

ESCUELAS AZULES

Vinculando el Agua, Saneamiento e Higiene (WASH)
con la educación y las prácticas ambientales en las escuelas

CATÁLOGO DE TECNOLOGÍAS



AUTORES

Lucie Leclert (Caritas Suiza)
Daya Moser (HELVETAS Swiss Intercooperation)
John Brogan (Terre des hommes)
Adeline Mertenat (Eawag-Sandec)
Jane Harrison (Consultora, PITCHAfrica)

CONTRIBUCIONES

Caritas Suiza: Augustine Baroi (Bangladesh), Abatneh Biazen (Etiopia), James Ndenga (Kenia), Catherine Wanjihia (Kenia), Beverly Mademba (Kenia), Girum Girma (Etiopía)

HELVETAS Swiss Intercooperation: Madan Bhatta (Nepal), Monique Gbaguidi (Benín), Heritiana Rakotomalala (Madagascar), Valerie Cavin (Suiza), Agnes Montangero (Suiza)

Terre des hommes: Shahid Kamal (Bangladesh), Daniel Varadi (Suiza)

Eawag: Regula Meierhofer, Fabian Suter, Vasco Schelbert, Christoph Lüthi, Christian Zurbrugg (Suiza)

COOPI: Duessa Negera (Etiopía)

Alianza Internacional para la Gestión de Agua de Lluvia (IRHA): Marc Sylvestre, Han Heijnen (Suiza)

Sociedad de la Cruz Roja de Nepal/Cruz Roja Suiza: Raj Kumar Kshetri (Nepal)

Traducción: Vera Winkelried (Perú)

APOYADO POR

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE)
Consortio Suizo de Agua y Saneamiento
Terre des hommes
Caritas Suiza
HELVETAS Swiss Intercooperation
Instituto Federal Suizo de Ciencias e Investigación Acuática (Eawag)
Alianza Internacional para la Gestión de Agua de Lluvia (IRHA)

Una Escuela Azul ofrece un entorno de aprendizaje saludable y expone a los alumnos a tecnologías y prácticas amigables con el medioambiente que ellos pueden replicar en sus comunidades. Inspira a los alumnos a ser agentes de cambio en sus comunidades y forja la siguiente generación de defensores de WASH y del sector medioambiente.

El propósito del Catálogo de Tecnologías de la Escuela Azul es apoyar al personal del proyecto, a las autoridades educativas y a los actores claves de la escuela en la selección de las tecnologías apropiadas de las Escuelas Azules que se pueden implantar en una escuela en particular. Ofrece referencias a tecnologías de bajo costo, con especial atención a la gestión sostenible del suelo y del agua, la horticultura y la gestión de residuos sólidos. Las tecnologías respetuosas con el medio ambiente están pensadas para que los estudiantes las experimenten en la escuela, aprendan cómo trabajan y se sientan inspirados para replicar algunas de ellas en sus hogares y en sus comunidades.

Este catálogo propone una selección de tecnologías de bajo costo para los siguientes temas del Kit Escuelas Azules:

- 3. La cuenca alrededor de Mi escuela
- 4. Mi agua Potable
- 5. Saneamiento e Higiene
- 6. Crecimiento y Cambio
- 7. De la Tierra al Plato
- 8. Transformando los Residuos en Recursos.

Para cada tema se incluye una introducción para aclarar los conceptos básicos claves y los conceptos que son menos comunes. El propósito de cada tecnología, así como sus ventajas y desventajas están descritos en grandes líneas.

Este catálogo es una compilación de referencias de la comunidad de práctica de WASH en Escuelas (WINS), así como de otros sectores relacionados con los temas de las Escuelas Azules. Puede evolucionar: Las futuras ediciones de este Catálogo beneficiarán de los aportes y comentarios de usuarios y expertos de todo el mundo. El formulario de retroalimentación está disponible en el sitio web del Consorcio Suizo de Agua y Saneamiento:

<http://waterconsortium.ch/blueschool/>.

Se invita a los usuarios de este documento a que consulten también los otros materiales del Kit Escuelas Azules, es decir, la Reseña Conceptual, la Guía del Facilitador y el Catálogo de Ejercicios Prácticos. Estos documentos pueden ser descargados en el sitio web del Consorcio Suizo de Agua y Saneamiento.

Tecnologías (por tema)

Tema 3_La Cuenca alrededor de Mi Escuela

- 3.1 Setos vivos
- 3.2 Muros de contención
- 3.3 Terrazas radicales
- 3.4 Control de cárcavas
- 3.5 Presa de arena
- 3.6 Presa subterránea
- 3.7 Zanjas de campo
- 3.8 Zanjas de contorno y de ceja
- 3.9 Estanques de infiltración
- 3.10 Reforestación

Tema 4_Mi Agua Potable

- 4.1 Captación en tejado
- 4.2 Colectores de paracaídas o lona
- 4.3 Protección de manantial y fuente de agua
- 4.4 Pozo excavado a mano protegido
- 4.5 Pozo entubado o barreno
- 4.6 Bomba de pedal
- 4.7 Bomba manual
- 4.8 Bomba de mecate
- 4.9 Tanque de agua: ladrillo
- 4.10 Tanque de agua: ferrocemento
- 4.11 Tanque de agua: botellas de plástico
- 4.12 Tanque SIM de plástico
- 4.13 Tanque de agua de calabaza
- 4.14 Tanque de ferrocemento subterráneo
- 4.15 Contenedor de plástico para almacenamiento y distribución
- 4.16 Bomba solar / pequeños sistemas de distribución
- 4.17 Sistemas de suministro de agua con flujo por gravedad

- 4.18 Ebullición
- 4.19 Cloración
- 4.20 Filtro de agua cerámico
- 4.21 Filtro de agua de bioarena
- 4.23 Desinfección solar del agua (SODIS)

Tema 5_Saneamiento e Higiene

- 5.1 Tippy tap
- 5.2 Lavamanos con válvula de salida
- 5.3 Estación de lavado de manos operada con bomba de pie
- 5.4 Estación de lavado de manos
- 5.5 Elaboración de jabón
- 5.6 Letrina de pozo mejorada con ventilación (VIP) de un solo pozo
- 5.7 Inodoro seco con desviador de orina – ECOSAN
- 5.8 Pozos gemelos con descarga de agua
- 5.9 Arborloo

Tema 6_Crecimiento y Cambio

- 6.1 Toallas higiénicas de tela
- 6.2 Copas menstruales
- 6.3 Letrinas dedicadas y lavado de ropa

Tema 7_De la Tierra al Plato

- 7.1 Uso de compost
- 7.2 Mantillo
- 7.3 Plaguicidas naturales
- 7.4 Fertilización con orina
- 7.5 Fertilizantes naturales (té de plantas)
- 7.6 Estiércol líquido
- 7.7 Jardinería con carbón vegetal
- 7.8 Siembra de semillas
- 7.9 Planificación de cultivos
- 7.10 Pozos de plantación
- 7.11 Riesgo manual con maceta enterrada
- 7.12 Irrigación por goteo con cubo o botella
- 7.13 Huerto en ojo de cerradura
- 7.13.1 Círculo de bananas
- 7.14 Jardinería vertical
- 7.15 Diseño de permacultura
- 7.15.1 Jardín de “Mandala” de permacultura
- 7.16 Agro silvicultura
- 7.16.1 Agro silvicultura de Janeemo
- 7.17 Regeneración natural gestionada por agricultores

Tema 8_Transformando los Residuos en Recursos

- 8.1 Elaboración de compost
- 8.2 Compostaje en hileras
- 8.3 Vermicompostaje
- 8.4 Digestión anaeróbica
- 8.5 Enterramiento de residuos
- 8.6 Incineración de residuos

Lista de referencias y recursos adicionales (en ingles)

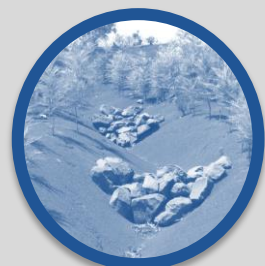
Tema 3_La Cuenca alrededor de Mi Escuela

El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza
Leonardo da Vinci



INTRODUCCIÓN

La cuenca alrededor de mi escuela



Control de la erosión



Retención e infiltración del agua



Gestión de crecidas

- Setos vivos (3.1)
- Muros de contención (3.2)
- Terrazas radicales (3.3)
- Control de cárcavas (3.4)
- Presa de arena (3.5)
- Presa subterránea (3.6)
- Zanjas de campo (3.7)
- Zanjas de contorno y de ceja (3.8)
- Estanque de infiltración (3.9)
- Reforestación (3.10)

"Cuenca Hidrográfica" es un término hidrológico que define un área determinada de tierra donde se acumula la precipitación y drena hacia una desembocadura común, como un río, una bahía u otra masa de agua. Contiene todas las aguas superficiales y subterráneas de esa zona. Otros términos en uso son: zona de captación, cuenca de captación, zona de drenaje y cuenca fluvial.

Una cuenca hidrográfica se caracteriza por su topografía, forma, tamaño, tipo de suelo y uso de la tierra. Los problemas (como las inundaciones, la erosión del suelo o la disminución del nivel freático) surgen si el agua y/o la tierra no se gestionan adecuadamente. Actividades como la deforestación, las prácticas agrícolas intensivas, el uso excesivo o la contaminación de las masas de agua o una planificación espacial inadecuada pueden resultar en serias amenazas para la salud humana que pueden afectar a la población situada aguas abajo, en términos de calidad y cantidad de agua disponible. Esto pone de relieve la necesidad de gestionar el agua y la tierra con seguridad, y por ende, crear un mayor conocimiento y conciencia en los alumnos respecto a los riesgos, pero también, mostrar las vías para mejorar la cuenca alrededor de la escuela.

Las tecnologías presentadas en este capítulo pueden aplicarse alrededor de la escuela o en la comunidad para mejorar el control de la erosión, aumentar la infiltración y retención de agua en el suelo, aumentar la disponibilidad de agua y, en conjunto, contribuir a una mejor gestión de las crecidas. En general, reducir la escorrentía de agua donde cae la lluvia contribuye a reducir las inundaciones.

Los siguientes capítulos presentan diferentes tecnologías, algunas de ellas con costos considerables en términos de inversión y mano de obra.



3.1_Setos vivos

EL SISTEMA VETIVER

CONTROL DE LA EROSIÓN | MICROEMPRESA | INFILTRACIÓN DE AGUA |
RETENCIÓN DE AGUA

Descripción general de la tecnología

El sistema Vetiver es un sistema de control de la erosión y conservación del suelo y del agua que consiste en plantar setos vivos de plantas Vetiver de raíz profunda ([Vetiveria zizanioides](#)). El Vetiver también puede cosecharse y ser utilizado como forraje y como fuente de aceites comercializables.

Dónde puede funcionar

Este sistema se utiliza en más de cien países para la conservación del suelo y el agua, la estabilización de infraestructuras, el control de la contaminación y el tratamiento de aguas residuales. Es una planta de clima cálido, idónea para usarla en climas tropicales, semi-tropicales, y las zonas que tienen un clima mediterráneo donde hay veranos calurosos, y los inviernos son templados. En regiones con inviernos extremos, veranos calurosos o suelos pobres y salinos, el [césped Jiji](#) es una alternativa.

Cómo Funciona

Los setos de Vetiver se plantan a lo largo de los contornos del terreno. Por lo general, se plantan plantas de vivero o esquejes a una distancia de 10 a 15 cm en el contorno para crear, cuando maduran, una barrera de césped rígido que actúa como amortiguador y esparcidor del flujo de agua en pendiente descendente y como filtro para los sedimentos. Se requiere pleno sol para tener las plantas más sanas. La sombra parcial impide su crecimiento, y una sombra significativa puede eliminarla a largo plazo al reducir su capacidad de competir con especies más tolerantes a la sombra. (Vetiver.org)

Consideraciones de costos

Este es un sistema de muy bajo costo, con gran variabilidad en el costo de las plantas y la mano de obra dependiendo el país.

Recursos adicionales

[FAO](#) [Vetiver Network](#) [Vetiver Installation Guide](#) [WOCAT Vetiver System](#)

VENTAJAS

- resiste las lluvias torrenciales
- flexible para el seguimiento de contornos
- retiene la humedad del suelo
- sirve como cortafuegos o cortavientos
- fuente de forraje
- mejora la fertilidad del suelo
- mejora la infiltración de agua
- fuente de aceites esenciales comercializables

DESADVANTAJAS

- requiere clima cálido y pleno sol para su crecimiento ideal



3.2_Muros de contención

MUROS DE CONTENCIÓN EN CURVA | MUROS DE CONTENCIÓN SEMI-CIRCULARES

CONTROL DE LA EROSIÓN | INFILTRACIÓN DE AGUA |
RETENCIÓN DE AGUA

Descripción general de la tecnología

Los muros de contención están entre las técnicas más comúnmente utilizadas en la agricultura para recolectar la escorrentía superficial, aumentar la infiltración de agua y prevenir la erosión del suelo. Su principio es relativamente simple: al construir muros de contención a lo largo de las curvas de nivel, la escorrentía del agua se ralentiza, lo que lleva a una mayor infiltración de agua y a una mejor humedad del suelo. (SSWM)

Dónde puede funcionar

Utilizando diferentes diseños, los muros de contención son aplicables a suelos uniformes y desiguales (con una pendiente suave de hasta 5 por ciento). Los muros de contención se construyen generalmente con tierra o piedras. Por lo general, se aplican a los campos inclinados con el fin de reducir la escorrentía y la erosión del agua y también pueden ser funcionales para suelos severamente degradados. Los muros de contención en curva solamente pueden construirse sobre un terreno uniforme, mientras que los semicirculares también pueden aplicarse a terrenos irregulares. (SSWM)

Cómo Funciona

Hay que demarcar las curvas de nivel. Se recogen cantos rodados, piedras y guijarros de la superficie de la tierra y se llevan hacia las líneas demarcadas. Las piedras más grandes se utilizan para hacer una simple cimentación en una zanja de 5 a 10 cm de profundidad, y las piedras más pequeñas se colocan encima de la pared construida. Las piedras más pequeñas en la parte superior actúan como filtros. En áreas donde las piedras son escasas, se pueden formar crestas en la tierra. Los muros de contención deben seguir más o menos el contorno y la literatura recomienda que la distancia entre los muros debe ser de unos 10 – 30 m. La altura recomendada de los muros de contención es unos 25 cm en promedio, pero puede oscilar entre 15 y 30 cm. (TECA)

Consideraciones de costo

Los costos para la implementación de muros de contención dependen en gran medida de la elección del diseño. En el caso de los muros en curva, se estima que el tiempo de trabajo por hectárea es aproximadamente 32 días/persona. Si se puede utilizar maquinaria, el tiempo necesario se reduce. En el caso de los muros de contención de piedra, se puede aplicar un aumento de los costos en los casos en que las piedras son difíciles de conseguir. (SSWM)

Recursos adicionales

[SSWM](#) [Wocatpedia](#)

VENTAJAS

- rehabilita tierras degradadas
- reduce la erosión del suelo
- mantenimiento sencillo
- se combina bien con los pozos de siembra
- los muros de contención no son arrastrados por el agua fácilmente
- retiene la escorrentía en el área de plantación
- puede añadirse en zonas ya cultivadas

Fuente de la imagen: SSWM

DESVENTAJAS

- los muros de contención de piedra requieren una fuente de piedras fácilmente disponible
- si el terreno entre los muros de contención es irregular, el agua puede acumularse y atraer a mosquitos
- toman mucho tiempo



VENTAJAS

- controla la erosión del suelo
- aumenta la retención de agua en el suelo
- aumenta la disponibilidad de forraje
- aumenta la productividad del cultivo
- reduce al escorrentía en el suelo

DESVENTAJAS

- el establecimiento de terrazas es caro y tiende a requerir subsidio del gobierno
- si se hace deficientemente pueden ocurrir deslizamientos de tierra
- reduce el área de tierra con cultivos

Fuente de la imagen: Helvetas, Nepal

3.3_Terraza radicales

DEFORESTACIÓN | CONTROL DE LA EROSIÓN |
INFILTRACIÓN DE AGUA | RETENCIÓN DE AGUA

Descripción general de la tecnología

Un método de terraplenado de laderas que involucra operaciones de movimiento de tierra que crean terrazas de banco de pendiente inversa que tienen contrahuellas de forma apropiada estabilizadas con césped o árboles en los terraplenes para evitar el colapso.

Dónde puede funcionar

Este método es adecuado cuando la erosión del suelo se debe a la alta escorrentía en pendientes pronunciadas, la deforestación, la baja producción de cultivos y la falta de forraje.

Cómo funciona

Las terrazas radicales están diseñadas para reducir las pérdidas de suelo mediante una mayor retención e infiltración de la escorrentía, para promover la agricultura permanente en pendientes pronunciadas y para promover el uso intensivo de la tierra donde la disponibilidad de tierra es baja y la demanda de alimentos es alta. Es importante proteger la capa superior del suelo cuando se crean terrazas para que pueda colocarse en la terraza una vez que se haya formado. Las terrazas recién construidas deben protegerse en el primer o segundo año de su establecimiento. Después de establecer una terraza, se da forma a una contrahuella y se plantan pastos o arbustos/árboles poco después. Comúnmente se planta pasto Napier y se usado como forraje para el ganado. Las contrahuellas en las terrazas radicales son vistas como un nuevo nicho de producción de forraje como resultado de la escasez de tierra y una estricta política de pastoreo cero. (WOCAT)

Consideraciones de costos

Esta tecnología requiere una inversión significativa. Los factores que afectan el costo son la mano de obra, la estructura del suelo y la pendiente. El costo de la mano de obra en Ruanda en 2011 se estimó en 1.6 dólares estadounidenses por día (FAO).

Recursos adicionales

[FAO](#) [WOCAT](#)

3.4_Control de cárcavas

RELLENO DE CÁRCAVAS| PRESA FILTRANTE

MANEJO DE INUNDACIONES | CONTROL DE EROSIÓN | RECARGA DE POZOS

Descripción general de la tecnología

Una presa filtrante (o relleno de cárcava) es un dique pequeño, temporal o permanente construido a lo largo de una cuneta de drenaje, depresión o canal para reducir la velocidad de los flujos concentrados para un cierto rango de diseño de eventos de tormenta. Se puede construir una presa filtrante con troncos de madera, piedra, sacos de arena rellenos de grava o ladrillos y cemento.

Dónde puede funcionar

El control de cárcavas es apropiado en cualquier región donde el deterioro de la cuenca es evidente y la escorrentía ha llevado a la erosión del suelo y a la formación de cárcavas.

Cómo Funciona

Los rellenos de cárcavas o presas filtrantes se pueden construir de varias maneras. El relleno con maleza es el llenado continuo de pequeñas cárcavas con materiales de maleza. Tapones de tierra, que son pequeñas estructuras de tierra cuyo propósito principal es retener el agua y dejar que se filtre en el suelo. Las presas filtrantes de alambre tejido son pequeñas barreras que normalmente se construyen para retener material fino en la cárcava. El objetivo principal de las presas filtrantes de broza es retener el material fino transportado por el agua que fluye por la cárcava. Se colocan presas filtrantes de troncos y postes a lo largo de la cárcavas. También se pueden construir con tablas, tablones pesados, losas, postes o viejas vigas de ferrocarril. A través de la cárcava se colocan presas filtrantes de piedra suelta, hechas de rocas relativamente pequeñas. Los principales objetivos de estas presas son controlar la erosión del canal a lo largo del cauce y detener la erosión de las cascadas mediante la estabilización de los cabezales de las cárcavas.

