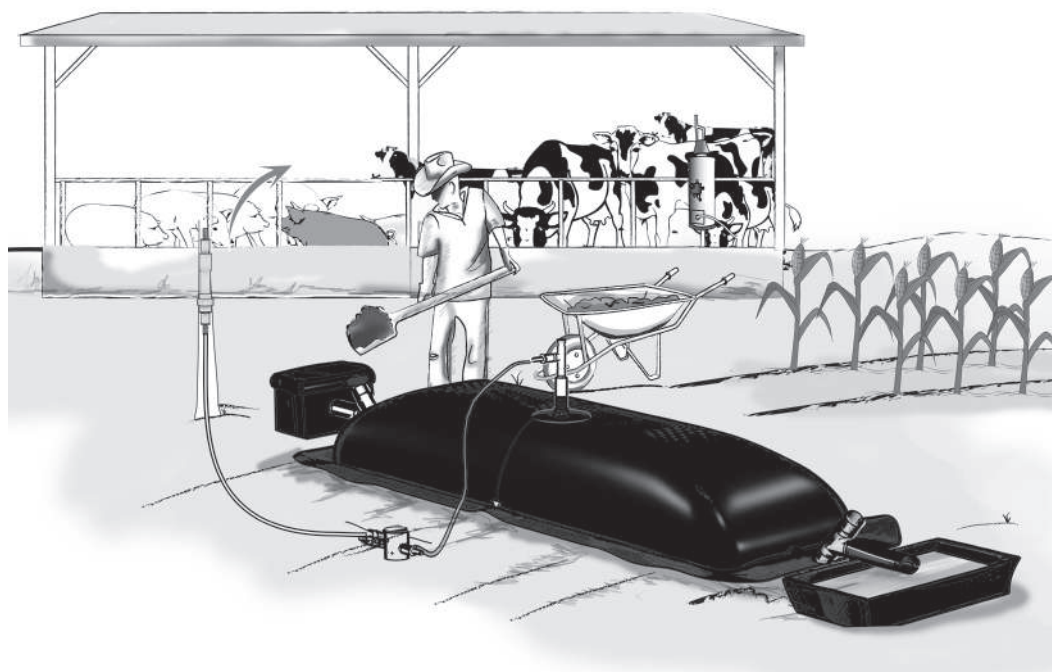


Consideraciones constructivas

El filtro jardinera es un pequeño humedal con plantas de Cuando se desee mejorar el entorno donde se acumule suficiente estiércol animal para su recolección (corrales, chiqueros, zona de ordeña, etc.), la instalación de un biodigestor es una excelente opción. El reactor puede construirse con la técnica de ferrocemento o bien fabricarse con una geomembrana linear de baja densidad, permitiendo arreglos para su ubicación en función de la necesidad y las características del lugar. Para protegerlo adecuadamente es mejor que cuente con un cerco perimetral y un techo que lo proteja contra las inclemencias del tiempo.

El sistema cuenta con un registro de alimentación, un tubo de entrada al reactor donde se realiza la digestión anaeróbica que requiere de lodos producidos por agua y estiércol. El biodigestor cuenta con sellos de agua que mantiene el nivel de los lodos en su interior, además de una salida para el biogás (incluyendo una válvula de alivio de presión y una línea de conducción hasta los puntos para su uso) y otra para el biol, que drena diariamente a un registro para su almacenamiento y posterior uso como fertilizante.

Existen casos donde también las aguas residuales de un sanitario de agua también son descargadas para su tratamiento en el reactor anaeróbico.



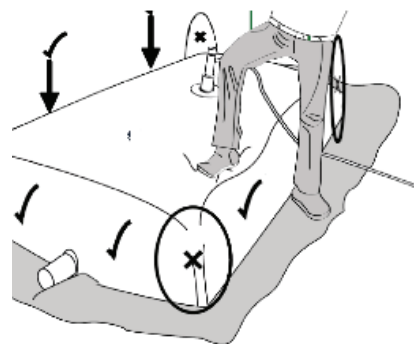
Operación y mantenimiento

La alimentación diaria puede hacerse recogiendo el estiércol con pala en carretilla o cubetas para descargarlo en el registro de entrada, o bien a través de un drenaje. Por cada cubeta de estiércol ovino o porcino, se ocupan 5 cubetas de agua, en tanto el estiércol bovino requiere de 3 cubetas de agua por cada cubeta de estiércol.