Consideraciones de costo

En la India, el costo de las presas temporales (hechas de matorrales, rocas y tierra) oscila entre 200 y 400 dólares estadounidenses, y entre 1,000 y 3,000 dólares estadounidenses el de las presas permanentes (de piedra, ladrillo y cemento), dependiendo de su longitud y altura. (SSWM)

Recursos adicionales

[FAO](#)

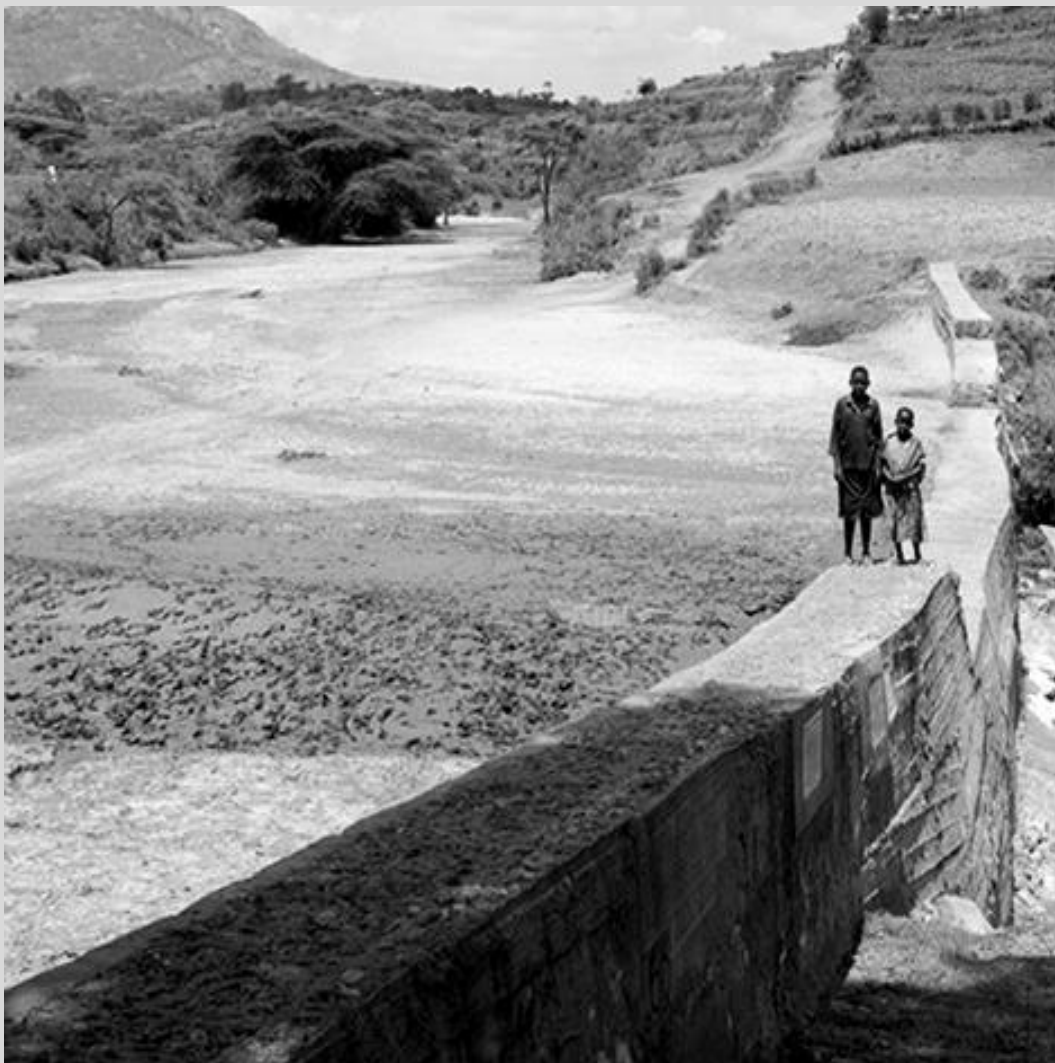


VENTAJAS

- la velocidad del agua se ralentiza, reduciendo la erosión
- no se requiere diseño de zanja porque se utiliza el patrón de drenaje existente de la cárcava
- puede ayudar a la recarga de pozos poco profundos
- puede reducir la salinidad de las aguas subterráneas
- costo-efectiva
- puede realizarse utilizando materiales disponibles localmente

DESVENTAJAS

- puede encenagarse y reducir la infiltración
- la falta de claridad en la tenencia de la tierra puede dar lugar a problemas relacionados con la propiedad de la estructura
- si se diseña incorrectamente puede bloquear el paso de los peces



VENTAJAS

- la forma más económica de captar agua de lluvia por la cantidad captada
- adecuada para la propiedad y gestión de la comunidad
- ahorra el tiempo destinado al recojo de agua
- aumenta la producción de alimentos
- fuente de agua limpia durante todo el año
- transforma la ecología local

DESVENTAJAS

- requiere precipitaciones regulares para ser productiva
- es posible que se requiera financiamiento
- se requiere normalmente una aportación técnica externa, ya que las presas pueden fallar si no se construyen correctamente

Fuente de imagen: Excellent Development

3.5_Presa de arena

CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA

Descripción general de la tecnología

Las presas de arena (a veces llamadas presas de agua subterránea) almacenan agua bajo la tierra en el lecho de un río existente. Una presa de arena es una pequeño presa construida sobre la tierra y en el lecho de un río de arena estacional. La capacidad de almacenamiento de una presa de arena aumenta con el tiempo.

Dónde puede funcionar

Las presas de arena son adecuadas para zonas rurales con clima semiárido con el fin de almacenar el agua disponible estacionalmente para ser utilizada en períodos secos para el ganado, riego menor, así como para uso doméstico. El lecho del río necesita tener un sedimento de arena gruesa con un lecho de roca impermeable debajo (o arcillas como suelo de algodón negro). Estas condiciones se encuentran típicamente en regiones áridas y semiáridas.

Cómo Funciona

Para construir una presa de arena, se excava una zanja profunda a través de la pared del valle o arroyo, alcanzando el lecho rocoso u otra capa estable como arcilla. Luego se construye un muro de concreto o mampostería sobre las barras de roca subyacentes a través de los canales del río para que pueda atrapar y retener la arena traída por el río durante la crecida. La altura puede ser de 2 a 5 m dependiendo de la profundidad de la roca subyacente u otra capa estable. La presa debe situarse en una zona del lecho del río en la que el agua de lluvia procedente de una amplia zona de captación fluya a través de un estrecho pasaje.

Consideraciones de costo

El costo de una presa de arena promedio con una vida útil mínima de 50 años y un almacenamiento de al menos 2000 m³ es de aproximadamente 7500 dólares estadounidenses (2-4 metros de altura y 20 metros de longitud) Para reducir costos, se debe movilizar e involucrar a la mano de obra local en este proceso (participación de la comunidad). En un ejemplo en Kenia, la comunidad cubrió alrededor del 40% de los costos totales de construcción al participar en la construcción de presas de almacenamiento de arena mediante la provisión de mano de obra y materias primas a través de grupos de gestión de presas de arena.

Recursos adicionales

[SSWM](#) [Wocatpedia](#)

3.6_Presa subterránea

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA



VENTAJAS

- almacena los recursos hídricos estacionales
- protege contra la pérdida por evaporación
- reduce la contaminación del agua por el ganado
- el almacenamiento protegido de agua impide la reproducción de mosquitos
- una estructura poco costosa que involucra a toda la comunidad

DESVENTAJAS

- la tecnología es intensiva en mano de obra y la mayoría de las comunidades necesitarían asistencia externa para aplicarla
- puede reducir el agua subterránea en el área aguas abajo

Fuente de la imagen: infornet-biovision.org

Descripción general de la tecnología

Una presa subterránea almacena agua bajo el nivel del suelo en un lecho de río existente obstruyendo el flujo de agua subterránea de un acuífero.

Dónde puede funcionar

Las presas subterráneas son idóneas para las zonas rurales con clima semiárido con el fin de almacenar únicamente el agua estacional disponible para su uso en períodos secos para el ganado, el riego menor, así como para uso doméstico. La zona óptima para construir una presa subterránea es en pendientes suaves en la zona de transición entre colinas y llanuras (a diferencia de las presas de arena que se construyen en pendientes más pronunciadas). Encontrar un lugar adecuado para construir la presa es más difícil cuando el río es más ancho. Con el objetivo de tener un embalse eficiente, es importante que tenga como base lechos impermeables o lechos rocosos subyacentes al embalse.

Cómo Funciona

Se excava una zanja a través del valle o arroyo, llegando hasta el lecho rocoso u otra capa estable como arcilla. En la zanja se construye un muro impermeable que se rellena con el material excavado. (SSWM)

Consideraciones de costo

Típicamente, las presas subterráneas son menos costosas y más fáciles de mantener que las presas de arena, pero también tienen menos capacidad. Pueden construirse con materiales disponibles localmente, pero los requisitos de mano de obra son intensivos y se necesitan conocimientos específicos. En Kenia se construyeron presas subterráneas, básicamente de arcilla, con una capacidad de 425 a 1342 m³ y a un costo de 900-1,600 dólares estadounidenses en 2006. (VSF)

Recursos adicionales

[FAO](#) [SSWM](#)
[VSF](#)

3.7_Zanjas de campo

MANEJO DE INUNDACIONES | CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA |
INFILTRACIÓN DE AGUA | RETENCIÓN DE AGUA



VENTAJAS

- puede reducir significativamente las velocidades y volúmenes de escorrentía

DESVENTAJAS

- la obstrucción o colmatación es un problema en las zonas con partículas de suelo finas en la cuenca aguas arriba
- alto mantenimiento
- puede fallar si se encuentra en un lugar inadecuado o si recibe demasiados escombros
- limitada a cuencas relativamente pequeñas

Fuente de la imagen: kkobeclan.com

Descripción general de la tecnología

Las zanjas de campo (o de infiltración) aumentan la captación de agua de lluvia al romper la pendiente del terreno y por lo tanto reducir la velocidad de la escorrentía del agua. Al disminuir la escorrentía, mejoran la infiltración de agua y previenen la erosión del suelo. Las zanjas pueden ser una extensión de las prácticas de arar los campos.

Dónde puede funcionar

Las zanjas de campo se pueden formar en todo tipo de suelo y no dependen de la pendiente ni de las condiciones de precipitación. Mientras que las zanjas continuas son buenas para las regiones secas, los muros de contención interrumpidos pueden ser útiles para la recolección de agua en regiones con mayores precipitaciones.

Cómo Funciona

Las zanjas de infiltración son zanjas excavadas, con una profundidad mínima de 1 m, rellenas con grava o piedra triturada. Para un rendimiento óptimo, las zanjas se construyen a lo largo de líneas de contorno, similares a los muros de contención en curva. Por lo tanto, las líneas deben marcarse antes de comenzar a excavar. Al excavar la zanja, el suelo excavado se coloca en pendiente descendiente a lo largo del borde de la zanja. Luego se plantan los cultivos en el terreno elevado entre las zanjas. El diseño de las zanjas de contorno puede ser continuo o intermitente. La distancia óptima entre dos zanjas depende de la pendiente del campo, requiriendo los terrenos más empinados, menos distancia.

Consideraciones de costo

Los costos de las zanjas de campo dependen del costo del material de relleno y de la mano de obra necesaria (que puede variar según las condiciones del suelo). Debido a su construcción simple, solamente se necesita material básico para construir zanjas, como estacas, palas, picos, cultivos y posiblemente un tractor (dependiendo de la pendiente del campo). (SSWM)

Recursos adicionales

[SSWM Field Trenches](#) [SSWM Storm water Management](#)



VENTAJAS

- Este sistema puede restaurar acuíferos subterráneos y recargar fuentes de agua de manantial secas después de unos pocos años.
- Puede estabilizar los terrenos y prevenir la erosión, así como los deslizamientos de tierra.
- Permite el restablecimiento de la cobertura vegetal en algunos casos.

DESVENTAJAS

- Trabajo pesado
- Los tramos continuos pueden provocar deslizamientos en caso de fuertes lluvias.
- Las zanjas deben ser cuidadas meticulosamente (limpiadas) año tras año.
- Las plantas usadas en el sistema deben ser protegidas (especialmente del ganado) para permitir su establecimiento.

Fuente de la imagen: Helvetas Nepal

3.8_Zanjas de contorno y de ceja

MANEJO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y DE INUNDACIONES | CONTROL DE EROSIÓN | MANEJO DE SUELO

Descripción general de la tecnología

Las zanjas de contorno (o bajíos) se excavan en una pendiente para retener el agua de lluvia en el suelo. Las zanjas de contorno se aplican en áreas con pendientes de hasta el 30%. Por encima de este umbral, se construyen zanjas de cejas más pequeñas por razones de estabilidad.

Dónde puede funcionar

Este sistema puede funcionar en cualquier parte del mundo.

Cómo Funciona

A medida que el agua de lluvia descende por las laderas, se lleva la preciada capa superior del suelo (este fenómeno se denomina erosión). Los bajíos de contorno apaciguarán el flujo de agua, manteniéndola en el terreno junto con la capa superior de suelo. Este sistema se puede combinar de forma beneficiosa con la plantación de árboles o arbustos para retener aún más el suelo y evitar el deslizamiento de tierras. Si son bien escogidas, estas plantas pueden contribuir a proporcionar opciones de sustento a la comunidad.

Consideraciones de costo

Los principales costos están orientados a la mano de obra.

Fuente principal:

[NEPCAT Fact Sheets \(2018\)](#) (Helvetas Nepal)

Recursos adicionales

www.icimod.org/nepcat
[Permaculture News](#)

3.9_Estanques de infiltración

MANEJO DE INUNDACIONES | CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA | INFILTRACIÓN DE AGUA | RETENCIÓN DE AGUA



Créditos de la imagen: Shramajeeviimages.com

VENTAJAS

- facilita la recarga de aguas subterráneas
- mejora la humedad del suelo
- aumenta la productividad agrícola
- se puede utilizar para recargar pozos poco profundos, barrenos y manantiales
- puede reducir la salinidad de las aguas subterráneas

DESVENTAJAS

- puede encenagarse fácilmente debido a la pérdida de la cubierta vegetal en la zona de captación
- la eliminación de sedimentos requiere tiempo y dinero
- el mantenimiento requiere un esfuerzo comunitario
- altas tasas de evaporación
- alto costo de construcción si se hace a escala

Fuente de la imagen :<http://www.downtoearth.org.in/>

Descripción general de la tecnología

Una cuenca o estanque de infiltración es una instalación construida dentro de suelos altamente permeables que proporciona almacenamiento temporal de la escorrentía de aguas pluviales. Una cuenca de infiltración normalmente no tiene una salida para descargar el exceso de agua. Más bien, el flujo de salida de una cuenca de infiltración sale a través del suelo circundante. Una cuenca de infiltración también puede combinarse con una cuenca de detención extendida para proporcionar almacenamiento adicional de escorrentía para la gestión tanto de la calidad como de la cantidad de aguas pluviales.

Dónde puede funcionar

Las cuencas de infiltración se han utilizado en todo el mundo para gestionar los recursos hídricos. Se debe tener cuidado en áreas propensas a los mosquitos debido a los riesgos que involucra el agua estancada.

Cómo Funciona

Los estanques se forman a través de la excavación generalmente a una profundidad de 1 a 4 m, lo suficientemente profunda para evitar el crecimiento excesivo de algas y lo suficientemente poco profunda para evitar condiciones anaeróbicas que se desarrollan en la base del estanque. Las superficies o estructuras de admisión deberán formarse de manera que se reduzca al mínimo el aporte de limo a los estanques. Las cuencas de sedimentación pueden reducir la carga de sedimentos antes de que el agua entre en el estanque de infiltración. En la medida de lo posible, mantener una buena cobertura de pastos autóctonos en la zona de escorrentía, lo que puede reducir significativamente la sedimentación.

Consideraciones de costo

Los costos son variables según el tamaño y la ubicación. Un estanque de percolación con una capacidad de 10,000 – 15,000 m³ cuesta aproximadamente 5,000 – 15,000 dólares estadounidenses en la India (SSWM).

Recursos adicionales

[SSWM_Microbasins](#) [SSWM_Ground Water Recharge](#) [SSWM_Soil Aquifer Treatment](#)



VENTAJAS

- facilita la recarga de aguas subterráneas
- mejora la humedad del suelo
- se puede utilizar para recargar pozos poco profundos, barrenos y manantiales

DESVENTAJAS

- Necesita algo de atención en la etapa inicial y en el manejo, así como medidas de protección a largo plazo
- costos considerables si se hace a escala

Fuente de la imagen: Fastenopfer Madagascar

3.10 Reforestación

GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS | CONTROL DE LA EROSIÓN | INFILTRACIÓN DE AGUA | RETENCIÓN DE AGUA

Descripción general de la tecnología

La plantación de árboles es una herramienta muy importante para la gestión integrada de los recursos hídricos. Cuando se plantan árboles en número suficiente y en áreas más grandes, puede darse una reforestación. Esto resulta en una disminución de la erosión del suelo y un aumento de la infiltración y retención de agua en el área. Esto es especialmente importante cuando las actividades humanas han resultado en la deforestación de la tierra, ya sea para la construcción de casas y ciudades, o para actividades agrícolas. Sin cobertura vegetal, se puede producir erosión y el arrastre de la tierra hacia los ríos. Las plantas agrícolas que a menudo sustituyen a los árboles no pueden retener el suelo y muchas de estas plantas, como el café, el algodón, el aceite de palma, la soya y el trigo, pueden empeorar la erosión del suelo. Y a medida que la tierra pierde su suelo fértil, los productores agrícolas siguen adelante, talan más bosques y continúan el ciclo de pérdida de suelo. La reforestación y la plantación de árboles pueden romper este círculo vicioso.

Dónde puede funcionar

Si se eligen especies arbóreas apropiadas (nativas), es aplicable en cualquier parte del mundo donde las condiciones del suelo y la disponibilidad de agua lo permitan. Podría ser necesario el riego en la fase inicial.

Cómo Funciona

Por favor, remítase a las diapositivas 7.3, 7.8 y 7.8a en el Catálogo de Ejercicios Prácticos sobre deforestación y soluciones de plantación de árboles.

Consideraciones de costo

Los costos son moderados, dependiendo de las plántulas utilizadas. Los principales costos están orientados a la mano de obra.

Recursos adicionales

<https://en.wikipedia.org/wiki/Reforestation>



Tema 4_Mi Agua Potable

cuando el pozo se seque, sabremos lo que vale el agua
Benjamin Franklin





Fuentes/captación de agua

- Recolección en tejados (4.1)
- Cosechadoras de paracaídas o lonas (4.2)
- Protección de manantiales y fuentes de agua (4.3)
- Pozo excavado a mano (4.4)
- Pozo tubular o barreno (4.15)
- Bomba de pedal (4.6)
- Bomba manual (4.7)
- Bomba de mecate (4.8)
- Bomba solar / sistemas de distribución pequeños (4.16)
- Sistemas de suministro de agua por gravedad (4.17)



Almacenamiento de agua

- Tanque de almacenamiento de agua: ladrillo (4.9)
- Tanque de almacenamiento de agua: ferrocemento (4.10)
- Tanque de almacenamiento de agua: botellas de plástico (4.11)
- Tanque SIM de plástico (4.12)
- Tanque de agua de calabaza (4.13)
- Tanque subterráneo de ferrocemento (4.14)
- Contenedor de plástico para almacenamiento y distribución (4.15)



Tratamiento de agua

- Ebullición (4.18)
- Cloración (4.19)
- Filtro de agua cerámico (4.20)
- Filtro Bioarena (4.21)
- Desinfección de agua solar (SODIS) – (4.22)

El agua potable o el agua utilizada para la preparación de alimentos deberá estar libre de contaminantes microbianos, químicos y radiológicos. El suministro de agua potable que no solamente sea segura, sino también aceptable en apariencia, sabor y olor es de alta prioridad.

El agua potable insegura puede estar contaminada con heces y/o toxinas y también puede ser inaceptable debido a los sólidos en suspensión. Su consumo puede provocar enfermedades infecciosas, como la gastroenteritis, el cólera y la fiebre tifoidea, entre otras. Se estima que el agua contaminada causa más de medio millón de muertes al año.

La selección de la fuente de agua tiene una gran influencia en la calidad del agua. Para evitar tratamientos que requieren mucho tiempo y son costosos, si es posible, se deben seleccionar fuentes con una alta calidad de agua y bajos riesgos para la salud. Las aguas subterráneas o de manantial, si las cuencas están adecuadamente construidas y las fuentes están protegidas, son generalmente de mayor calidad que las aguas superficiales abiertas. Pero, incluso si hay agua de alta calidad disponible en la fuente, esta puede contaminarse debido a un transporte o contenedor de almacenamiento antihigiénicos o a las herramientas de extracción de agua contaminadas.

En consecuencia, el suministro de agua potable en la escuela exige prestar atención a tres aspectos, que van desde la fuente hasta el consumo:

- 1) Identificar una fuente de agua apropiada y asegurar que su captación y protección sean apropiadas;
- 2) Identificar estrategias y opciones adecuadas para la distribución, transporte y almacenamiento de agua;
- 3) Determinar el tratamiento de agua adecuado y factible: opciones y tecnologías para garantizar la seguridad de los usuarios.

En los capítulos siguientes se presentan algunos enfoques innovadores para la recolección de agua de nuevas fuentes, se esbozan diferentes opciones para el almacenamiento de agua potable en las instalaciones de la escuela, así como en las aulas, y se describen varios métodos para el tratamiento del agua potable que podrían aplicarse en las escuelas. Es importante señalar que la tecnología por sí sola no resolverá ningún problema si no se gestiona y aplica adecuadamente.

4.1_Captación en tejado

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA | ALMACENAMIENTO DE AGUA

Descripción general de la tecnología

La captación de agua de lluvia (RWH por sus siglas en inglés) es un método de recolección y conservación de agua de lluvia de escorrentía superficial para su almacenamiento y uso. La RWH se ha venido practicando durante siglos, pero el uso indebido de las fuentes de agua existentes ha llevado a la toma de conciencia a nivel mundial y a darle una mayor importancia al tema solo recientemente.

Dónde puede funcionar

Cualquier lugar con precipitaciones superiores a 300mm anuales.

Cómo Funciona

Los sistemas de captación en techados incluyen; lluvia, áreas de captación en techados, un sistema de transporte (canalones, tuberías descendentes), unidades de almacenamiento o tanques (sobre tierra/subterráneos), y un sistema de distribución (tuberías, bombas). Además, hay algunos aspectos necesarios para completar el sistema RWH como el filtro / rejillas, desviadores de primer lavado, métodos de desinfección y tuberías de gestión de rebose. Es imperativo hacer una inspección periódica del sistema para conservar la calidad, reducir la contaminación y asegurar el uso completo del sistema. No requiere mano de obra calificada.

Consideraciones de costo

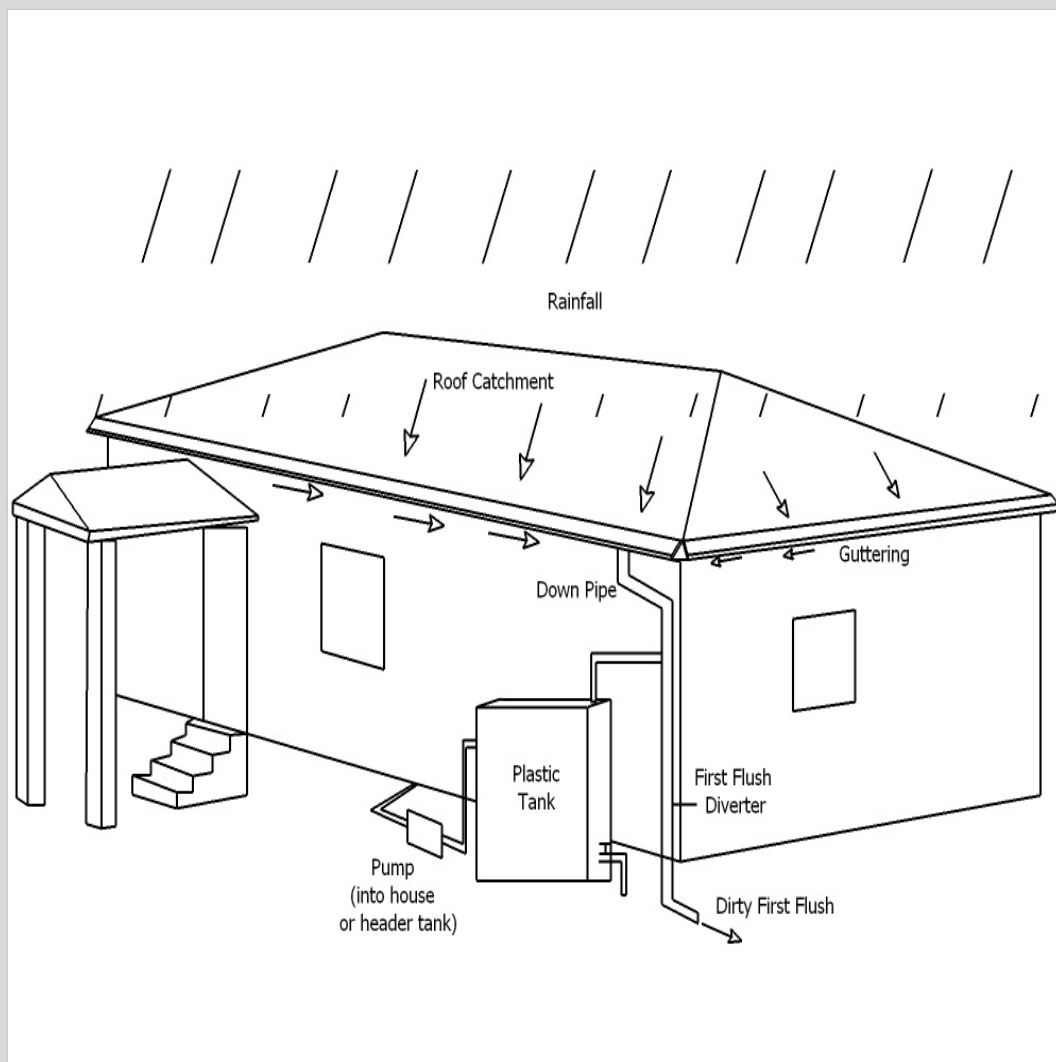
La RWH es específica al sitio y es difícil dar una estimación del costo total. La lluvia y la zona de captación son gratuitas, especialmente si la RWH se integra durante la construcción. Hay que tener en cuenta el costo del sistema de transporte, los filtros y, por lo general, el tanque de almacenamiento, que representa entre el 30 y el 70% de los costos totales. Un estudio realizado en la India determinó el costo de la construcción de un sistema de RWH era 1.30 rupias por litro y por hogar. En 2013, la EPA reportó un costo de construcción de aproximadamente 4 – 6 dólares estadounidenses / galón (3.78 litros) / persona. (SSWM) PITCHAfrica construyó tanques de almacenamiento subterráneo en Kenia entre 2012 y 2015 por 80 dólares estadounidenses / 1000 litros de capacidad.

Recursos adicionales

[Appropedia, SSWM SSWM Rainwater Harvesting\(rural\)](#)
[SSWM Rainwater Harvesting \(urban\)](#)

www.icimod.org/nepcat

<https://www.samsamwater.com/library.php?cat=rwh>



VENTAJAS

- excelente fuente alternativa de agua
- diseños y capacidades flexibles para satisfacer diversas necesidades
- tecnología sencilla y gestionada por el propietario
- evita la pérdida de agua de buena calidad
- restringe las inundaciones

DESVENTAJAS

- limitaciones debidas a las precipitaciones, el tamaño del área de captación y el tamaño del tanque
- contaminación accidental por contaminación del aire y suciedad
- la construcción de tanques de almacenamiento aumenta los costos
- el mantenimiento es esencial para que el agua sea potable

4.2_Colectores de paracaídas o lona

CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA



VENTAJAS

- desmontable, portátil, de alto rendimiento
- fácil de limpiar
- puede ser compartido entre familias
- económico
- puede recargar pozos y suplementar sistemas de tejado cuando hay cubierta adicional
- alternativa ideal a la captación en tejados cuando los tejados son demasiado pequeños o la propiedad es incierta

DESVENTAJAS

- se requiere a un grupo para una fácil instalación y desmontaje

Descripción general de la tecnología

Los paracaídas se pueden utilizar como colectores de lluvia desmontables y portátiles, invertidos y usando palos de bambú o palos disponibles localmente para levantarlos del suelo. Las líneas de suspensión del paracaídas sirven como alambres guía clavados en el suelo y estabilizan la 'tolva' invertida. También se pueden hacer colectores de agua de lluvia más pequeños con una simple lona, apoyada en palos y dirigiendo el agua a un tanque central.

([PITCHAfrica](#))

Dónde puede funcionar

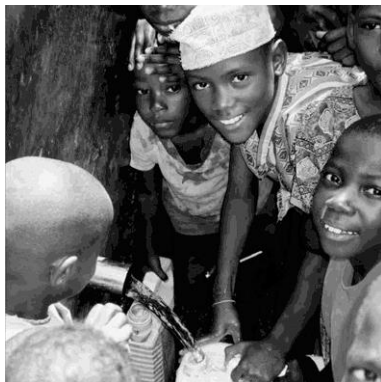
La captación de agua de lluvia con paracaídas o lona se puede utilizar en cualquier lugar donde el acceso al agua es difícil y las precipitaciones superan los 300 mm anuales.

Cómo Funciona

Estos colectores se pueden utilizar como un dispositivo independiente para recolectar agua, recargar pozos y tanques de almacenamiento de agua. También pueden acoplarse a un sistema de filtración y almacenamiento de agua para proporcionar suministro de agua potable. Un *Rainchute* de 7 m de diámetro puede recolectar más de 25,000 litros al año en una región semiárida. Esto supera los 70 litros diarios durante todo el año.

Consideraciones de costo

Dependiendo del tamaño, un *Rainchute* cuesta entre 150 – 300 dólares estadounidenses. Los soportes acoplables, tales como los postes de bambú, son de origen local.



[Survival active](#)

4.3_Protección de manantiales y fuentes de agua

La protección de las fuentes de agua implica la protección de las fuentes de agua superficiales (por ejemplo, ríos) y subterráneas (por ejemplo, protección de manantiales) para evitar la contaminación del agua. Dado que muchas fuentes de agua superficial se utilizan con fines de agua potable, su protección es vital. En general, existen tres estrategias básicas para la protección, prevención, tratamiento y restauración de los ecosistemas naturales (PNUMA).

[Wateraid](#)

[SSWM](#)

www.icimod.org/nepcat

4.4_Pozo excavado a mano protegido

El método tradicional y todavía el más común para obtener agua subterránea en áreas rurales del mundo en desarrollo es por medio de pozos excavados a mano. Estos son mejores cuando el nivel freático no es inferior a 6m. Se excava un agujero hasta que se alcanza el nivel del agua subterránea. El agua subterránea entrante se recoge y se extrae con la ayuda de bombas o baldes. Debe garantizarse la protección de las zonas circundantes para evitar la contaminación.

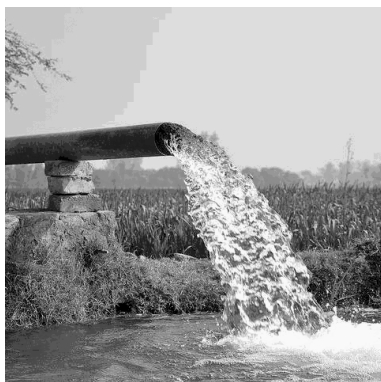
[SSWM](#)



[SSWM](#)

4.5_Pozo entubado o pozo de sondeo

Un pozo entubado es un tipo de pozo de agua en el que se barrena un tubo largo de acero inoxidable de 100-200 mm de ancho en un acuífero subterráneo. Es importante determinar que el acuífero no esté contaminado y que se esté recargando. El extremo inferior está equipado con un cedazo y una bomba eleva el agua para el riego. La profundidad requerida del pozo depende de la profundidad de la capa freática. (Wiki)



[Express Tribune](#)



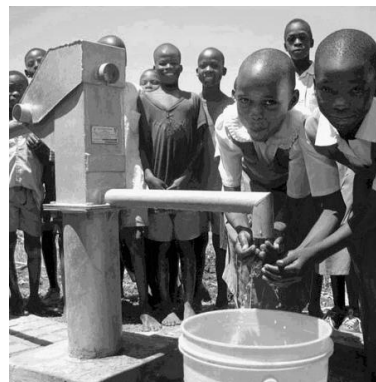
[appropedia](#)

4.6_Bomba de pedal

Una bomba de pedal es una bomba de succión accionada por el hombre que se encuentra en la parte superior de un pozo y se utiliza para el riego. Está diseñada para elevar agua desde una profundidad de 7m o menos. El bombeo se activa al subir y bajar sobre un pedal, que son palancas, que accionan los pistones, creando una succión cilíndrica que lleva el agua subterránea a la superficie. (Wiki)

4.7_Bomba manual

Las bombas manuales son bombas operadas manualmente. Existen muchos tipos de bombas manuales disponibles, principalmente operadas con un pistón, diafragma o paleta rotatoria y con una válvula anti retorno en los puertos de entrada y salida a la cámara que opera en direcciones opuestas. (Wiki)



[Geography Blog](#)

4.8_Bomba de mecate

En una bomba de mecate, una soga colgante suelta es bajada a un pozo y sube a través de un tubo largo con el fondo sumergido en agua. En la soga se colocan discos redondos o nudos que coinciden con el diámetro de la tubería y que jalen el agua hacia la superficie. Puede ser accionada con la mano, con pedales, motores o el viento. Es de uso común en los países en desarrollo tanto para el suministro comunitario como para el autoabastecimiento de agua y puede instalarse en pozos de sondeo o excavados a mano. Debe garantizarse la protección de las zonas circundantes para evitar la contaminación. (Wiki)



Ropepumps.org



VENTAJAS

- económico de construir
- más fácil de construir que los tanques de ferrocemento
- puede hacerse con materiales locales

DESVENTAJAS

- capacidad reducida
- requiere mantenimiento para evitar el agrietamiento y la fuga

4.9_Tanque de almacenamiento de agua: ladrillo

ALMACENAMIENTO DE AGUA

Descripción general de la tecnología

Los tanques de ladrillos de cemento son una opción de bajo costo para almacenar el agua obtenida a través de la captación de agua. Son más baratos que los tanques de ferrocemento y más fáciles de construir.

Dónde puede funcionar

En cualquier región donde usted tenga acceso a suelos arcillosos y/o a un suministro de ladrillos.

Cómo funciona

Los tanques terrestres siempre deben ser diseñados con forma semiesférica (en forma de media bola) o cilíndricos porque esas formas igualan la presión del agua y el suelo, ya sea que los tanques estén llenos o vacíos. Dependiendo del tamaño del tanque, la extracción de agua puede realizarse por gravedad, con bombas manuales u otras bombas, o con un balde. Los tanques no deben estar ubicados cerca de una letrina de foso/baño o basura o en un hormiguero. Evite construir el tanque junto a un árbol, ya que las raíces pueden socavar los cimientos y las hojas secas pueden bloquear las canaletas. La altura de las canaletas debe ser superior a la altura propuesta del tanque. No coloque los tanques por donde pasarán vehículos pesados cerca de los cimientos de los tanques.

Consideraciones de costo

El costo de los tanques subterráneos puede ser alto y variable en costo por m³ de almacenamiento (promedio alrededor de 30-40 dólares estadounidenses por m³ de almacenamiento), a veces mucho más dependiendo de diversos factores. Los tanques semiesféricos subterráneos hechos de mampostería de piedra y ladrillos/cemento en Etiopía cuestan entre 113 y 219 euros por m³ de almacenamiento. En Kenia, los tanques de ladrillo/cemento cuestan 37 dólares estadounidenses por m³ de almacenamiento (los tanques de 21 m³ cuestan 780 dólares estadounidenses). En Sri Lanka, los tanques de ladrillo cuestan 28 dólares estadounidenses por m³ de almacenamiento (los de 5 m³ cuestan 140 dólares estadounidenses). ([Akvopedia](#))

Recursos adicionales

[IRCWash](#)



VENTAJAS

- el encofrado se puede reutilizar
- económico de construir
- se puede utilizar para almacenar agua de lluvia o alimentos

DESVENTAJAS

- los moldes se vuelven difíciles de manejar en tamaños más grandes

Fuente de la imagen: Helvetas Nepal

4.10_Tanque de almacenamiento de agua: ferrocemento

ALMACENAMIENTO DE AGUA

Descripción general de la tecnología

Incluso los tanques pequeños de ferrocemento de 1000-2000 litros pueden ser eficaces para el almacenamiento del agua (o de alimento). Pueden construirse con diversos materiales de desecho agrícola (por ejemplo, hojas secas o hierba) en combinación con cemento y fibra de tela. El tanque de calabaza más grande de 5,000-10,000 litros (4.8) utiliza principios similares en su construcción.

Dónde puede funcionar

En cualquier lugar con precipitaciones de 300mm o más.

Cómo funciona

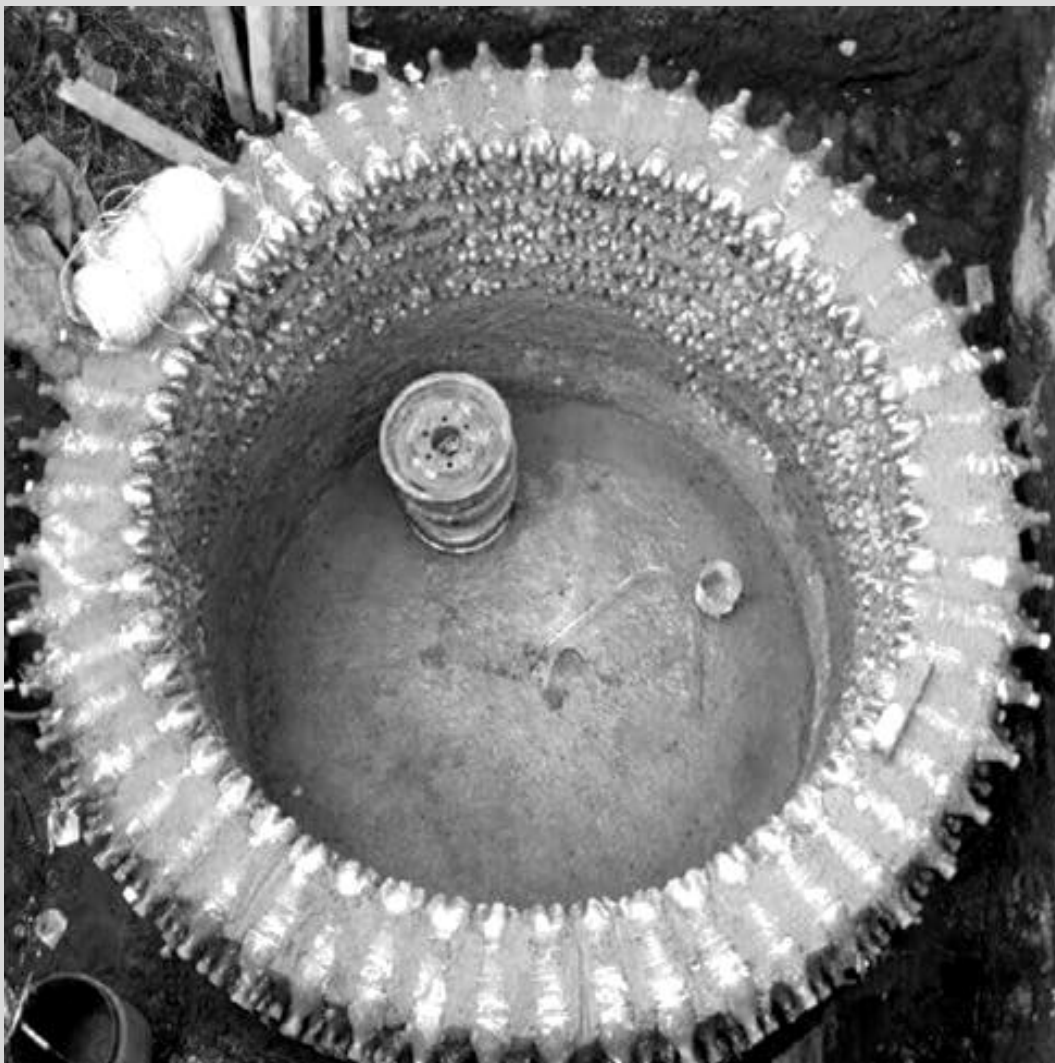
Un tanque de agua de ferrocemento de 2m³ (2000 litros) puede construirse formando una jaula de barras de acero reforzado, cubiertas con malla de gallinero. Una alternativa es comenzar con una forma interior de láminas de metal, que luego se retira. Para los tanques más pequeños se utiliza como encofrado un saco lleno de arena. Una vez establecida esta estructura, se aplica una mezcla de cemento. Como el ferrocemento es mucho más fuerte que la albañilería, el grueso de las paredes está en la gama de 10-30mm. Durante el curado (por lo menos 10 días, aunque 30 es mejor) el cemento se mantiene húmedo y envuelto en una lámina de plástico. Estos tanques serán mucho más baratos que un tanque de plástico, tienen una vida útil de por lo menos 25 años y son fáciles de reparar en caso de grietas. La tecnología es extremadamente simple de implementar, y trabajadores de construcción semi-calificados pueden aprenderla con facilidad. Estos tanques se han utilizado a gran escala en Asia y en algunos países africanos, y existe un gran margen para un mayor uso de los sistemas de captación de agua de lluvia.

Consideraciones de costo

Tanques de ferrocemento: 26 a 50 dólares estadounidenses por m³ de almacenamiento dependiendo del tamaño (por ejemplo, 11m³ por 550 dólares estadounidenses, 46m³ por 1,200 dólares estadounidenses). The Rain Foundation indica un costo entre 40 y 100 euros por m³ de almacenaje para los tanques del ferrocemento (incluyendo todo como materiales, transporte y mano de obra). ([Akvopedia](#))

Recursos adicionales

[Rainwaterharvesting.org](#) CWD
[NEPCAT Fact Sheets \(2018\)](#) (Helvetas Nepal)
<https://www.samsamwater.com/library.php?cat=rwh>



VENTAJAS

- económico de construir
- más fáciles de construir que los tanques de ferrocemento
- pueden hacerse con materiales locales

DESVENTAJAS

- capacidad reducida
- requiere mantenimiento para evitar el agrietamiento y las fugas

4.11_Tanque de almacenamiento de agua: botellas de plástico

ECO TEC
ALMACENAMIENTO DE AGUA

Descripción general de la tecnología

Se utilizan botellas de agua usadas, llenas de tierra y residuos no orgánicos, como ladrillos para la construcción de un tanque de agua,

Dónde puede funcionar

En regiones donde las botellas de plástico están siendo usadas y desechadas y no hay formas efectivas de reciclarlas.

Cómo funciona

Este tanque está construido con botellas de plástico de 1.5 litros. Las botellas se llenan con tierra o residuos no orgánicos y luego se utilizan como ladrillos para la construcción de tanques de agua y letrinas. Este concepto ha sido adoptado en la comunidad de Mwera en Zanzíbar, donde se han construido dos tanques de agua de 10,000 litros utilizando "ladrillos" hechos de botellas de agua reutilizadas. El peso del plástico reutilizado para construir los tanques fue considerablemente menor que el del 'tanque SIM' de plástico convencional. Los tanques de agua sostenibles usan significativamente menos cemento que un tanque de ladrillo convencional y son mucho más fuertes y duraderos que cualquier otra alternativa de construcción. ([Ecologue](#))

Consideraciones de costo

El tanque requiere botellas de plástico, arena de río, cemento y refuerzo de hilo o alambre.

Recursos adicionales

[Nifty Homestead](#) [Peace Corps](#)



[Total Tanks](#)

4.12_ Tanque SIM de plástico

Tanques de plástico para la captación de agua de lluvia y almacenamiento de agua hasta 10,000 litros, pueden comprarse en la mayoría de países. Estos tanques típicamente duran 4 a 5 años.

[akvopedia](#)



www.obelink.nl

4.15_ Contenedor de plástico para almacenamiento y distribución

Un contenedor de plástico para el almacenamiento y distribución de agua adecuadamente diseñado, debe ser asequible, portátil, duradero y fácil de usar. Debe tener un grifo para extraer el agua de manera sanitaria (reducir la contaminación por las manos o por los utensilios de inmersión). Sin embargo, es importante que la boca siga siendo lo suficientemente grande y que el grifo sea extraíble para poder limpiarlo correctamente. Debe tener una abertura cubierta (tapa de rosca) para el llenado y la limpieza.



[University of Warwick](#)

4.13_ Tanque de calabaza

El Tanque de Calabaza de Sri Lanka, y la técnica de construcción asociada, fueron desarrollados con el apoyo del Banco Mundial para su uso en Sri Lanka, pero es de aplicación universal y puede ser construido en parte con mano de obra no calificada. Los materiales son estructura metálica, alambre de gallinero, arena y cemento.

[Practical Action Domestic Tank](#)



[Pinterest](#)

4.14_ Tanque de ferrocemento subterráneo

El ferrocemento es un sistema de mortero o yeso reforzado (cal o cemento, arena y agua) que se aplica sobre una capa de malla metálica, fibras tejidas de metal expandido o fibras metálicas y varillas de acero delgadas poco espaciadas, como barra de refuerzo. Es ideal para la construcción de tanques de almacenamiento de agua de lluvia sobre o bajo tierra. (Wiki)

[USAID](#)



Helvetas, Benin

4.16_Bomba solar / pequeños sistemas de distribución

Pequeños sistemas de distribución de agua equipados con bombas solares permiten la distribución de agua segura a escuelas, centros de salud y a la comunidad.