Para que las bacterias puedan trabajar mejor en la descomposición microbiológica del estiércol, así como para evitar que se acumulen grumos o nata dentro del reactor, conviene agitarlo diariamente por no más de un minuto por las mañanas o en la noche y únicamente cuando el reactor tenga muy poco o nada de gas.



Dado que el biogás no tiene riesgo de explosión pues se almacena a baja presión en reservorios, este se puede ocupar en la cocina y para calentadores de agua. Existen diferentes accesorios para adaptar el tamaño de conexiones de los equipos tradicionales para gas LP y así para poderlo usar en un calentador y en una estufa de gas tradicional.



El biol es un producto de la digestión anaeróbica dentro del reactor que contiene más de 90% de agua y nutrientes fácilmente digeribles para las plantas. Puede aplicarse directamente al suelo o aplicarse como afluente en su forma de abono líquido, para lo cual existen dosis recomendadas para cada tipo de cultivo.

5. CUIDADO DE SISTEMAS DE AGUA Y SANEAMIENTO

5.1 Criterios para monitorear, evaluar y dar seguimiento

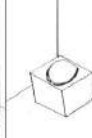
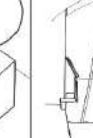
El monitoreo es un proceso continuo para recolectar y analizar información para comparar que tan bien un proyecto, programa o política se está implementando contra los resultados esperados. Su meta es brindar a los promotores, gestores e interactores clave una retroalimentación regular e indicadores de avances necesarios para el cumplimiento de los resultados esperados.



Generalmente involucra la recolección de procesos de implementación, estrategias y resultados, y recomendaciones para medidas correctivas. Sin embargo, cada vez más se enfatiza el uso de enfoques participativos hacia el desarrollo, para lo cual es necesario involucrar a los beneficiarios primarios como participantes activos y ofrecer nuevos modos de diagnosticar y enseñar...

El seguimiento a un proyecto, al uso y mantenimiento de un sistema o a una actividad se refiere a la realización de visitas de acompañamiento que se hagan al mismo. Durante estas visitas se puede apuntalar y/o corregir algunos aspectos del proyecto, reforzar la capacitación, y resolver dudas y obstáculos, de tal manera que se consoliden aspectos que favorecerán la adopción del proyecto o el sistema. Cuando un promotor acompaña al usuario de un sistema, y apoya explicando cómo resolver los obstáculos, da como resultado un mayor éxito en la adopción.

Durante las visitas de seguimiento es importante registrar los avances, los obstáculos, los retrocesos, para que de esta manera se valore lo que es necesario reforzar o corregir. Se pueden valorar aspectos cualitativos y/o cuantitativos; utilizando hojas de registro que permitan registrar, analizar y evaluar más fácilmente la información. Para los registros sistemáticos se determinan los criterios o características que puedan ser relevantes para monitorear, por ejemplo la satisfacción del usuario o el cumplimiento de los objetivos propuestos.