Fuente: [Helvetas Benin](#)



Helvetas, Nepal

4.17_Sistemas de suministro de agua de flujo por gravedad

Fieles a su nombre, los sistemas de flujo por gravedad aprovechan la gravedad para transportar agua desde una fuente hasta un área de servicio ubicada en una elevación más baja. Desde la entrada, el agua es transportada continuamente por una línea de transmisión a uno o varios tanques de almacenamiento. Luego, tuberías de distribución de mayor capacidad suministran agua a grifos públicos y/o privados.

Fuente: [NEPCAT Fact Sheets \(2018\)](#) (Helvetas Nepal)
www.icimod.org/nepcat

4.18_Ebullición

TRATAMIENTO DEL AGUA



VENTAJAS

- desinfecta virus, bacterias y protozoos
- tecnología comúnmente conocida
- se puede aplicar con recursos localmente disponibles
- también trata el agua turbia

DESVENTAJAS

- riesgo de re-contaminación durante el almacenaje
- Intensiva en energía, requiere energía (combustible, madera, electricidad)
- aplicación que requiere mucho tiempo
- no idónea para tratar grandes volúmenes

Descripción general de la tecnología

La ebullición es la tecnología de tratamiento de agua más antigua y común del mundo.

Dónde puede funcionar

La tecnología se aplica comúnmente a escala de escuela/hogar. Debido al esfuerzo necesario para calentar el agua, nunca se utiliza a escala central.

Cómo funciona

La OMS recomienda calentar el agua hasta que hierva durante un minuto. Los patógenos son sensibles al calor y el proceso de desinfección, llamado pasteurización, comienza a 60°C. A una temperatura de 100°C se tarda aproximadamente 1 minuto para desinfectar el agua. Idealmente, el agua se enfría y se almacena en el mismo recipiente para minimizar las posibilidades de re-contaminación. La ebullición mata los patógenos pero no elimina la turbidez o la contaminación química del agua potable.

Consideraciones de costo

Se necesita tiempo para recoger leña para cocinar o para comprar combustible o electricidad. La energía necesaria para calentar 1 litro de agua de 20°C a 100°C y dejarla hervir durante un minuto es aproximadamente 360 kJ/L. El contenido energético de la madera dura es de aproximadamente 14,9 MJ/kg. Si la madera dura se quema con una eficiencia del 50%, hay que quemar unos 50g de madera para hervir 1L de agua. El contenido energético del querosene o combustible diésel es de aproximadamente 43.1 MJ/kg. Si se quema con una eficiencia del 50%, se necesitan unos 16 ml de querosene para hervir 1 L de agua.

Recursos adicionales

[Safe Water School Manual](#) [SSWM](#) [HWTS](#)

4.19_Cloración

TRATAMIENTO DEL AGUA



VENTAJAS

- desinfecta virus, bacterias y protozoos
- simple de usar
- bajo costo
- proporciona desinfectante residual (protege el agua contra la re-contaminación)

DESVENTAJAS

- desafíos para la desinfección de *Cryptosporidium*
- cambios en el sabor del agua
- el agua altamente turbida necesita pre-tratamiento
- El cloro es un químico corrosivo se debe tener precaución al manipularlo

Descripción general de la tecnología

El cloro es un desinfectante químico muy utilizado. Diferentes marcas de productos de cloro están disponibles en los mercados locales. Pueden contener una concentración de 0.5 a 10% de cloro. Los productos de uso común son: 1) Hipoclorito de Sodio Líquido (NaOCl), que puede generarse a partir de la sal mediante electrólisis (sin embargo, no es estable y debe protegerse de la luz solar y el calor), 2) Dicloroisocianurato de Sodio (NaDCC), por lo general muy estable en forma de tabletas, y 3) Hipoclorito de Calcio Sólido (Ca(OCl)_2), conocido como Polvo Blanqueador.

Dónde puede funcionar

La desinfección del agua con cloro es ampliamente aplicable. La cloración de sistemas por lotes se puede aplicar a contenedores de almacenamiento de agua pequeños o grandes, mientras que también existen sistemas de cloración continua para esquemas de suministro de agua.

Existen tecnologías para la producción local de cloro mediante electrólisis (por ejemplo, WATA) y se han utilizado con éxito para el tratamiento del agua en las escuelas.

Cómo funciona

El cloro reacciona en un tiempo de contacto relativamente corto de 30 min. La calidad del agua influye en la inactivación por el cloro, ya que las partículas, los componentes coloidales y disueltos reaccionan con el cloro libre y lo consumen. El agua turbia necesita pre-tratamiento para alcanzar una turbidez de menos de 5 NTU. El pH del agua debe estar entre 6.8 y 7.2. La OMS recomienda que haya una concentración residual de cloro libre $\geq 5\text{mg/L}$ después de por lo menos 30 minutos de tiempo de contacto. En el momento de la entrega, la concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0.2 mg/L (OMS 2017).

Consideraciones de costo

Una frasco de hipoclorito de sodio líquido comprado localmente para el tratamiento de 1,000 litros de agua cuesta entre 0.1 y 0.5 dólares estadounidenses.

Un Mini-WATA, que produce cerca de 500ml de cloro en 3h usando sal y agua, cuesta 150 dólares estadounidenses. Si no hay electricidad disponible localmente, es necesario comprar un panel solar.

Recursos adicionales

[Safe Water School Manual SSWM](#) [HWTS](#) [WATA](#) [OMS Helvetas Benin](#)

4.20_Filtro de agua cerámico

TRATAMIENTO DEL AGUA



VENTAJAS

- elimina bacterias y protozoos
- aplicación sencilla
- es posible la producción local
- sin necesidad de productos químicos ni de energía

DESVENTAJAS

- limita la eficacia contra los virus
- riesgo de re-contaminación durante el almacenamiento
- la calidad de los filtros producidos localmente es variable
- requiere una limpieza regular si el agua está turbia
- el material frágil puede provocar la rotura del filtro

Fuente de la imagen: @Eawag

Descripción general de la tecnología

Existen diferentes tipos de filtros cerámicos (por ejemplo, filtro en forma de maceta, filtro de bujía). La eficacia de la eliminación depende del tamaño de los poros de la arcilla. Los filtros cerámicos suelen tener un tamaño de poro de unos 100 nm. El tamaño del poro y la permeabilidad de los filtros cerámicos dependen de los componentes que pueden ser quemados y de la presión aplicada durante la producción. La calidad de los filtros producidos localmente puede ser muy variable.

Algunos filtros cerámicos están recubiertos con plata coloidal. Esto conduce a una mayor eficiencia de desinfección y contribuye a la reducción de los riesgos de re-contaminación en el agua almacenada. Sin embargo, se cuestionan los riesgos potenciales para la salud de la lixiviación de la plata.

Dónde puede funcionar

Los filtros de agua cerámicos normalmente están diseñados para tratar un volumen de 20 a 30 litros. Se utilizan comúnmente a escala doméstica. Los filtros de agua cerámicos también se pueden colocar en las aulas de las escuelas.

Los filtros de agua cerámicos no son muy ideales para el tratamiento de aguas muy turbias, ya que las partículas en el agua obstruyen los filtros, lo que lleva a una necesidad frecuente de limpieza del filtro.

Cómo funciona

El agua se filtra a través de material cerámico poroso, ya sea a través de un filtro de bujía o a través de un filtro en forma de maceta. La mayoría de los filtros son efectivos para eliminar aproximadamente el 99.9% de los protozoos y el 99.99% de las bacterias, pero no eliminan los virus. La velocidad de flujo en los filtros de agua cerámicos es de 1 a 2 litros por hora. Una limpieza insuficiente y un mantenimiento antihigiénico de los filtros pueden provocar la re-contaminación del agua tratada.

Consideraciones de costo

Los filtros de agua de cerámica incluyendo el alojamiento cuestan entre 10 y 45 dólares estadounidenses. El reemplazo de los filtros de bujía o de arcilla cuesta entre 4 y 10 dólares estadounidenses.

Recursos adicionales

[Safe Water School Manual](#) [SSWM](#) [HWTS](#)

4.21_Filtro de bioarena

TRATAMIENTO DEL AGUA

Descripción general de la tecnología

El agua en un filtro de bioarena pasa a través de varias capas de arena y grava con diferentes tamaños de grano. Los microorganismos que viven en el llamado "*Schmutzdecke*", una capa biológicamente activa en la parte superior del filtro, consumen bacterias y otros patógenos en el agua. Los filtros de bioarena eliminan aproximadamente el 90% de las bacterias y virus y el 99% de los protozoos. Los microorganismos de la capa biológica consumen materia orgánica disuelta en el agua y con ello también mejoran la calidad química del agua. Además de la depredación, los sedimentos, quistes y gusanos quedan atrapados en los espacios entre los granos de arena o son adsorbidos al material. Los filtros de bioarena tienen una vida útil muy larga, pueden seguir funcionando satisfactoriamente después de 10 años. Por lo tanto, su instalación podría ser útil en áreas remotas con acceso limitado.

Dónde puede funcionar

Los filtros de bioarena se aplican comúnmente a escala doméstica o se pueden colocar en los patios de las escuelas. Diseñados como filtros de arena lentos, la tecnología también se utiliza para el tratamiento de agua en esquemas de suministro de agua a gran escala.

Los filtros de bioarena no son muy ideales para el tratamiento de agua con una turbidez de más de 50 NTU, ya que las partículas en el agua obstruirán los filtros, lo que lleva a una necesidad frecuente de limpieza del filtro.

Cómo funciona

La superficie del filtro siempre está sumergida bajo el agua. Esto conduce a la formación del "*Schmutzdecke*", la capa biológicamente activa sobre el filtro, permitiendo la eliminación de bacterias y patógenos. Después de pasar por el filtro, el agua se recoge en un cubo de almacenamiento seguro. La limpieza o el secado del filtro destruye el "*Schmutzdecke*". Se necesitan de 2 a 3 semanas de funcionamiento para que la capa biológica se acumule y para que el filtro vuelva a funcionar satisfactoriamente. El filtro de bioarena diseñado por CAWST tiene una velocidad de flujo recomendada de 0.4 litros/minuto medido cuando el depósito de entrada está lleno de agua.

Consideraciones de costo

La instalación de un filtro de bioarena a escala doméstica cuesta entre 40 y 75 dólares estadounidenses.

Recursos adicionales

[Biosandfilter](#) [Safe Water School Manual](#) [SSWM](#) [HWTS](#)



VENTAJAS

- alta eliminación de protozoos, baja eliminación de bacterias y virus
- aplicación sencilla
- es posible la producción local
- no requiere energía ni productos químicos
- instalación muy robusta y larga vida útil

DESVENTAJAS

- eficacia de desinfección inferior a la de otras tecnologías
- necesita una capa biológica madura (2-3 semanas) para ser eficaz ("*Schmutzdecke*")
- el filtro se obstruye con alta turbidez (>50 NTU)
- sin protección residual contra la re-contaminación

4.22_Desinfección solar del agua (SODIS)

TRATAMIENTO DEL AGUA



VENTAJAS

- alta eliminación de bacterias y protozoos. Menor eliminación de virus
- utiliza materiales disponibles localmente (luz solar y botellas PET)
- costo muy bajo
- sin cambios en el sabor del agua
- la re-contaminación es improbable si se almacena en las botellas utilizadas para el tratamiento

DESVENTAJAS

- el agua muy turbia necesita pre-tratamiento
- dependencia climática
- tiempo de tratamiento prolongado (de algunas horas a dos días)
- volumen limitado de agua que puede ser tratada
- requiere un gran suministro de botellas intactas, limpias y del tamaño adecuado

Fuente de la imagen: @Sandec

Descripción general de la tecnología

SODIS utiliza botellas transparentes PET para tratar el agua. La enseñanza de SODIS en la escuela tiene un fuerte efecto didáctico porque la aplicación es simple y los niños pueden aplicar directamente el método que aprendieron en la escuela en sus hogares.

Dónde puede funcionar

Como SODIS utiliza botellas de PET, solamente se pueden tratar pequeños volúmenes de agua a la vez. SODIS no es muy ideal para el tratamiento de agua con una turbidez de más de 27 NTU ya que las partículas en el agua protegerán a los patógenos de la irradiación. Es necesario el pre-tratamiento de aguas turbias. Se requiere suficiente luz solar.

Cómo Funciona

Se llena agua contaminada en botellas de plástico PET transparentes y se expone a la luz solar durante 6 horas. Durante los días nublados, las botellas se exponen durante 2 días consecutivos. Durante la exposición, la luz solar destruye las bacterias patógenas, los virus y los protozoos. Se requiere una intensidad de radiación solar de al menos 500 W/m² durante 5 horas. Si la temperatura del agua supera los 50°C, se produce una sinergia entre la radiación UV-A y la temperatura. A esta temperatura, el agua es segura para el consumo después de 1 hora de exposición solar. La desinfección solar del agua mata el 99.99% de las bacterias y protozoos y el 90% de los virus.

Consideraciones de costo

Los únicos recursos necesarios son botellas de PET vacías y transparentes.

Recursos adicionales

[SODIS](#)
[HWTS](#)



Tema 5_Saneamiento e Higiene

La higiene es dos tercios de la salud

Proverbio libanés

INTRODUCCIÓN

Saneamiento e higiene



Estaciones para el lavado de manos

- Tippy tap (5.1)
- Lavamanos con válvula de salida (5.2)
- Estación de lavado de manos con bomba de pie (5.3)
- Estación de lavado de manos (5.4)
- Elaboración de jabón (5.5)



Instalaciones sanitarias

- Letrina de pozo mejorado (VIP) con ventilación de un solo pozo (5.6)
- Inodoro Seco con Desviador de Orina ECOSAN (5.7)
- Pozos gemelos con descarga de agua (5.8)
- Arborloo (5.9)

La higiene y el saneamiento apropiados son muy importantes para prevenir las enfermedades infecciosas en general, y las enfermedades transmitidas por el agua en particular. Por lo tanto, este tema se centra en la promoción de tecnologías que interrumpen y limitan la propagación de enfermedades. Si en la vida cotidiana se utilizan tecnologías, unas sólidas prácticas de higiene pueden salvar vidas (y especialmente vidas jóvenes).

Este tema presenta una pequeña selección de estaciones de lavado de manos e instalaciones sanitarias, que pueden ser construidas con costos muy bajos o intermedios. La mayoría de ellas no solamente son apropiadas para las escuelas, sino que pueden ser replicadas en el hogar de los alumnos. Para una visión general más amplia de los diversos tipos de tecnologías de saneamiento, consulte el [Compendium of Sanitation Systems and Technologies](#) (Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento) (Eawag). Las tecnologías para almacenar y tratar el agua potable se discuten en el tema 4 y las tecnologías para mantener limpio el medioambiente que nos rodea se tratan en el tema 8.

El uso y mantenimiento de la infraestructura, así como las buenas prácticas de higiene, son la clave del éxito. En el Catálogo de Ejercicios Prácticos se muestran ejemplos de cómo presentárselas y discutir las con los alumnos de una manera práctica y divertida.



5.1_Tippy tap

Se puede hacer un lavamanos estilo *tippy tap* de diversas maneras. La forma más común es encontrar un recipiente (es decir, una lata, botella o cacerola grande) y hacer un agujero cerca de la parte superior. Se coloca una cuerda y un pedal en la parte superior del recipiente para permitir que el agua fluya hacia fuera.

[SSWM](#)

[SSWM](#)



5.4_Estación de lavado de manos

Se puede construir una estación de lavado de manos semi-permanente o permanente con ladrillos y ferrocemento.

[Unicef](#)

[Practical Action](#)



5.2_Lavamanos con válvula de salida

El lavado de manos es higiénico cuando el usuario no contamina la salida de agua. En este caso, un balde con una válvula añadida en la parte inferior sirve como lavamanos. El principio es que la salida de agua se lava continuamente y que el agua se recoge en un segundo balde y las aguas grises se pueden reciclar cuando el balde está lleno.

[SSWM](#)



5.5_Elaboración de jabón

La OMS ha declarado que el uso de jabón es el método más eficaz para mejorar la higiene en una población. Lavarse las manos con jabón después de ir al baño o de limpiar a un niño y antes de manipular alimentos puede reducir las tasas de enfermedades diarreicas entre un 48 y un 59%. Para hacer jabón se necesitan dos ingredientes, sosa cáustica y aceites.

[ZmeScience](#) [World Bank](#)

Remítase al Ejercicio 5.9 en el Catalogo de Ejercicios Prácticos para obtener las instrucciones de cómo hacer jabón.



5.3_Estación de lavado de manos operada con bomba de pie

Un sistema simple y de bajo costo operado por una bomba de pie que bombea agua limpia de un balde de almacenamiento a través de una tubería a un balde adyacente, permitiendo el fácil reciclaje de aguas grises.

[Camping kitchen box](#)

5.6_Letrina de pozo mejorada con ventilación (VIP) de un solo pozo

SANEAMIENTO

Descripción general de la tecnología

La letrina de pozo mejorada con ventilación de un solo pozo es un pozo mejorado con ventilación (VIP). Es una mejora sobre el pozo único porque el flujo de aire continuo a través del tubo de ventilación ventila los olores y actúa como una trampa para las moscas que escapan hacia la luz. A pesar de su simplicidad, los VIP bien diseñados pueden estar completamente libres de olores y ser más agradables de usar que otras tecnologías a base de agua.

Dónde puede funcionar

Los pozos mejorados con ventilación son apropiados para zonas rurales y periurbanas. En áreas densamente pobladas a menudo son difíciles de vaciar y/o no tienen suficiente espacio para infiltrarse. Los VIP son especialmente apropiados cuando el agua es escasa y cuando hay una capa freática baja. No son adecuados para suelos rocosos o compactados (que son difíciles de excavar) o para áreas que se inundan con frecuencia. Asegurarse de que proporcionen la privacidad adecuada para chicos y chicas. Se debe tener cuidado de que los objetos, como árboles o casas, no interfieran con la corriente de aire. El respiradero funciona mejor en áreas con viento, pero donde hay poco viento, su efectividad puede ser mejorada pintando el tubo de negro.

Cómo Funciona

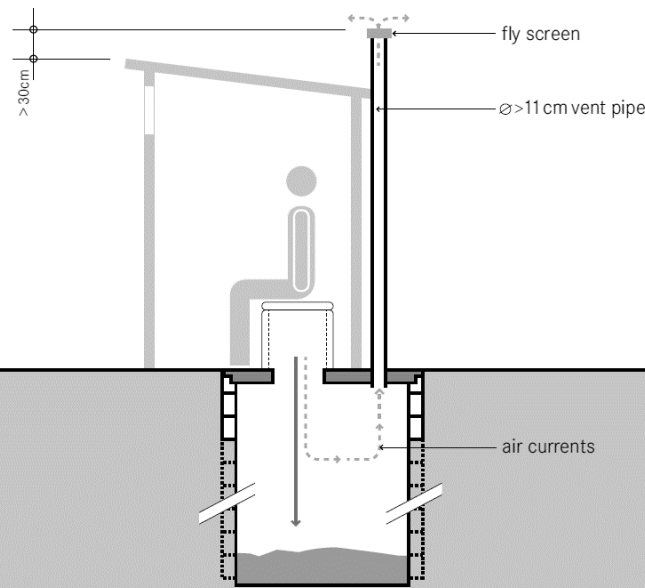
A medida que el líquido se filtra del pozo y migra a través de la matriz insaturada del suelo, los gérmenes patógenos son absorbidos a la superficie del suelo. De esta manera, se puede eliminar a los patógenos antes de que entren en contacto con el agua subterránea. Normalmente se recomienda una distancia horizontal mínima de 30 m entre un pozo y una fuente de agua. La ventilación también permite que los olores escapen y minimiza la atracción de moscas. El viento que pasa sobre la parte superior crea una presión de succión dentro del respiradero e induce una circulación de aire. El aire es aspirado a través de la **Interfaz de Usuario** hacia el pozo, se mueve hacia arriba dentro del respiradero y escapa a la atmósfera. La diferencia de calor entre el pozo (frío) y el respiradero (caliente) crea una corriente ascendente que arrastra el aire y los olores hacia arriba y fuera del pozo. Las moscas que eclosionan en el pozo son atraídas por la luz que se encuentra en la parte superior del respiradero, quedan atrapadas en el mosquitero y mueren.

Consideraciones de costo

Los costos pueden variar dependiendo de los materiales utilizados (cemento, ladrillos quemados, etc.) y oscilan entre 600 y 800 dólares estadounidenses.

Recursos adicionales

[COMPENDIUM WEDC](#)



VENTAJAS

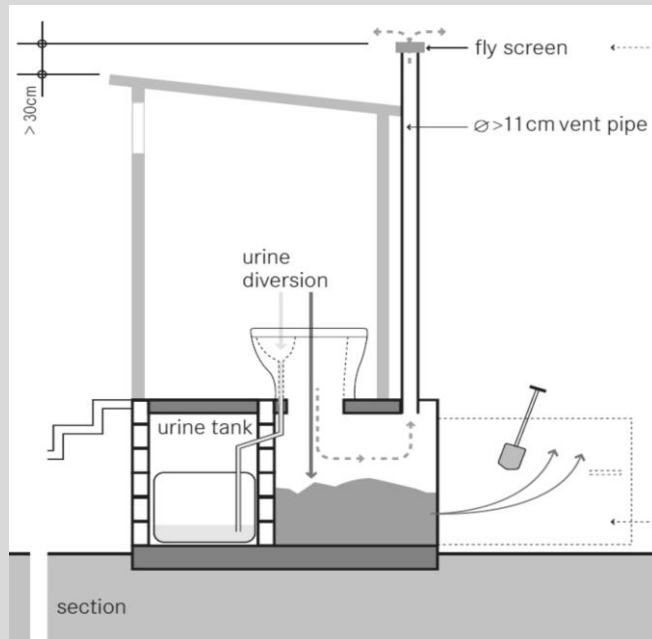
- Las moscas y los olores se reducen significativamente (en comparación con los pozos no ventilados)
- Se puede construir y reparar con materiales disponibles localmente
- Costos de capital bajos (pero variables) dependiendo de los materiales y la profundidad del pozo
- Requiere poca superficie de terreno

DESVENTAJAS

- Baja reducción en DBO y patógenos con posible contaminación del agua subterránea
- Los costos de vaciado pueden ser significativos comparados con los costos de capital
- Los lodos necesitan un tratamiento secundario y/o un vertido adecuado
- La ventilación no elimina completamente los riesgos para la salud de las moscas
- Los pozos son susceptibles a fallas y/o desbordamientos durante las inundaciones;

5.7_Inodoro seco con desviador de orina – Baño ECOSAN

SANEAMIENTO



VENTAJAS

- bajo riesgo de transmisión de patógenos
- uso de heces secas como acondicionador del suelo
- uso de orina procesada como fertilizante

DESVENTAJAS

- Se requiere la eliminación manual de heces secas (barrera cultural)
- Se requiere abastecimiento constante de material de cobertura

Descripción general de la tecnología

Los inodoros secos desviadores de orina (UDDT por sus siglas en inglés) se utilizan para recolectar y almacenar la orina y las heces por separado. Las heces solo se deshidratarán cuando las bóvedas están bien ventiladas, son herméticas para evitar la entrada de humedad externa, y cuando la orina y el agua de limpieza anal se desvían de las bóvedas. Estos inodoros pueden ser contruidos en interiores o con una superestructura separada.