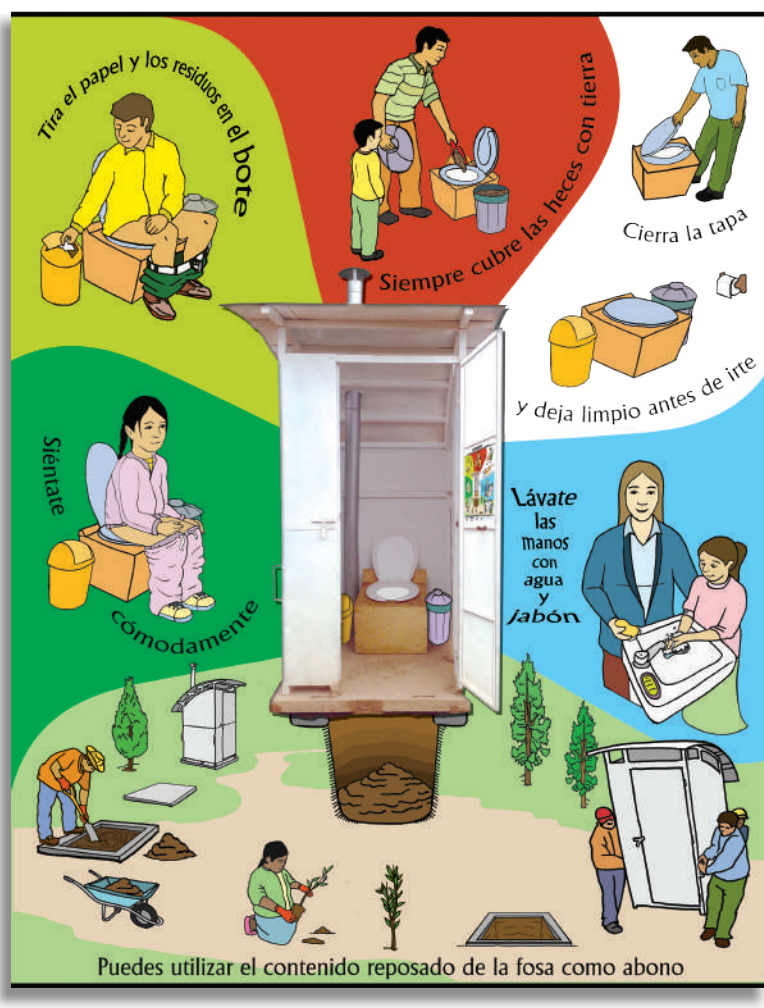
FICHA DE SEGUIMIENTO EN USO Y MONITOREO DE SANITARIO COMPOSTERO TIPO FOSA ALTERNA										 	
LOCALIDAD				ESCUELA						PROGRAMA SWASH+ OAXACA - MÉXICO	
FECHA DE VISITA	BAÑO LIMPIO	TAZA Y TAPA LIMPIAS	TAPA CERRADA	NO HAY MOSCAS	NO HAY MAL OLOR	HAY BOTE DE BASURA	HAY BOTE CON TIERRA	REMOCIÓN DEL CONO	HOJAS SECAS SE AGREGAN	AGUA Y JABÓN	TOTAL
											
											

Como ejemplo de una ficha de control de uso y mantenimiento de un sistema de captación de agua de lluvia, se valorará: limpieza de la cisterna antes del inicio de la temporada de lluvias, limpieza de las canaletas y de las mallas que atajan sólidos, conexión de las tuberías, cerrado de la cisterna, etc. Para evaluar un sistema sanitario: la limpieza del sanitario, la presencia de olor, de moscas, mantenimiento del sistema en general, satisfacción del usuario, u otros. El buen funcionamiento de un sistema y la satisfacción del usuario, ayudan a la apropiación del mismo. Se recomienda que quien avalúe siempre sea la misma persona, ya que la evaluación depende de la apreciación de cada quien y si se tienen muchos evaluadores, el análisis no podrá ser confiable.

5.2 Materiales informativos para el uso adecuado de ecotecnología

Además de capacitar al usuario en el uso y mantenimiento de sus sistemas de agua y saneamiento, se recomienda apoyarlo con instructivos y carteles que expliquen los detalles sobre el correcto uso y mantenimiento. Los carteles con dibujos en el que se refleje el usuario son de gran utilidad ya que no requieren de saber leer o escribir.

MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO DE SANIHUERTO Y FOSA ALTERNA



MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO SECO DESVIADOR DE ORINA EN UNA CÁMARA



5.3 Ejemplo de carta compromiso

LOGO-S/NOMBRE DE INSTANCIA EJECUTORA
NOMBRE DEL PROYECTO Y VIGENCIA

CARTA COMPROMISO

FECHA
LOCALIDAD, MUNICIPIO, ESTADO

En el marco de este proyecto/programa, yo, NOMBRE COMPLETO, con DIRECCIÓN, manifiesto que me comprometo a participar en las actividades de CAPACITACIÓN, EN LOS TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN Y EN ASEGURAR EL BUEN USO Y MANTENIMIENTO de NOMBRE DEL SISTEMA O SISTEMAS INSTALADOS así como de su funcionamiento el cual será instalado en mi casa. Como beneficiario/beneficiaria del proyecto, estoy dispuesto a atender a personal del proyecto que realicen visitas de seguimiento y monitoreo, así como a mostrar y explicar el/los sistemas a otros interesados.

<u>NOMBRE BENEFICIARIO</u>	<u>NOMBRE REPRESENTANTE</u> <u>INSTANCIA EJECUTORA</u>	<u>NOMBRE TESTIGO /</u> <u>AUTORIDAD</u>
FIRMA	FIRMA	FIRMA

6. GLOSARIO

Agua potable: agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades nacionales, en el país aplica la Norma Oficial Mexicana NOM- 001-CONAGUA-2011.

Cobertura de agua potable: Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares que cuenta con agua entubada dentro de la vivienda, dentro del terreno o de una llave pública o hidrante.
Cobertura de alcantarillado Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares, cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado, a una fosa séptica, a un río, lago o mar, o a una barranca o grieta.

Eutrificación: acumulación de residuos orgánicos /nutrientes en un sistema acuático que causa la proliferación de ciertas algas provocando un enturbiamiento que impide que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema haciendo imposible la producción de oxígeno libre, alterando radicalmente el ambiente terminando por convertir al cuerpo de agua en tierra firme.

Gastrointestinal: se refiere al sistema digestivo, estómago e intestinos.

Gestión Integrada de Recursos Hídricos: proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas.

Higiene: conjunto de conocimientos y técnicas que aplican los individuos para el control de los factores que ejercen o pueden ejercer efectos nocivos sobre su salud. La higiene personal es el concepto básico del aseo, de la limpieza y del cuidado del cuerpo humano.

Huella ecológica: indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta, relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. El objetivo fundamental de calcular la huella ecológica consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y compararlo con la biocapacidad del planeta.

In-situ: en el lugar, en el sitio.

Macronutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), los elementos que absorbe en mayor cantidad la planta.

Organismos patógenos: se refiere a organismos del grupo de los virus, las bacterias y los hongos que se alojan en otro y causan enfermedad o daño en el hospedero.

Organismos descomponedores son organismos principalmente bacterias y hongos que digieren la materia orgánica y se alimentan de ella, provocando así su descomposición a formas químicas más simples y asimilables por las plantas.

Predio: Terreno con el que se cuenta. Sinónimos: lote, terreno, inmueble, parcela.

Sistema de saneamiento: abarca a los usuarios del sistema, la recolección, transporte, tratamiento y manejo de los productos finales de las excretas humanas, aguas grises, residuos sólidos, aguas residuales industriales y escurrimientos pluviales.

Ventilación pasiva se refiere a la ventilación que se lleva a cabo sin necesidad de forzarla a través del uso de energía eléctrica. En un tubo de ventila que se calienta al sol, el aire en el interior se calienta, con el calor se vuelve más ligero y tiende a subir, extrayendo el aire de la parte baja.

7. BIBLIOGRAFÍA & LIGAS DE INTERÉS

Albuquerque, C. “Derechos Hacia al Final: Buenas prácticas en la realización de los derechos al agua y al saneamiento”. ONU, 2012

Alianza por el Saneamiento Sostenible

<http://www.susana.org/es/sobre/saneamiento-sostenible>

Allen, L. “Manual de diseño para manejo de aguas grises para riego exterior”.

Greywater Action, EUA, 2015.

<http://www.greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>

Castro, R., Pérez, R. “Saneamiento rural y salud: Guía para acciones a nivel local.

Guatemala”. Organización Panamericana de Salud, 2009.

<http://www.ops.org.bo/textocompleto/isa30732.pdf>

Conant J., Fadem, P. “Guía Comunitaria para la Salud Ambiental”. Fundación

Hesperian, 2011.

Conradin, K., Kropac, M., Spuhler, D. “The SSWM Toolbox”. Seecon international gmbh. Suiza, 2010.

<http://www.sswm.info>

Córdoba R., M. “Tecnologías apropiadas en materia de agua para comunidades rurales marginadas”. HC-0903.1 IMTA, México, 2009.