Dónde puede funcionar

Los baños Ecosan son adecuados para áreas rocosas y/o propensas a inundaciones o donde el nivel freático es alto.

Cómo funciona

El baño Ecosan es una tecnología fácil de usar y no requiere ningún o bajo costo de operación si se auto-vacía. Se puede construir y reparar con materiales disponibles localmente. Estos inodoros funcionan mejor con una capacitación y aceptación adecuados para ser usados correctamente.

Consideraciones de costo

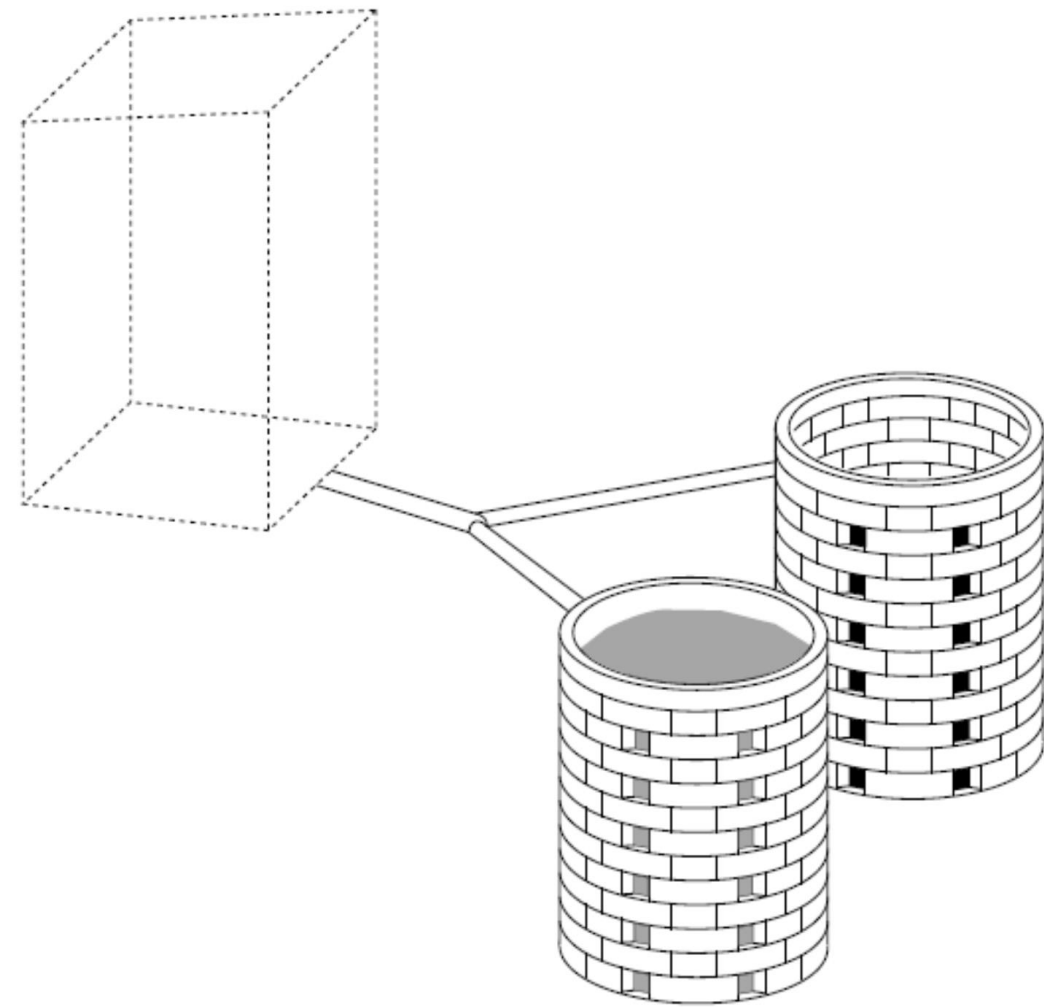
Aunque los costos pueden variar dependiendo de los materiales que se utilicen (cemento, ladrillos quemados, etc.), los inodoros secos con desviación de orina son una opción de bajo costo debido a que no requieren un vaciado mecanizado regular ni un des-lodado. Los inodoros existentes en África oscilan entre 400 y 1200 dólares estadounidenses por unidad.

Recursos adicionales

[ECOSAN COMPENDIUM](#)

5.8_Pozos gemelos con descarga de agua

SANEAMIENTO



VENTAJAS

- bajo riesgo de transmisión de patógenos
- reducción significativa de moscas y malos olores
- se requiere un área pequeña de terreno

DESVENTAJAS

- se requiere la eliminación manual del humus (barrera cultural)
- riesgo de contaminación de las aguas subterráneas debido a lixiviados
- no es adecuado con un nivel freático alto

Descripción general de la tecnología

Los pozos gemelos con descarga de agua consisten en dos pozos alternos conectados a un inodoro con descarga de agua. Las aguas residuales se recogen en los pozos y se dejan infiltrar lentamente en el suelo circundante. Con el tiempo, los sólidos están suficientemente deshidratados y pueden ser removidos manualmente con una pala.

Dónde puede funcionar

Esta es una tecnología a base de agua (húmeda) que es ideal para contextos socioculturales que utilizan agua en lugar de papel higiénico para limpiarse. Se puede ubicar en el interior de la casa, ya que el sello de agua evita olores y moscas.

Cómo funciona

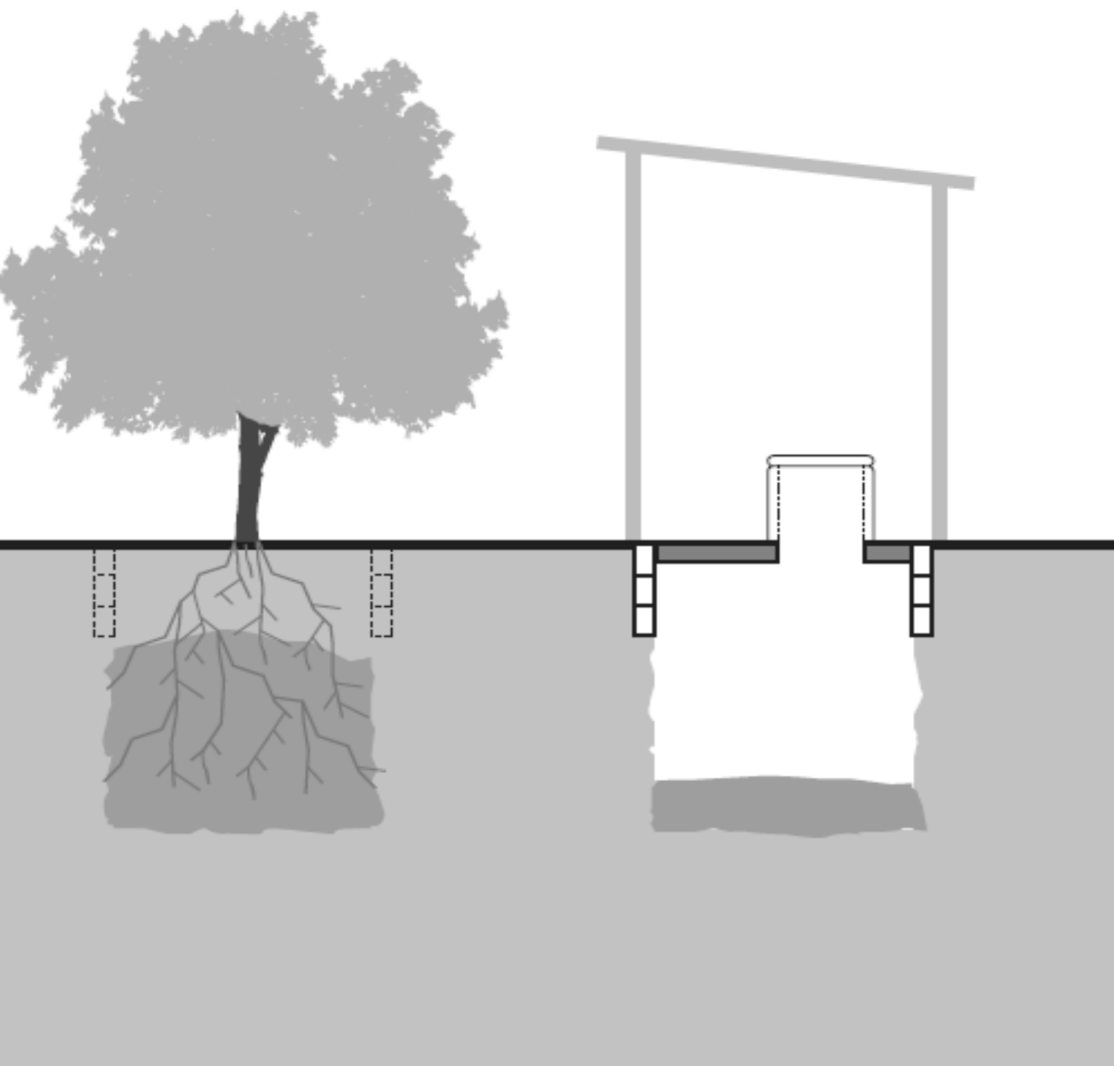
El sistema de dos pozos con descarga de agua **es un sistema de saneamiento muy satisfactorio e higiénico. Los pozos requieren un tiempo de retención más largo (se recomienda dos años) para degradar el material antes de que pueda ser excavado con seguridad. Por lo tanto, los pozos deben ser de un tamaño adecuado para acomodar un volumen de residuos generados durante 1-2 años.**

Consideraciones de costo

Aunque los costos pueden variar dependiendo de los materiales que se usen (cemento, ladrillos quemados, etc.), los dos pozos con descarga de agua son una opción de bajo costo debido a que no requieren de un vaciado mecanizado regular o des-lodado. Los inodoros existentes en la India (para uso doméstico) cuestan alrededor de 500 dólares estadounidenses por unidad.

Recursos adicionales

[Twin Pits Manual](#) [COMPENDIUM](#)



VENTAJAS

- bajo riesgo de transmisión de patógenos
- puede fomentar la generación de ingresos (plantación de árboles y producción de frutas)

DESVENTAJAS

- dependiendo de las condiciones locales, el contenido de un pozo cubierto o Arborloo podría contaminar los recursos de agua subterránea hasta que se descomponga completamente
- no es adecuado con un nivel freático alto

Fuente de la imagen: Eawag

Descripción general de la tecnología

Cuando un solo pozo o un solo pozo mejorado ventilado está lleno y no puede ser vaciado, "llenar y cubrir", es decir, llenar el resto del pozo y cubrirlo, es una opción viable y de bajo costo. El Arborloo es un pozo poco profundo que se llena de excrementos y tierra / ceniza y luego se cubre con tierra; un árbol plantado en la parte superior del pozo rico en nutrientes crecerá vigorosamente.

Dónde puede funcionar

Llenar y cubrir un pozo es una solución adecuada cuando no es posible el vaciado y cuando hay suficiente espacio para excavar continuamente nuevos pozos. El Arborloo se puede aplicar en áreas rurales, periurbanas e incluso más densas si hay suficiente espacio disponible (como en la mayoría de los complejos escolares).

Cómo funciona

Para dismantlar un pozo, simplemente se puede rellenar con tierra y cubrirlo. El pozo lleno no presenta ningún riesgo inmediato para la salud y su contenido se degradará naturalmente con el paso del tiempo. Plantar un árbol en el pozo abandonado es una buena manera de reforestar un área, proporcionar una fuente sostenible de fruta fresca y evitar que la gente se caiga en los pozos antiguos. Otras plantas como tomates y calabazas también pueden plantarse en la parte superior del pozo si no hay árboles disponibles. Se debe cavar un nuevo pozo después de que el pozo esté lleno, lo cual es relativamente intensivo en mano de obra.

Consideraciones de costo

El Arborloo es la solución de saneamiento de menor costo presentada en este manual. Según los materiales utilizados para la superestructura, los costos pueden oscilar entre 60 y 150 dólares estadounidenses por unidad.

Recursos adicionales

[SSWM Arborloo Book](#) [COMPENDIUM](#)

Tema 6_Crecimiento y Cambio

Llamar a las mujeres el sexo débil es una calumnia
Mahatma Gandhi



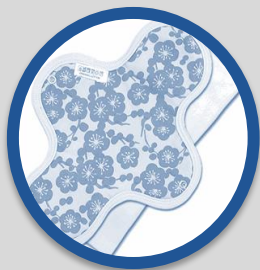
INTRODUCCIÓN

Crecimiento y cambio



Romper el silencio

- En el Catálogo de Ejercicios Prácticos se proporcionan ejemplos



Manejo de la menstruación de manera higiénica y segura

- Toallas higiénicas de tela (6.1)
- Copas menstruales (6.2)
- Letrinas dedicadas y lavado de ropa (6.5)



Soluciones de reutilización y eliminación seguras

- Eliminación segura: recolección, transporte e incineración en hospital cercano
- Eliminación segura (no preferible): incineración in-situ (8.5)
- Incinerador Terracotta (6.3)

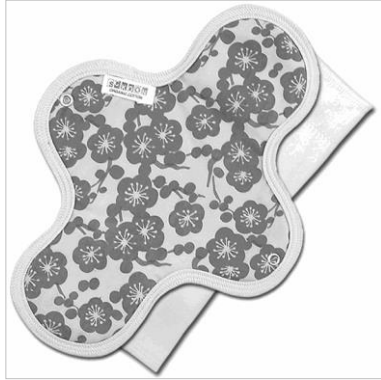
A medida que los niños crecen, se producen cambios en sus cuerpos, acompañados de una evolución de sus mentes, sentimientos y comprensión de las diferencias psicosociales entre hombres y mujeres. Sus necesidades también evolucionarán de muchas maneras. Esta sección del Kit de la Escuela Azul aborda en forma prioritaria las necesidades de las mujeres jóvenes cuando llegan a la pubertad, es decir, el manejo de la higiene menstrual (MHM). Estas necesidades pueden parecer ser mayormente físicas, pero también tienen fuertes repercusiones emocionales. El respeto de esas necesidades es muy importante para asegurar que las mujeres jóvenes puedan ocupar plena y armoniosamente su lugar en sus familias y comunidades.

Esta sección ofrece algunas ideas sobre cómo las escuelas pueden apoyar a las niñas adolescentes o a las maestras en el manejo de la higiene menstrual con dignidad. Los materiales adecuados de protección sanitaria y las instalaciones de agua y saneamiento hacen posible el manejo de la menstruación y reducen el estrés y la vergüenza. Incluso puede aumentar la tasa de asistencia de las niñas (no faltan días a la escuela durante los períodos menstruales) o evitar el abandono total de la escuela.

Esta sección se basa en un enfoque sólido de MHM desarrollado por el Consejo de Colaboración sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento (WSSCC):

- 1) **Romper el silencio** – promover el entendimiento de que la menstruación es un hecho de la vida, y un atributo biológico femenino distintivo del que las mujeres deben sentirse orgullosas, no avergonzadas.
- 2) **Manejar la menstruación de manera higiénica y segura** – garantizar que el agua, los materiales de limpieza y lavado y los espacios privados sean adecuados para manejar los flujos menstruales de forma higiénica y privada, y con dignidad, en el hogar y en los espacios públicos.
- 3) **Soluciones de reutilización y eliminación seguras:** garantizar mecanismos para la reutilización, recolección y eliminación seguras de los desechos menstruales de una ambientalmente segura.

Para obtener mayor información, consulte la sección de antecedentes técnicos del tema 6 en el Catálogo de Ejercicios Prácticos.



[Sckoon](#)

6.1_Toallas higiénicas de tela

Las toallas higiénicas de tela absorben el flujo menstrual durante el período de la mujer, y son una alternativa a las toallas higiénicas desechables. Son menos costosas que las toallas desechables, reducen la cantidad de residuos producidos y también pueden tener beneficios para la salud. Generalmente están hechas de capas de telas absorbentes (como algodón o cáñamo) que son usadas por una mujer mientras está menstruando. Después de su uso, se lavan, se secan y se reutilizan. (Wiki)



Ruby Cup

6.2_Copas menstruales

Una copa menstrual generalmente está hecha de silicona flexible de grado médico y se usa dentro de la vagina durante la menstruación para captar el flujo menstrual. Las copas menstruales tienen forma de campana con tallo. Cada 4-24 horas, se debe retirar la copa y vaciarla, luego se enjuaga y reinserta. En general, pueden reutilizarse durante cinco años o más. Son más prácticas, más baratas y más ecológicas que las toallas higiénicas. (Wiki)

[SSWM](#)

6.3_Letrinas dedicadas y lavado de ropa

Las chicas necesitan tener privacidad particularmente durante su ciclo menstrual. Es importante que cuenten con una letrina dedicada con un área privada para lavar y secar ropa.



[SSWM](#)

Tema 7_ De la Tierra al Plato

una sociedad se hace grande cuando los ancianos plantan árboles en cuya sombra saben que nunca se sentarán

Proverbio griego

usted puede resolver todos los problemas del mundo en un huerto

Geoff Lawton

Permaculture Research Institute of Australia



INTRODUCCIÓN

De la tierra a la mesa



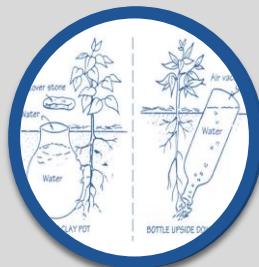
Cultivo y mejora del suelo

- Uso de compost (7.1)
- Mantillo (7.2)
- Plaguicidas naturales (7.3)
- Fertilización con orina (7.4)
- Fertilizantes naturales (7.5)
- Estiércol líquido (7.6)
- Jardinería con carbón vegetal (7.7)
- Sembrado de semillas (7.8)
- Planificación de cultivos (7.9)
- Preparar compost (8.1)



Retención de agua

- Mantillo (7.2)
- Pozo de siembra (7.10)



Prácticas de riego eficiente

- Riego manual con maceta enterrada (7.11)
- Riego por goteo con balde o botella (7.12)



Cultivo sostenible de hortalizas en fincas familiares y pequeños agricultores

- Huerto en ojo de cerradura (7.13) y círculo de bananas (7.13.2)
- Jardines verticales (7.14)
- Diseño de permacultura (7.15) y jardín “Mandala” de permacultura (7.15.2)



Árboles y reforestación

- Agro silvicultura (7.16) y Agro silvicultura Janeemo (7.16.2)
- Regeneración natural gestionada por los agricultores (7.17)
- Reforestación (3.10)

El cultivo de alimentos es esencial para los seres humanos y a medida que la población se ha expandido, más y más terrenos han sido despejados para la agricultura y otras actividades. Lamentablemente, la tierra y el suelo se explotan a menudo de forma insostenible y pierden su productividad en solamente unos pocos años. Por esta razón, las personas siguen avanzando y desbrozan más terreno para convertirlos en campos nuevamente. Esto viene acompañado de la degradación del suelo, la erosión del suelo, el aumento de la escorrentía y las inundaciones, la disminución de la biodiversidad, por nombrar solamente algunos.

Este tema proporciona ideas sobre cómo actuar contra un círculo tan virulento. Muestra tecnologías para el cultivo de alimentos apropiadas para escuelas y comunidades, que permiten:

- 1) Cultivar un suelo que pueda tanto retener como drenar agua apropiadamente para mantener los nutrientes en el suelo.
- 2) Cultivar alimentos y regar eficientemente.
- 3) Mantener árboles y bosques para retener e infiltrar el agua de lluvia en el área.
- 4) Establecer la Agricultura Sostenible de Bajos Insumos Externos (LEISA) como una alternativa a los agroquímicos.

Los procesos como la erosión del suelo, la escorrentía del agua, las inundaciones, etc. están muy vinculados a prácticas sostenibles de gestión del agua y de la tierra y, por lo tanto, lo ideal sería combinar las tecnologías presentadas en el *Tema 3, la Cuenca alrededor de mi escuela*. Se puede encontrar más información sobre los procesos problemáticos vinculados a la producción agrícola en los antecedentes técnicos del capítulo 7 del Catálogo de Ejercicios Prácticos.

7.1_Uso de compost

MEJORA DEL SUELO



VENTAJAS

- Promueve los microorganismos vivos del suelo que son fundamentalmente importantes para crear suelos sanos y, en consecuencia, plantas y alimentos sanos.