Fundación AVINA. “Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades para Juntas de Agua”.

<http://www.avina.net/esp/nota/modulos/>

García, M., Ed. “Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico”.

Organización Panamericana de Salud, 2000.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/tecnologias/tecnologias.pdf?ua=1>

Garduño, F., Bulnes, M. “Manual de uso y mantenimiento de sanihuerto y fosa alterna” y “Manual de uso y mantenimiento de sanitario seco desviador de orina”. Sarar Transformación, México, 2011.

<http://www.susana.org/en/resources/library/details/1288>

<http://www.susana.org/en/resources/library/details/1289>

López R., E., Murillo L., D.; Martínez, J., Chávez H., P. “Alternativas viables para la provisión de servicios básicos en áreas periurbanas. Lecciones desde Xochimilco, Cd. México. IMTA, México, 2015.

https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/alternativas-viables/

López R., E., et al. “Verificación de la sostenibilidad de los servicios proporcionados dentro del marco del Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales durante el periodo 2008-2011”. IMTA, México, 2013.

<http://172.16.2.76:8080/cenca-repositorio/handle/123456789/788>

Martínez R., J. "Directrices, lineamientos y guía metodológica para la evaluación de la adopción social de ecotecnias en localidades marginadas menores a 2,500 habitantes". IMTA, México, 2014.

Martínez R., J., López R., E., López M., R. "Metodología de evaluación de tecnologías apropiadas". CP-1315.1. IMTA, México, 2013.

Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable, Tercera edición. Suiza, 2006.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf

Ortiz M., J., Masera C., O., Fuentes G., A. "La ecotecnología en México". Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. México, 2014.
<http://www.ecotec.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/La-Ecotecnologia-en-Mexico-ENE-2015-BR.pdf>

Rivero B., M. et al. "Manuales de instalación de tecnologías apropiadas en materia de agua para vivienda rural". IMTA, México, 2008.

Rivero B., M., Guajardo P. E., Córdova R., M., "Seguimiento al proceso de apropiación de tecnologías apropiadas". HC-0810.7. IMTA, México, 2008.

Romero P., R., et al. "Asistencia técnica para la introducción de tecnologías apropiadas de saneamiento en la operación del programa Hábitat-Sedesol de la Secretaría de Desarrollo Social, informe parcial". CP-1126.7. IMTA, México, 2013.
<http://172.16.2.76:8080/cenca-repositorio/handle/123456789/781>

Sawyer, R., Wood, S., Simpson-Hébert, M. "Guía paso a paso para el PHAST: un enfoque de participación para el control de enfermedades diarreicas". Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1999.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69613/1/WHO_EOS_98.3_spa.pdf

Schonning, C., Axel, T. "Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de las Heces en Sistemas de Saneamiento Ecológico". Programa EcoSanRes, Suecia, 2004.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Uso_Orina_Heces_Ecosan_2004-1.pdf

Sistema Biobolsa. "Manual de usuario: uso y mantenimiento del biodigestor". México, 2014.
<http://www.sistemabiobolsa.com/pdf/manualDeUsuarioEspanol2015.pdf>

Tilley, E. et al. "Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento". EAWAG SANDEC, Suiza, 2011.
http://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/esp/CLUES/Compendium_Spanish_pdfs/compendio_sp.pdf



DR. FELIPE I. ARREGUÍN CORTÉS

Director General del IMTA

MTRO. JORGE A. HIDALGO TOLEDO

Coordinador de Comunicación, Participación e Información

DR. RAFAEL VAL SEGURA

Subcoordinador de Educación y Cultura del Agua
rval@tlaloc.imta.mx

DR. ALEJANDRO SAINZ ZAMORA

Especialista en Hidráulica
asainz@tlaloc.imta.mx

MTRO. JOAQUÍN FLORES RAMÍREZ

Especialista en Hidráulica
jflores@tlaloc.imta.mx

C. FERNANDO LEYVA CALVILLO

Especialista en Hidráulica
fleyva@tlaloc.imta.mx

MTRO. MARIO BUENFIL RODRÍGUEZ

Especialista en Hidráulica
mbuenfil@tlaloc.imta.mx