- mejora la aireación del suelo
- mejora la capacidad de retención de agua del suelo
- proporciona a las plantas los nutrientes esenciales y ayuda a suprimir las enfermedades de las plantas.
- aumenta la salud y la productividad de las plantas

DESVENTAJAS

- ninguna

Descripción general de la tecnología

El compost es materia orgánica que ha sido descompuesta. Es el equivalente artificial del humus natural que se puede observar en los suelos de los bosques. La productividad de los suelos magros puede mejorarse aplicando compost. Por lo tanto, mediante la aplicación de compost, el suelo mejora debido al aumento del contenido de nutrientes y el fomento de bacterias beneficiosas para el suelo. Esto ayuda a mejorar las propiedades físicas y químicas y contribuye a mejorar la capacidad del suelo para almacenar aire y agua.

Dónde puede funcionar

Aplicable en cualquier lugar.

Cómo funciona

Antes de sembrar, se aplica el compost al suelo a una profundidad de 15 - 25 cm. Si el suelo es muy pobre, puede agregar más compost. El compost libera nutrientes lentamente y no daña las plantas. A lo largo de la temporada de cultivo, puede agregar compost mezclado con tierra como abono de cubierta (alrededor de 1 cm). Cuando se usa compost para las plantas en maceta, la tierra de la maceta se puede hacer con 1/4 a 1/3 de compost maduro y el resto de tierra o arena. El compostaje mejora la infiltración de agua y reduce la escorrentía del agua. No ponga las plantas en compost puro. Las plantas necesitan partículas más gruesas como arena y tierra para arraigar adecuadamente.

Consideraciones de costo

Solamente costos de mano de obra.

Recursos

[SSWM](#)

7.2_Mantillo

MEJORA DEL SUELO | RETENCIÓN DE AGUA

Descripción general de la tecnología

El mantillo es la colocación de material en la superficie del suelo para mantener la humedad, reducir el crecimiento de malezas, mitigar la erosión del suelo y mejorar las condiciones del suelo. El mantillo puede ayudar a mejorar el rendimiento de los cultivos y optimizar el uso del agua.

Dónde puede funcionar

El mantillo se puede utilizar en los campos antes y después de la siembra, así como alrededor de las plantas de cultivos jóvenes. Es especialmente útil para cultivos de hortalizas de alto valor, y para el cultivo en zonas secas, durante el cultivo de secano, y en lugares donde el suelo se erosiona fácilmente por las fuertes lluvias. Si bien la erosión del suelo es un problema, la lenta descomposición del material de mantillo (bajo contenido de nitrógeno, alta relación C/N) puede proporcionar una protección a largo plazo en comparación con el material que se descompone rápidamente (SSWM). Un material de alta relación C/N para mantillo puede retener los nutrientes y causar desnutrición de las plantas. Es necesario observar el crecimiento de las plantas para detectar signos de deficiencias de nitrógeno (es decir, hojas amarillas/pálidas).

Cómo funciona

El laboreo con mantillo consiste en cubrir el suelo desnudo con mantillo o lecho vegetal para evitar o reducir la evaporación de la humedad del suelo y minimizar las energías erosivas de la lluvia que cae directamente sobre las partículas del suelo. El mantillo es diferente de la enmienda del suelo. Los materiales para el mantillo suelen ser residuos de la cosecha, como rastrojo de maíz, residuos de sorgo y la paja de trigo. En los casos en que no estén disponibles, o sean devorados por animales, paja, corteza o cartón triturado, astillas de madera, etc.

Consideraciones de costo

Cuando los materiales están disponibles localmente, se trata de una cuestión de costos de mano de obra. Si no es así, el mantillo puede ser costoso, ya que requiere mucha mano de obra para su obtención, transporte y dispersión.

Recursos adicionales

[SSWM](#)



VENTAJAS

- evita la evaporación
- retiene la humedad del suelo
- controla la erosión del suelo
- reduce el crecimiento de malezas
- ayuda a regular la temperatura del suelo (reduce las variaciones de temperatura)
- mejora la estructura y la aireación del suelo
- ayuda a mantener y mejorar la fertilidad del suelo (aumentando la materia orgánica y protegiendo también los organismos vivos beneficiosos del suelo, como las bacterias y los gusanos)

DESVENTAJAS

- el mantillo requiere mucha mano de obra
- en ambientes húmedos, demasiado mantillo puede crear pudrición de la zona radicular.
- el material del mantillo puede introducir nuevas plagas y enfermedades en un campo.

Créditos de la imagen: WOCAT

7.3_Plaguicidas naturales

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES



VENTAJAS

- Hechos con plantas disponibles localmente
- Fácil de preparar
- Sostenible y eficiente

DESVENTAJA

- Toma algún tiempo de preparar y estar listo (ver alternativa si hay una emergencia)

Descripción general de la tecnología

Hay muchas maneras de preparar plaguicidas naturales, dependiendo de los recursos locales y del problema que se quiera tratar. La receta presentada aquí utiliza hojas de árbol de Neem, ya que está ampliamente disponible en muchos países, y es una forma eficiente de controlar diversas plagas. Para otros plaguicidas naturales para tratar plagas específicas, consulte el recurso adicional a continuación.

Dónde puede funcionar

En todas partes.

Cómo funciona

Recoja las hojas de Neem recién sacadas del árbol y córtelas con un machete o un cuchillo. Ponga las hojas en un recipiente y cúbralas con agua. A continuación, tape el recipiente y dejar reposar la mezcla durante 3 días. Diluya la preparación 1 parte de agua y 1 parte de plaguicida antes de rociarla sobre las plantas.

Alternativamente, especialmente si está en una emergencia, puede hervir la preparación 20 minutos (en lugar de dejarla reposar durante 3 días). En ese caso, no es necesario diluir la preparación, sino dejarla enfriar antes de tratar las plantas.

Consideraciones de costo

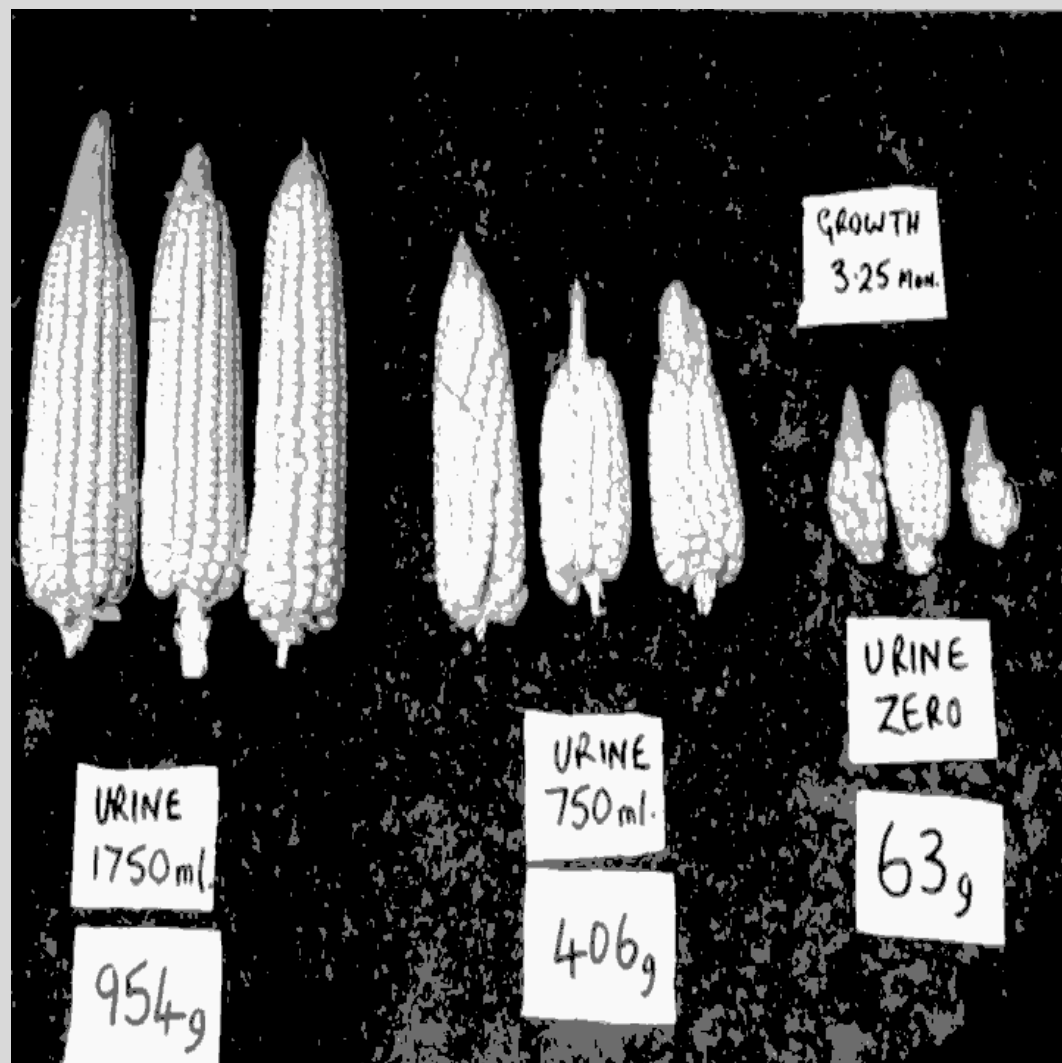
Gratuito.

Recursos adicionales

[Fourthway](#)

7.4_Fertilización con orina

MEJORA DEL SUELO



VENTAJAS

- puede fomentar la generación de ingresos debido a la mejora del rendimiento y la productividad de las plantas
- reduce la dependencia de fertilizantes químicos costosos
- bajo riesgo de transmisión de patógenos
- bajo costo
- contribuye a la autosuficiencia y seguridad alimentaria
- técnicas fáciles de entender

Fuente de la imagen: Steemit.com

DESVENTAJAS

- la orina es pesada y difícil de transportar.
- el olor puede ser desagradable
- intensivo en mano de obra
- riesgo de salinización del suelo si este es propenso a la acumulación de sales
- la aceptación social puede ser baja en algunas áreas

Descripción general de la tecnología

La orina almacenada que ha sido recolectada por separado y almacenada durante 6 meses antes de su uso, es una fuente concentrada de nutrientes que puede ser aplicada como fertilizante líquido en la agricultura y reemplazar a todos o algunos fertilizantes químicos comerciales. Esta hoja informativa se enfoca en el uso de la orina en pequeña escala, lo que se refiere a la aplicación de la orina en pequeños campos, lechos, jardines verticales o en contenedores, huertos escolares, macetas en terrazas, azoteas, etc., lo cual puede hacerse a nivel del hogar o de una comunidad más pequeña sin una infraestructura sofisticada de transporte y aplicación.

Dónde puede funcionar

Aplicable en cualquier lugar.

Cómo funciona

La orina se introduce en el suelo a través de pequeñas zanjas junto a los cultivos de tomates jóvenes. Luego se cubren las zanjas para evitar la pérdida de amoníaco en el aire. La orina almacenada no debe aplicarse directamente a las plantas debido a su alto pH y forma concentrada. En cambio, puede ser: mezclada sin diluir en la tierra antes de la plantación; vertida en surcos, pero a una distancia suficiente de las raíces de las plantas y cubierta inmediatamente (aunque esto no debe ocurrir más de una o dos veces durante la temporada de cultivo); y diluida varias veces, mediante lo cual podrá ser utilizada con frecuencia alrededor de las plantas. La dosis óptima de aplicación depende de la demanda de nitrógeno y de la tolerancia del cultivo en el que se va a utilizar, de la concentración de nitrógeno del líquido, así como de la tasa de pérdida de amoníaco durante la aplicación.

Consideraciones de costo

Los costos son principalmente los costos de la mano de obra. Es más puro, fiable y asequible que muchos fertilizantes químicos que a menudo contienen metales pesados (SSWM).

Recursos adicionales

[SSWM \(Small Scale\)](#) [SSWM \(Large Scale\)](#) [SSWM \(Urine Storage\)](#)
[SSWM \(Fertilizer from Urine\)](#)

7.5_Fertilizantes naturales

TÉS DE PLANTAS FERTILIDAD DEL SUELO



VENTAJAS

- Hechos de materiales naturales, locales
- Aumento los rendimientos

DESVENTAJAS

- El olor puede ser fuerte, especialmente al inicio del proceso de fermentación

Descripción general de la tecnología

Los té vegetales, o "extractos fermentados", podrían ser el tema de un libro en sí mismo. Es un fertilizante natural que utiliza prácticamente todas las hojas verdes. Sin embargo, algunas plantas son particularmente interesantes de usar. Por ejemplo, las ortigas que pican o la consuelda son especialmente beneficiosas, en muchos sentidos. No dude en utilizarlos si están disponibles localmente en su región.

Dónde puede funcionar

En todas partes.

Cómo funciona

Recoja una variedad de hojas (por lo menos tres diferentes, siempre y cuando no sean demasiado gruesas); luego córtelas finamente. Llene un recipiente con las hojas, cúbralas con agua y añada un puñado de ceniza de madera. Dejar fermentar durante una semana aproximadamente (a veces mucho menos, sobre todo en climas cálidos), remueva todos los días. Por lo general, la mezcla está lista cuando ya no se forma espuma en la superficie. La fragancia también se vuelve menos desagradable cuando está lista para usar. Diluya antes de aplicar a las plantas (una parte de té de planta por dos partes de agua) y aplíquela directamente en el suelo cerca de las raíces. Use la mezcla dentro de un plazo máximo de 2 semanas.

Consideraciones de costo

Gratuito.

Recursos adicionales

[Fourthway](#)

7.6_Estiércol líquido

FERTILIDAD DEL SUELO



VENTAJAS

- se hacen de materiales naturales, locales
- forma segura de aumentar los rendimientos

DESVENTAJAS

- Toma algún tiempo de preparar y fermentar

Descripción general de la tecnología

El estiércol líquido es un fertilizante fácil de hacer a partir de excrementos de animales, cenizas y agua.

Dónde puede funcionar

En cualquier lugar.

Cómo funciona

El estiércol líquido se prepara primero llenando una bolsa de tela (permeable) con unos cuantos puñados de estiércol de vaca (u otros excrementos de animales herbívoros) y una pequeña cantidad de ceniza de madera. Se pone una piedra en la bolsa para darle peso. Luego se cierra la bolsa y se ata a un palo. Se llena un recipiente con agua, se coloca la bolsa en el agua y se mantiene en su lugar con un palo. La mezcla se tapa y se deja fermentar en un lugar sombreado. Hay que removerla diariamente durante una semana antes de que esté lista para su uso. Cuando esté lista, se puede aplicar directamente en el jardín, diluida (1 parte de estiércol líquido por 2 partes de agua).

Consideraciones de costo

Gratuito, siempre que se disponga de excrementos de animales.

Recursos adicionales

[Fourthway](#)
[Greendots](#)



VENTAJAS

- mejora significativa en los nutrientes del suelo
- mejora la calidad del cultivo
- aumenta la productividad del cultivo

DESVENTAJAS

- Se requiere una biomasa sostenible para una producción sostenible de biocarbón

7.7_Jardineria con carbón vegetal

TERRA PRETA | HUERTOS DE BIOCARBÓN MEJORA DEL SUELO

Descripción general de la tecnología

El biocarbón es un carbón vegetal de grano fino producido a partir de la combustión lenta de la materia orgánica en un ambiente con bajo o nulo contenido de oxígeno. El biocarbón se promueve como un aditivo del suelo con el fin de mejorar el contenido de carbono negro del suelo y, por lo tanto, la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo. Terra Preta, que significa "Tierra Negra" en portugués, es una técnica de construcción de suelos desarrollada por antiguas civilizaciones amazónicas hace al menos 7000 años como una solución para resolver permanentemente el problema de la mala fertilidad de los suelos tropicales.

Dónde puede funcionar

De aplicación general.

Cómo funciona

Usando una zanja de unos 50 cm de profundidad por el ancho del lecho deseado y colocando una capa de 10 cm de carbón vegetal en el fondo, se mejora dramáticamente la retención de agua y nutrientes (el espacio restante se rellena con tierra ordinaria), añadiendo un sistema de irrigación rudimentario (1 m de longitud de bambú al que se le ha quitado todo el "nodo" del fondo y luego se ha perforado con 4 agujeros de aproximadamente 10 a 20 cm del fondo del bambú, espaciados cada 1-2 m.), crea un depósito de agua rellenable, que libera lentamente el agua/nutriente al lecho de plantación del suelo.

Consideraciones de costo

Los costos de los pozos de plantación consisten principalmente en costos de mano de obra y se estima que ascienden a unos 160 dólares estadounidenses por hectárea.

Recursos adicionales

[Permaculture research Institute of Australia](https://permaculture-research-institute.org/)

7.8_Sembrado de semillas

SUSTENTO | AUTONOMÍA ALIMENTARIA



VENTAJAS

- económico
- las semillas locales se adaptan a las condiciones locales
- es posible producir fácilmente semillas para la siguiente campaña de cultivo

DESVENTAJAS

- requiere habilidades, conocimientos (y experiencia)
- requiere mano de obra y tiempo
- puede ser decepcionante (riesgo de fallar)

Imagen: Greendots.ch / Burkina Faso

Descripción general de la tecnología

Cultivar hortalizas a partir de semillas es una forma barata de producir alimentos. Lo más importante es manejar cuidadosamente el riego, ya que las plántulas jóvenes se secarán rápidamente si no se riegan lo suficiente.

Dónde puede funcionar

En todas partes.

Cómo funciona

Son muchos los métodos para plantar semillas, dependiendo de las necesidades de la planta y de los recursos locales. Siempre pida consejo cuando no haya indicaciones en el paquete de semillas que compró. Básicamente, las semillas tienen cuatro requisitos básicos para germinar: nutrientes (es decir, un sustrato), agua, luz solar (calor) y oxígeno. Las semillas se siembran directamente en el jardín (después de haber preparado los lechos del jardín con compost) o se siembran en bandejas o macetas:

1. Consiga bandejas o macetas.
2. Rellénelas con tierra fina y ligera (compost, arena).
3. Riegue el sustrato.
4. Espolvoree las semillas en la parte superior y cúbralas con una capa delgada de compost fino.
5. Cubra la bandeja o la maceta con un trozo de plástico o vidrio transparente.
6. Descubra cuando las semillas hayan germinado.
7. Trasplante al jardín una vez que la planta sea lo suficientemente grande/fuerte (manténgala en sombra parcial durante una o dos semanas si es posible).

Consideraciones de costo

Es gratis con semillas que se pueden producir fácilmente "en casa" (como frijoles, tomates y pimientos). De lo contrario, uno tendrá que comprar pequeños paquetes de semillas, si es posible de una fuente local sostenible. Si usted produce sus propias semillas, tendrá que limpiarlas y secarlas bien; y almacenarlas en un lugar seco, oscuro y fresco tanto como sea posible.

Recursos adicionales

[Seedsavers](#) [Seedsavers Blog](#)

7.9_Planificación de cultivos

ROTACIÓN DEL CULTIVOS | CULTIVOS INTERCALADOS | CULTIVO DE CUBIERTAS MEJORA DEL SUELO

Descripción general de la tecnología

En muchos sistemas agrícolas tradicionales se puede encontrar una diversidad de cultivos en el tiempo o en el espacio. Al saber que las diferentes plantas tienen diferentes requerimientos de nutrientes, se requiere una buena planificación y manejo del cultivo para optimizar el uso de nutrientes en el suelo.

Dónde puede funcionar

Es ampliamente aplicable y se puede encontrar esta práctica a través de muchas tradiciones agrícolas.

Cómo funciona

La rotación de cultivos significa cambiar el tipo de cultivos que se cultivan en el campo cada estación o cada año. Es una característica crítica de todo sistema de cultivo orgánico, ya que proporciona los principales mecanismos para la construcción de suelos sanos, una manera importante de controlar plagas, malezas y mantener la materia orgánica del suelo. Los cultivos intercalados se refieren a la práctica de cultivar dos o más cultivos en estrecha proximidad: cultivar dos o más cultivos comerciales juntos, cultivar un cultivo comercial con un cultivo de cobertura, u otro cultivo no comercial que proporcione beneficios al cultivo primario. El cultivo de cobertura puede ser una leguminosa con otros efectos beneficiosos, o puede ser una maleza caracterizada por su rápido crecimiento y su enorme producción de biomasa. La propiedad más importante de los cultivos de cobertura es su rápido crecimiento y la capacidad de mantener el suelo permanentemente cubierto.

Consideraciones de costo

Los gastos adicionales incluyen el costo de la semilla del cultivo de cobertura, así como la mano de obra y el tiempo de siembra. Además, es posible que se necesiten equipos especiales o alternativos para manejar las mayores cantidades de residuos presentes en los sistemas de siembra directa. (SSWM)

Recursos adicionales



VENTAJAS

- aumenta la fertilidad del suelo
- ayuda en el control de malezas
- permite una producción de cultivos variada
- los residuos vegetales aportan materia orgánica y nutrientes al suelo
- reduce la erosión
- reduce la escorrentía y mejora
- Infiltración

DESVENTAJAS

- requiere mano de obra y planificación para su implementación exitosa.
- costoso de instalar
- la cobertura y los cultivos intercalados pueden ser difíciles de justificar en zonas con escasez de alimentos
- para evitar incendios forestales, es necesaria una zona de amortiguamiento alrededor del campo

7.10_Pozos de siembra

POZOS ZAI

MEJORA DE SUELO| CONSERVACIÓN DEL AGUA

Descripción general de la tecnología

Los pozos de siembra se utilizan como un método de captación de la precipitación para prevenir la escorrentía del agua y por lo tanto aumentar la infiltración y reducir la erosión.

Dónde puede funcionar

Los pozos de siembra son más adecuados en suelos de baja permeabilidad, como limo y arcilla. Son aplicables en zonas semiáridas para cultivos anuales y perennes (como sorgo, maíz, camote, plátanos, etc.). Debido a su fácil aplicación y a la rápida mejora observable del crecimiento de los cultivos, la implementación de los pozos de siembra es generalmente bien adoptada por los agricultores.

Cómo funciona

El método consiste en cavar agujeros en el suelo (idealmente al comienzo de la estación seca) en los que se pueden sembrar plantas como el mijo o el sorgo más tarde, al comienzo de la temporada de lluvias. Los pozos miden entre 10 y 20 cm de profundidad y 20 y 40 cm de diámetro y están separados aproximadamente 1 m entre sí. Además de esto, se usa la tierra excavada acumulada para formar una pequeña pendiente descendiente en cada pozo y, si está disponible, se agrega fertilizante orgánico o compost a los pozos. La disposición descrita de los pozos de plantación garantiza una captación y concentración eficaz de las precipitaciones, la escorrentía y los nutrientes y, por lo tanto, permite volver a cultivar las tierras degradadas. Para optimizar la situación en los campos, los pozos de siembra se utilizan a menudo en combinación con los muros de contención de piedra en curva.

Consideraciones de costo

La mayoría de los costos surgen debido al tiempo necesario para cavar los agujeros y rellenarlos con materia orgánica. Por lo tanto, dependen en gran medida de la estructura del suelo. Se necesitan aproximadamente de 20 a 70 días por persona por hectárea para cavar los hoyos y otros 20 días por persona para la fertilización. Por lo general, no hay costos de equipo, porque la excavación se puede hacer con herramientas comunes ya disponibles.

Recursos adicionales

[Echo](#) [SSWM Planting Pits](#)



VENTAJAS

- aumenta la infiltración de agua, puede ayudar a la regeneración del suelo
- el diseño de los pozos de siembra es muy flexible
- gran aceptación
- el suelo no necesita ser profundo
- debido al estiércol colocado en los pozos, se puede atraer a las termitas, que transportarán más nutrientes desde los suelos más profundos a las capas superiores

DESVENTAJAS

- altas exigencias de mano de obra para la construcción y el mantenimiento
- durante las estaciones muy húmedas, es posible que se presente un aniego y es necesario colocar residuos orgánicos en los pozos para absorber el exceso de agua
- la tierra ya de por sí poco profunda se vuelve aún más delgada en los lugares donde se excavan los pozos (aplique compost en los pozos cuando sea posible)

7.11_Riego manual con maceta enterrada

RIEGO CON MACETA DE ARCILLA O TUBERÍA | RIEGO CON BOTELLA

CONSERVACIÓN DEL AGUA

Descripción general de la tecnología

Los sistemas de riego manual son métodos muy sencillos, pero eficaces, para poner agua a disposición de los cultivos a la vez que se minimiza la pérdida por evaporación. Los sistemas de riego manual son fáciles de manejar y no hay necesidad de equipo técnico. Pero es importante que se construyan correctamente para evitar la pérdida de agua y el déficit de cultivos. Los sistemas permiten una alta compatibilidad de autoayuda y tienen bajos costos de capital inicial. Se pueden utilizar en casi todas las áreas, pero están especialmente adaptados para áreas áridas donde las tasas de evaporación son altas. Las macetas y tuberías de arcilla porosa son un medio de aplicación de agua que conserva el agua aplicando agua directamente a las raíces de las plantas, limitando así las pérdidas por evaporación.

Dónde puede funcionar

Los métodos de riego manual son apropiados para la agricultura en pequeña escala o la horticultura de traspatio en climas secos y áridos donde el agua es escasa.

Cómo funciona

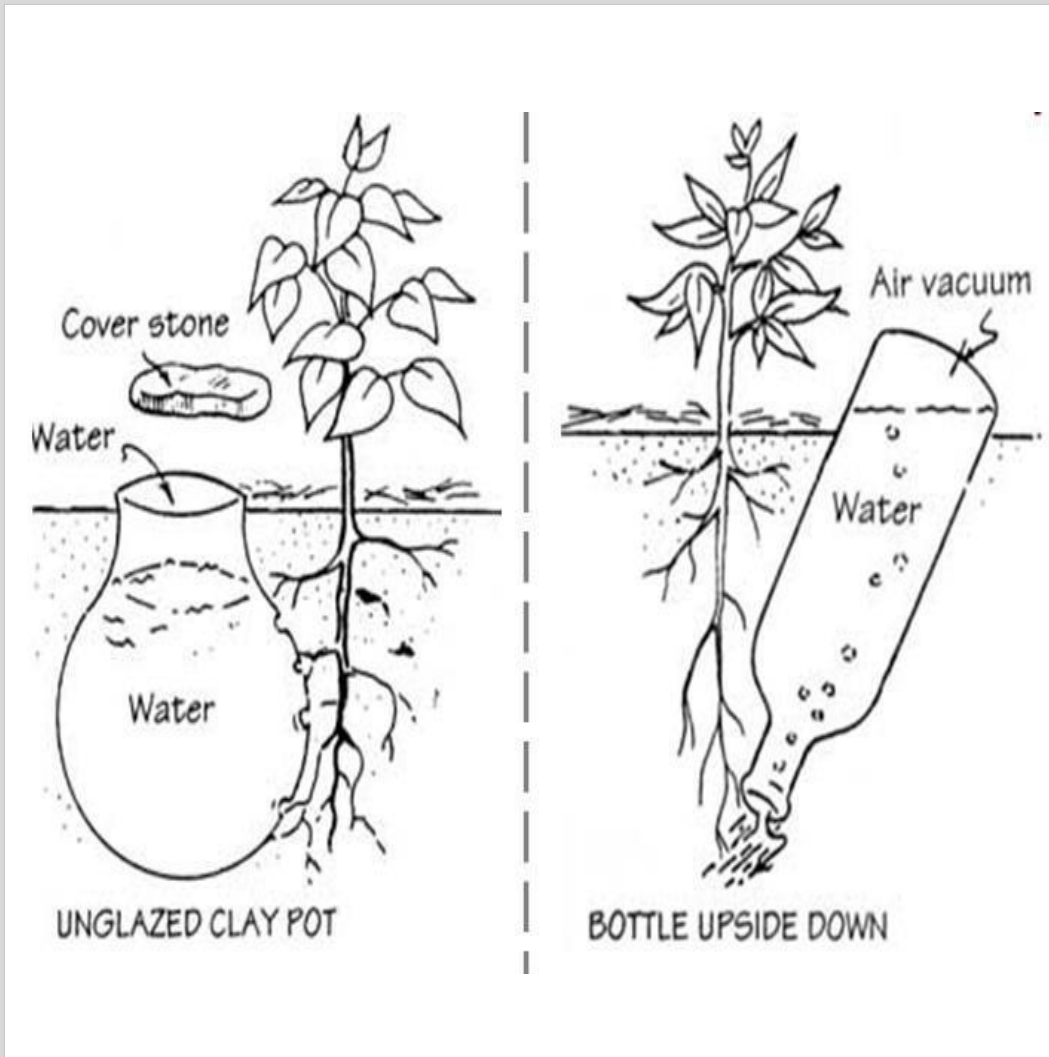
Un método sub-superficial muy básico (véase también el riego por goteo sub-superficial) consiste en colocar frascos (o macetas) de arcilla porosa en pozos poco profundos excavados para este propósito. A continuación, se compacta suelo alrededor de los cuellos de los frascos de forma que sus bordes sobresalgan unos centímetros por encima de la superficie del suelo. El agua se vierte en los frascos a mano o por medio de una manguera flexible conectada a una fuente de agua. Dado que las paredes de las macetas son porosas (asegúrese de usar macetas sin esmaltar), el agua puede salir lentamente y llegar a las raíces de las plantas. Los frascos pueden ser de arcilla disponible localmente: no tienen forma, tamaño, grosor de pared o porosidad estándar. En lugar de una vaina de arcilla o de barro, también se puede utilizar *trychnos spinosa* cuando se ha secado y se ha cortado la parte superior. (SSWM)

Consideraciones de costo

Mínimo. El sistema simplemente requiere un suministro de macetas de arcilla, envases de tipo botella o calabaza y mano de obra.

Recursos adicionales

[SSWM Manual Irrigation](#)



VENTAJAS

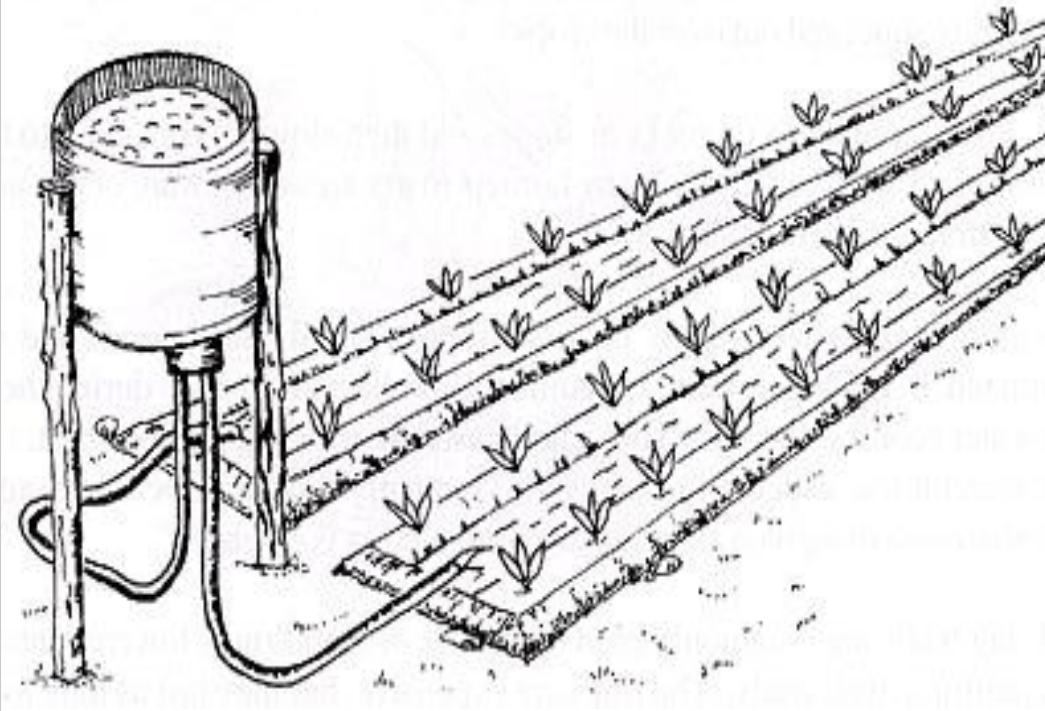
- mejora la eficiencia en el uso del agua
 - dirige y enfoca el riego
 - asegura un suministro constante de agua en la fase crucial de la germinación
 - mayor rendimiento y tasa de germinación
 - disminuye la incidencia de ataques de plagas
 - facilita la siembra pre-monzón
 - la arcilla es a menudo un material disponible localmente
 - bajos costos de inversión
- Fuente de la imagen: [SSWM](#)

DESVENTAJAS

- intensivo en mano de obra
- se requiere formación básica necesaria para la instalación
- si el agua no se filtra correctamente y el equipo no se mantiene adecuadamente, el sistema puede obstruirse
- el riego manual por goteo subterráneo evita el alto potencial capilar del riego tradicional aplicado en superficie, que puede absorber los depósitos de sal de los depósitos inferiores

7.12_Riego por goteo con balde o botella

CONSERVACIÓN DEL AGUA



VENTAJAS

- aumento de la producción de verduras
- barato
- Sin desperdicio de agua y sin tiempo de riego
- minimiza la pérdida por evaporación (si está cubierto)
- crecen menos malezas porque el agua se dirige al cultivo
- el agua gotea lentamente para que los nutrientes del suelo
- no son arrastrados por el agua
- el té de estiércol puede ser alimentado a

través de tuberías.
Fuente de la imagen: [FAO](#)

DESVENTAJAS

- puede obstruirse y funcionar mejor con un sistema de filtro
- Se requiere capacitación para que se utilicen cantidades mínimas de agua
- los campos necesitan ser cercados ya que los animales pueden dañar el sistema
- se requiere una fuente de agua confiable

Descripción general de la tecnología

Incluso cuando las lluvias son escasas o erráticas, el sistema de riego por goteo con balde permite a los agricultores nutrir y cultivar los cultivos que necesitan.

Dónde puede funcionar

En cualquier lugar.

Cómo funciona

Se coloca un balde de goteo de 20 litros a 1 m por encima del suelo en postes. El balde de goteo está conectado a una manguera larga que cruza el campo de cultivo. El balde se llena manualmente. La simple gravedad proporciona suficiente presión para forzar el agua a través de la manguera. El agua gotea a través de los orificios de la manguera, directamente a las raíces de las plantas. Se pueden cultivar de 100 a 200 plantas con un solo sistema de goteo con balde. (SSWM)

Consideraciones de costo

Un kit estándar puede oscilar entre 15 y 85 dólares estadounidenses dependiendo del tamaño.

Recursos adicionales

[SWM Drip Irrigation](#)

[SSWM Subsurface Drip Irrigation](#)



VENTAJAS

- fácil de mantener una vez construido
- facilita la producción de hortalizas durante todo el año
- aumenta la calidad y la diversidad de las verduras
- puede proporcionar protección contra la intrusión de agua de inundación

DESVENTAJAS

- mano de obra intensiva para construir
- el jardín levantado requiere tierra adicional para llegar a la altura del zócalo

Fuente de la imagen: [Terre des hommes](#)

7.13_Huerta en ojo de cerradura

HUERTO

MEJORA DEL SUELO | CONSERVACIÓN DEL AGUA

Descripción general de la tecnología

El modelo de cultivo de hortalizas en un huerto en de ojo de cerradura mejora la resiliencia de las familias que viven en zonas con peligros relacionados con el clima, como inundaciones y sequías. Se ha demostrado que los huertos en ojo de cerradura aumentan la producción de hortalizas en todas las estaciones, mejorando así la autonomía alimentaria de los hogares y la diversidad dietética.

Dónde puede funcionar

Aplicable en cualquier lugar.

Cómo funciona

Un huerto en ojo de cerradura es típicamente un jardín elevado circular de 3m de ancho con una hendidura en forma de ojo de cerradura en un lado. La hendidura permite a los jardineros añadir restos de verduras crudas, aguas grises y estiércol en una cesta de compostaje que se coloca en el centro del lecho. De esta manera, se pueden añadir materiales de compostaje a la cesta durante toda la temporada de crecimiento para proporcionar nutrientes a las plantas. La capa superior del suelo se coloca contra el cesto central, de modo que el suelo se inclina suavemente desde el centro hacia los lados. La mayoría de los huertos en ojo de cerradura se elevan aproximadamente un metro por encima del suelo y tienen paredes de piedra. La pared de piedra no solamente le da forma al jardín, sino que ayuda a atrapar la humedad dentro del lecho. Los huertos en ojo de cerradura se originaron en Lesotho y están bien adaptados a las tierras áridas y desérticas secas. En África se colocan cerca de la cocina y se utilizan para cultivar hojas verdes como lechuga, col rizada y espinaca, hierbas y tubérculos como cebollas, ajo, zanahorias y remolacha. Los huertos en ojo de cerradura son ideales para la siembra intensiva, una técnica en la que las plantas se colocan muy cerca unas de otras para maximizar la producción.

Consideraciones de costo

El costo es variable en función de la disponibilidad de plantas, el suministro de compost y los materiales necesarios para definir el perímetro del huerto.

Recursos adicionales

[Nifty Homestead](#) [WOCAT](#)

7.13.2_Círculo de bananas

JARDÍN MULTI-CAPA

MEJORA DEL SUELO | CONSERVACIÓN DE AGUA

Descripción general de la tecnología

Los círculos de plátanos pueden ser vistos como una variación del huerto en ojo de cerradura, solo que en un tamaño más grande, apropiado para plantar bananas y/o papayas (junto con otras plantas).

Dónde puede funcionar

Aplicable en cualquier lugar (con las adaptaciones apropiadas).

Cómo funciona

El primer paso es cavar un hoyo de 2 metros de diámetro (y aproximadamente 70 cm de profundidad). La tierra que ha sido cavada se apila alrededor del círculo. Esto crea el lecho de plantación. Se apila material de compostaje en el agujero. Las bananas y una variedad de otras plantas se plantan en el lecho en la cresta del círculo. Se puede crear un camino para acceder al compost y alimentarlo regularmente para mantener la fertilidad con el tiempo.

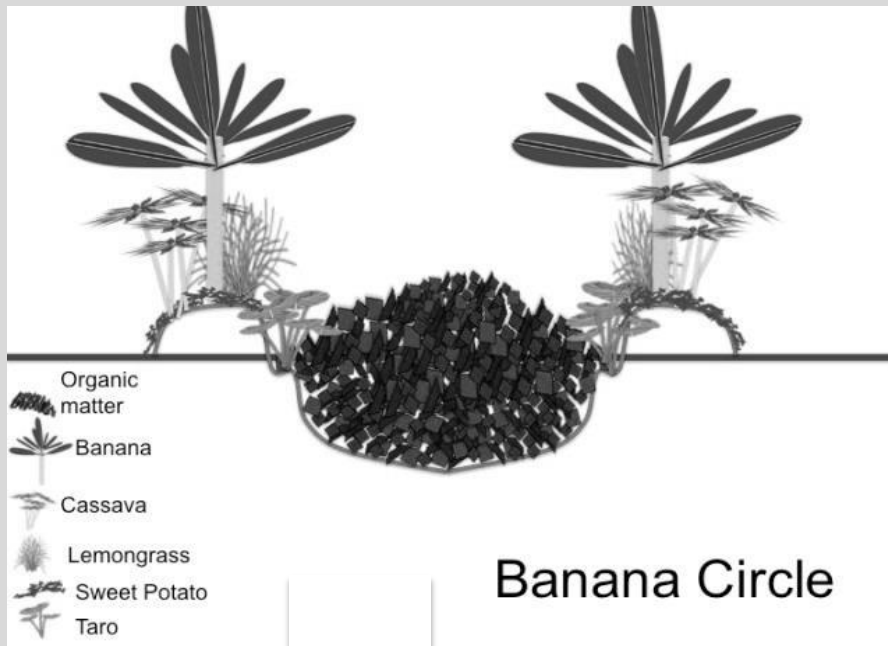
Consideraciones de costo

El costo es variable en función de la disponibilidad de las plantas.

Recursos Adicionales

Antes de comenzar, consulte esta fuente para entender completamente el proceso para establecer un círculo de bananas:

[Permaculture Design Handbook](#)



VENTAJAS

- produce muchos alimentos en un área pequeña
- se puede integrar con un jardín Mandala
- permite un uso seguro aguas grises y/o excretas humanas en el pozo de compost

DESVENTAJAS

- Requiere trabajo adicional



VENTAJAS

- reutilización local de compost y agua reciclada de residuos domésticos o escolares
- bajo costo
- superficie agrícola mínima necesaria
- contribuye a la seguridad alimentaria
- simple y fácil de entender
- es posible regar este sistema con aguas grises.

DESVENTAJAS

- tiene que haber un sistema regular de regado.

Fuente de la imagen: [SSWM](#)

7.14_Jardines verticales

JARDINES EN CONTENEDORES

GESTIÓN AGUAS GRISES | PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Descripción general de la tecnología

La horticultura vertical tiene por objetivo mejorar los niveles de productividad de los lugares de producción agrícola urbanos y suburbanos, donde más comúnmente el espacio disponible es la mayor limitación agrícola. Hay muchas soluciones de diseño disponibles. El diseño del jardín vertical depende del material disponible, del espacio y de las preferencias locales, así como de la creatividad e imaginación de los usuarios. Los cultivos que pueden cultivarse incluyen cultivos alimentarios y no alimentarios (por ejemplo, plantas ornamentales y plantas medicinales). (SSWM)

Dónde puede funcionar

Se pueden colocar en lugares no utilizados como en el techo de las casas, balcones, en la parte superior de las paredes o simplemente colgados. Si hay espacio disponible, incluso se pueden instalar lechos de tierra de mayor superficie, pero esto requiere un diseño algo experto para controlar el drenaje y la infiltración del agua.

Cómo Funciona

Como sustrato de cultivo, se puede utilizar compost, vermicompost, compost terra preta, así como soluciones acuapónicas y aeropónicas. Los cultivos pueden ser cultivados en sacos, bolsas, macetas y todo tipo de receptáculos disponibles como contenedores, latas, latas, botellas, tanques o cajas.

Consideraciones de costo

Limitado al costo de la bolsa, tierra, grava, compost y plantas.

Recursos adicionales

[SSWM \(Greywater Towers\)](#) [SSWM \(Vertical Gardens\)](#)

7.15_Diseño de permacultura

OBSERVACIÓN Y DISEÑO

VÍAS MÁS ALLÁ DE LA SOSTENIBILIDAD | SISTEMAS DE AGRICULTURA REGENERATIVA

Descripción general de la tecnología

La permacultura es un sistema de principios de diseño agrícola y social centrado en la simulación o la utilización directa de los patrones y características observados en los ecosistemas naturales. La palabra permacultura se refería originalmente a la "agricultura permanente", pero se amplió para referirse también a la "cultura permanente", ya que se entendía que los aspectos sociales eran parte integral de un sistema verdaderamente sostenible.

Dónde puede funcionar

En todas partes.

Cómo funciona

El co-inventor de la permacultura, Bill Mollison, ha dicho que "la permacultura es una filosofía de trabajar con, en lugar de trabajar en contra de la naturaleza; de observación prolongada y reflexiva en lugar de trabajo prolongado e irreflexivo; y de mirar a las plantas y animales en todas sus funciones, en lugar de tratar cualquier área como un sistema de producto único.

Por lo tanto, la permacultura es principalmente una técnica de diseño paisajístico cuyo objetivo es crear vínculos beneficiosos entre todos los elementos de un hogar o una granja. Hay tres valores éticos que guían cada diseño de permacultura:

1. Cuidado de la tierra
2. Cuidado de la gente
3. Cuota justa

Consideraciones de costo

Los costos dependen del diseño de permacultura que se planifique.

Recursos adicionales

[Wikipedia](#) [Holmgren Permaculture Principles](#)
[Permaculture Research Institute](#) [Permaculture Design Course Handbook](#)



VENTAJAS

- La permacultura crea sistemas sostenibles de apoyo a la vida que van más allá de la neutralidad de carbono y la sostenibilidad

DESVENTAJAS

- Se requiere trabajo y estudios adicionales para entender y aplicar los principios y técnicas



VENTAJAS

- permite una asociación de cultivos muy densa en patrones variados que promuevan mejoras en el control de suelos y plagas
- evita el desperdicio de agua
- estéticamente interesante, lo que fomenta la asistencia y el mantenimiento
- si está bien diseñado, puede mejorar la biodiversidad beneficiosa
- muy buen jardín de “demostración” para una escuela

DESVENTAJAS

- Intensivo en mano de obra
- Requiere planificación/diseño de antemano

Fuente de la imagen: loulaboo.com

7.15.2_Jardín “Mandala” de permacultura

MEJORA DEL SUELO | CONSERVACIÓN DEL AGUA

Descripción general de la tecnología

Un jardín en Mandala es un jardín circular dividido por senderos y ojos de cerradura que lo dividen en segmentos. Mediante la aplicación de mantillo y compost y sin necesidad de caminar sobre el suelo, no es necesario excavar y la biota del suelo permanece inalterada. Se basa en los principios del huerto en ojo de cerradura, pero donde cada lecho funciona como un lecho en ojo de cerradura con senderos entre los lechos para facilitar el acceso y optimizar el espacio. Los jardines de Mandala pueden venir en una amplia variedad de tamaños y diseños, dependiendo del contexto. Esta técnica permite a los jardineros ser creativos y experimentales. Por ejemplo, se puede incluir estanques de paredes de piedra seca y los arbustos/árboles pequeños en el diseño respecto al agua y la fertilidad.

Dónde puede funcionar

Aplicable en cualquier lugar.

Cómo funciona

Los Jardines de Mandala son típicamente más grandes que las huertas en ojo de cerradura y pueden variar en tamaño de 4m hasta tanto como 100m de diámetro, donde cada segmento del círculo es un lecho en ojo de cerradura. La observación, la planificación previa y el diseño son importantes para que el jardín de Mandala sea funcional y efectivo.

Consideraciones de costo

El costo es variable en función de la disponibilidad de plantas, el suministro de compost y los materiales necesarios para definir el perímetro del jardín.

Recursos adicionales

Onegreenplanet PRI WOCAT

7.16_Agrosilvicultura

GENERAL

SISTEMA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE | AGRICULTURA REGENERATIVA



Descripción general de la tecnología

En resumen, la agro silvicultura es un sistema agrícola productivo y diverso en el que los cultivos se mezclan con los árboles. Los árboles mejoran la fertilidad, proporcionan protección, forraje y refugio a los animales, combustible, madera, frutas y otros beneficios.

Dónde puede funcionar

En cualquier lugar.

Cómo funciona

Existen muchas formas de agro silvicultura. Los principios básicos son plantar muchos tipos diferentes de árboles (diversidad) y crear diferentes capas con diferentes tamaños de árboles. El cultivar en callejones es el sistema agroforestal más común, y quizás la forma más fácil de empezar. En este sistema se plantan hileras de árboles diversos (las terrazas de contorno están en una pendiente). Entre esos árboles se plantan cultivos como cereales o verduras.

Consideraciones de costo

A pequeña escala, los costos se limitan a los costos de las plantas y la mano de obra. A escala de la comunidad, se necesitarían fondos y conocimientos especializados externos para establecer viveros y establecer la producción.

Recursos adicionales

[The Farmers' Handbook](#) [Concept of Food Forest](#)

VENTAJAS

- mejora y diversificación del rendimiento
- conservación / regeneración de suelos y fertilidad
- regulador de humedad y evaporación del suelo (sombra, cortavientos)
- autosuficiencia en el hogar y fortalecimiento de la resiliencia
- protección e incremento de la biodiversidad
- adaptación al cambio climático y DDR

DESVENTAJAS

- requiere capacitación, investigación y planificación
- estrategia de relativamente largo plazo si se empieza desde el principio
- los árboles deben ser podados y cuidados regularmente (pero el manejo también significa más rendimiento)

Fuente de la imagen: [Agrieducate](#)

7.16.2_Agrosilvicultura de Janeemo

ENRIQUECIMIENTO DE LA DIETA | MICROEMPRESA | COMBUSTIBLE SOSTENIBLE



VENTAJAS

- produce biocombustibles para lámparas, estufas y generadores
- produce ingredientes para jabón
- produce biogás para cocinar
- produce abono agrícola
- los extractos de los árboles de neem y moringa tienen importantes usos nutricionales y medicinales

DESVENTAJAS

- Requiere capacitación y planificación para ser efectivo en escala

Descripción general de la tecnología

Janeemo es un sistema de diseño agrícola sobre biocombustibles éticos y sus subproductos. El enfoque integra árboles de *Jatropha*, *Neem* y *Moringa*, con arbustos y hortalizas. Estos se cultivan en comunidades como cercos vivos alrededor de los límites de los hogares y los campos, intercalados con maíz y otros alimentos básicos y plantados como jardines. Los alimentos, la madera y otros productos generadores de ingresos se utilizan en los hogares o se venden localmente.

Dónde puede funcionar

En regiones subtropicales y cualquier otra apta para el crecimiento de *Jatropha*, *Neem* y *Moringa*.

Cómo funciona

Las semillas se cultivan en un vivero de árboles, generalmente 3 a 4 meses antes de la temporada de lluvias para dar tiempo a las plantas para madurar y estar listas para la siembra. Los árboles jóvenes pueden ser trasplantados y tienen tiempo para establecer un sistema de raíces antes de que comience la temporada seca.

Consideraciones de costo

A pequeña escala, los costos se limitan a los costos de las plantas y la mano de obra. A escala de la comunidad, se necesitarían fondos y conocimientos especializados externos para establecer viveros y establecer la producción.

Recursos adicionales

[Janeemo](#) [Julian Krubasik](#) [Kusamala](#)



7.17_Regeneración Natural Gestionada por los Agricultores (FMNR)

REFORESTACIÓN

REGENERACIÓN DEL PAISAJE | CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS | SUSTENTO

Descripción general de la tecnología

La Regeneración Natural Gestionada por los Agricultores (FMNR) es una forma de regenerar la cubierta vegetal con las variedades de árboles existentes en regiones áridas y sobre-pastoreadas. Esta tecnología puede aplicarse en grandes áreas.

Dónde puede funcionar

Esta tecnología se puede aplicar con éxito en cualquier lugar, pero es especialmente relevante en regiones áridas y semidesérticas, donde el ganado libre sobre-pastorea las tierras.

Cómo funciona

En las regiones semiáridas, a menudo se pueden observar tocones de árboles vivos, que a menudo son difíciles de reconocer como tales porque han sido pastoreados repetidamente por el ganado. Esas variedades a menudo tienen unas pocas varillas que crecen de ellas. Uno puede seleccionar la varilla más sana y cortar las otras para ayudar al árbol a crecer solo un tronco futuro. Es importante proteger el futuro árbol con malla.

La observación de los árboles de los alrededores es la mejor manera de identificar las especies adecuadas para llevar a cabo esta actividad. También es muy importante hablar con los agricultores locales para explicarles el alcance y los objetivos de esta tecnología, para que puedan acordar, participar y apoyar el proceso. Este método tiene un muy buen potencial para la regeneración rápida de los bosques, que desempeña un papel crucial en la protección de los ecosistemas naturales y el apoyo a los medios de subsistencia.

Consideraciones de costo

Un cuchillo afilado | malla para proteger las variedades (o cualquier otro sistema de protección disponible localmente).

Recursos Adicionales

Antes del experimento, asegúrese de investigar a fondo la FMNR para entender completamente el principio. FMNR es un concepto que ha sido descubierto y desarrollado por Tony Rinaudo, de World Vision Australia.

[Wikipedia](#) [Farmer Managed Natural Regeneration \(FMNR\)](#) [FMNR \(Video\)](#)

VENTAJAS

- Todas las ventajas de la reforestación, pero potencialmente más rápido que plantar nuevos árboles (mediante el uso de plantas existentes, bien adaptadas y establecidas).
- Permite el uso de recursos naturales (árboles existentes)

DESVENTAJAS

- Es importante hablar e intercambiar con los miembros apropiados de la comunidad cuando se inicia el cambio (no necesariamente una desventaja).

Tema 8_Transformando los Residuos en Recursos

Seamos parte de la solución, no de la contaminación



INTRODUCCIÓN

De residuos a recursos



Residuos orgánicos

- Residuos verdes
- Residuos marrones

Opción de recuperación de recursos

- Compostaje en hileras (8.1)
- Vermicompostaje (8.2)
- Digestión anaeróbica (8.3)

Eliminación segura (no preferida)

- Entierro



Residuos de papel

- Papel usado
- Cartón usado

Opción de recuperación de recursos

- Reutilizar el otro lado

Eliminación segura (no preferida)

- Entierro



Residuos plásticos

- Botella PET
- Empaquetado

Opción de recuperación de recursos

- Reutilización de botellas
- Venderlas a recicladores

Eliminación segura (no preferida)

- Entierro (8.4)



Residuos de metal y vidrio

- Pedazos de metal
- Botella de vidrio

Opción de recuperación de recursos

- Reutilizar metal y vidrio
- Vendérselo a los recicladores

Eliminación segura (no preferida)

- Entierro (8.4)



Desechos menstruales

Toalla higiénica menstrual para mujeres

Eliminación segura

- Recolección, transporte e incineración en hospital cercano

Eliminación segura (no preferida)

- Incinerar in-situ (8.5)

Residuos es un término genérico que se refiere a algo que ya no se utiliza y se desecha. Los problemas con los residuos surgen si no se gestionan adecuadamente, por ejemplo, si se vierten ilegalmente o se queman abiertamente. La quema a cielo abierto y la gestión inadecuada de los residuos suponen graves amenazas para la salud humana y la contaminación ambiental. Esto pone de relieve la necesidad de gestionar los residuos de forma segura en las escuelas y de aumentar el conocimiento y la conciencia de los alumnos sobre los riesgos, pero también muestra vías de mejora.

Los residuos están hechos de diferentes materiales. Para diferentes materiales también se pueden aplicar diferentes estrategias de gestión que mejoren su reutilización, recuperación y reciclaje. Sin embargo, una condición previa para ello es que los materiales de desecho no se mezclen entre sí. Si los residuos se separan en la fuente, algunos materiales pueden recuperarse más fácilmente y convertirse en un producto/recurso valioso. Esto puede reducir significativamente la cantidad residual de residuos que deben eliminarse de forma segura.

Las tareas para una buena gestión de residuos en la escuela son:

- 1) Identificar los flujos de residuos y su cantidad.
- 2) Separar los residuos en las diferentes fracciones de residuos.

En el caso de las fracciones en las que no sea posible su reciclado, reutilización o tratamiento, se les debe evitar, reducir y, por último, eliminar de forma segura cuando sea necesario.

En los siguientes capítulos se muestran diferentes opciones de reciclaje de residuos orgánicos, así como opciones de tratamiento y eliminación segura de las fracciones no reciclables/recicladas.

Consulte también el Catálogo de Ejercicios Prácticos para ver qué puede hacer con cada fracción.

8.1_Elaboración de compost

MEJORA DEL SUELO GESTIÓN DE RESIDUOS



VENTAJAS

- el compostaje en pozo es rápido, fácil y barato ya que no requiere inversión en materiales
- necesita menos agua por lo que es útil para zonas secas.

DESVENTAJAS

- es más difícil seguir el proceso de descomposición en un pozo que con una pila sobre el terreno.

Descripción general de la tecnología

Hay muchas las maneras de hacer compost. El compost regular, el vermicompost, el humus de pozo, la terra preta, el humabono o el ecohumus son todos productos de la degradación de los residuos orgánicos. Aunque varían de alguna manera en cuanto a su composición y estructura, tienen funciones similares cuando se aplican al suelo. El proceso de compostaje a alta temperatura genera calor que mata a la mayoría de los patógenos presentes. El proceso de compostaje requiere carbono, nitrógeno, humedad y aire adecuados. Generalmente se acepta que una proporción de 50% de carbono (material seco, marrón) y 50% de nitrógeno (material húmedo, verde) es suficiente. El material de carbono puede ser hasta 0% de la mezcla. En las siguientes diapositivas se presentan dos tipos de elaboración de compost (en el tema 7 se discute cómo usar el compost).

Dónde puede funcionar

En cualquier lugar.

Cómo funciona

El compost se produce en pozos poco profundos, de aproximadamente 20 cm de profundidad y 1.5 m de ancho por 3 m de ancho. Las capas de residuos de cultivos picados, estiércol animal y ceniza se amontonan, a medida que están disponibles, hasta una altura de 1.5 m y se riegan. La pila se protege del sol / exceso de lluvia, y se deja calentar y descomponer. Se riega según sea necesario. Después de unos 15 a 20 días, el compost se revuelve en una segunda pila y se riega de nuevo. Esto se repite hasta tres veces. Los montones de compost se encuentran generalmente cerca del jardín o de las granjas. Alternativamente, el compost puede ser producido en pozos de hasta 1 m de profundidad. El material orgánico se llena a toda la altura del pozo. (FAO)

Consideraciones de costo

Los costos son mínimos si hay un suministro disponible de materiales orgánicos.

Recursos adicionales.

[SSWM](#)



VENTAJAS

- permite el reciclaje de residuos orgánicos
- mejora las propiedades físicas del suelo (estabilidad, porosidad, retención de agua)
- ayuda a asegurar un medio ambiente sano, vivo y biológicamente diverso del suelo
- Idóneo para:
 - Residuos verdes": recortes de césped, flores, residuos vegetales y de frutas, estiércol animal.
 - "Desechos marrones": tronco de árbol, ramas, hojas, paja

DESVENTAJAS

- riesgo de contaminación del suelo si se utilizan residuos sin clasificar
- olor si la pila de compost está demasiado húmeda y no está bien aireado (no se da vuelta regularmente).
- Inadecuado para:
 - Residuos mezclados con vidrio, plástico, metal
 - Desechos de carne y pescado (atraen a los bichos)

Fuente de la imagen: Eawag

8.2_ Compostaje en hilera

RESIDUOS ORGÁNICOS

CULTIVO DE NUTRIENTES DEL SUELO

Descripción general de la tecnología

Si desea hacer compostaje a mayor escala, puede implementar el compostaje en hileras. La biodegradación natural de la materia orgánica en presencia de oxígeno por microorganismos, principalmente bacterias y hongos, para producir compost. El compost se puede utilizar luego para mejorar el suelo o como medio de cultivo en el huerto escolar.

Dónde puede funcionar

En cualquier parte. En climas fríos el compostaje es un proceso lento.

Cómo funciona

Para una buena práctica de compostaje, una mezcla 50/50 de residuos "verdes" y "marrones" es ideal. Como las hileras de compostaje necesitan aireación natural, la pila de compost no debe superar los 1.2 m de altura para evitar la compactación y se debe voltear periódicamente (15-20 días). Durante el proceso de degradación, se puede alcanzar una temperatura de hasta 70°C en el centro de la pila. Esto contribuye a su higienización al matar los patógenos y las semillas de malas hierbas. Se debe mantener la humedad en la hilera de compost para que cuando el material se exprima en las manos, libere solamente unas pocas gotas de agua y permanezca compacto. Si está demasiado seco, se debe añadir agua. Si está demasiado húmedo, la adición de materiales secos puede absorber agua o voltear la pila durante los días soleados ayuda a aumentar la evaporación del agua. El compostaje, un proceso natural, toma tiempo y de 3 a 6 meses son necesarios antes de que el compost esté listo para su uso. El compost maduro y listo tiene un color marrón oscuro y huele a tierra húmeda, se puede utilizar en el jardín para mejorar la calidad del suelo.

Consideraciones de costos

El costo de la mano de obra solamente.

Recursos adicionales

[Composting Manual](#) [ISWA](#)



8.3_Vermicompostaje

RESIDUOS ORGÁNICOS CULTIVO DE NUTRIENTES DEL SUELO

Descripción general de la tecnología

El proceso de compostaje por lombrices se realiza en cajas o cubos. Las lombrices convierten los residuos orgánicos en un compost de alta calidad similar al humus llamado vermicompost o compostaje por lombrices. Los cubos contienen una capa inferior de material de drenaje y material de lecho (cartón, papel) con un agujero en el fondo del cubo para drenar el exceso de líquido. Dos especies de lombrices de tierra de superficie son adecuadas para el compostaje por lombrices: *Eisenia foetida* y *Lumbricus rubellus*.

Dónde puede funcionar

De aplicación general. Idealmente, el cubo de vermicompostaje debe colocarse en un área sombreada. Las temperaturas ideales son entre 15 y 22°C.

Cómo funciona

Después de aproximadamente 2 semanas de compostaje de residuos (tiempo necesario para mejorar las condiciones estables de vermicompostaje), se agrega materia orgánica en capas poco profundas a los cubos que contienen lombrices de tierra a una densidad de 5 kg/m². La capa de materia orgánica añadida no debe superar los 10 cm de profundidad para asegurar la aireación de las lombrices y evitar el sobrecalentamiento de la materia prima dada su actividad microbiana. Los gusanos pueden ser alimentados con la mitad de su peso corporal en desechos por día. Al cabo de unos 30 días, las lombrices transforman los residuos orgánicos en una sustancia similar al humus.

Consideraciones de costo

El costo de la mano de obra, el material de construcción y las lombrices.

Recursos adicionales

[Vermicomposting Manual](#) [ISWA](#)

VENTAJAS

- permite el reciclaje de residuos orgánicos y la producción de lombrices para la alimentación animal
- Mejora las propiedades químicas (nutrientes, pH) y físicas del suelo (estabilidad, porosidad, retención de agua)

■Idóneo para:

- Residuos verdes": recortes de césped, flores, residuos vegetales y de frutas, estiércol animal.
- "Desechos marrones": tronco de árbol, ramas, hojas, paja

Fuente de la imagen: [Ecocosas](#)

DESVENTAJAS

- el exceso de agua de los cubos no debe ser descargada. Se puede utilizar como abono líquido

■Inadecuado para:

- Residuos mezclados con vidrio, plástico, metal
- Desperdicios de carne y pescado
- Grasas (grasa, aceite, mantequilla, etc.)
- Productos lácteos y residuos salados/avinagrados



8.4_Digestión anaeróbica

CÚPULA FOLTANTE | TUBULAR | DIGESTOR DE CÚPULA FIJA RESIDUOS ORGÁNICOS

FUENTE DE COMBUSTIBLE / CULTIVO DE NUTRIENTES DEL SUELO

Descripción general de la tecnología

Proceso mediante el cual la materia orgánica se descompone debido a la actividad microbiana en ausencia de oxígeno y produce un gas rico en energía (biogás) y un digestato nutritivo. La digestión anaeróbica tiene lugar en un tanque de reactor hermético llamado digestor.

Dónde puede funcionar

De aplicación general. Las temperaturas promedio por encima de los 15°C son adecuadas, de lo contrario se requiere aislamiento.

Cómo funciona

La reducción del tamaño de partícula a máx. 5 cm ayuda a facilitar la digestión anaeróbica. Además, la mayoría de los sistemas de digestión anaeróbica funcionan con una materia prima con un alto contenido de agua (>84%), es decir, a menudo es necesario añadir agua a los residuos. Se necesitan unos 30 días para degradar la materia orgánica y producir cantidades significativas de metano y dióxido de carbono, así como un digestato similar a la lechada. La mayoría de los sistemas de digestión húmeda funcionan de forma continua, es decir, cuando se añade un determinado volumen de materia prima, sale del reactor la misma cantidad de digestato. El biogás producido se acumula en la parte superior del reactor, donde se encuentra una tubería de gas y una válvula que puede conectarse a una estufa de gas para utilizar el biogás como combustible para cocinar. El biogás también puede introducirse en un generador de gas para producir electricidad.

Consideraciones de costo

Los costos de inversión de los digestores anaeróbicos son moderados. La construcción requiere una mano de obra calificada y un diseño experto para garantizar la hermeticidad al gas del reactor. Tanto el biogás como el digestato crean valor añadido, lo que hace que los digestores de biogás sean interesantes desde un punto de vista económico.

Recursos adicionales

[AD for biowaste](#)

VENTAJAS

- genera energía renovable de biogás
- se requiere una pequeña superficie de terreno, ya que los sistemas pueden construirse bajo tierra
- conserva los nutrientes en el digestato

■ Idóneo para:

- Residuos verdes": recortes de césped, flores, residuos vegetales y de frutas, estiércol animal.

DESVENTAJAS

- eliminación incompleta de patógenos
- la fuga de gas puede crear un riesgo
- Inadecuado para:
 - Residuos mezclados con vidrio, plástico, metal
 - "Desechos marrones": tronco de árbol, ramas, hojas, paja



8.5_Enterramiento de residuos

RESIDUOS NO RECICLADOS ELIMINACIÓN SEGURA DE RESIDUOS

Descripción general de la tecnología

El enterramiento o vertido de residuos orgánicos y de residuos peligrosos o contaminados supone una amenaza para el medio ambiente, ya que contaminan el suelo y las masas de agua. Sin embargo, cuando los residuos plásticos u otros residuos "inertes" inorgánicos no pueden reciclarse, enterrarlos sigue siendo la opción más fácil y segura.

Dónde puede funcionar

Cualquier lugar donde haya tierra disponible para excavar y que no sea en áreas con niveles muy altos de agua subterránea o que bordeen las aguas superficiales (río, lago, mar).

Cómo funciona

Un agujero es cavado y rodeado por una pequeña berma y una zanja para evitar que el agua de lluvia fluya hacia el agujero. El fondo del pozo debe estar muy por encima (>2m) del nivel más alto del agua subterránea. Si es posible, una capa de arcilla en el fondo y cubrir las paredes puede evitar que el agua se filtre al área circundante. A continuación, los residuos se vierten en el agujero y se cubren con una capa de tierra para contener los residuos (evitar el transporte por viento, así como las aves y los parásitos). Cuando el hoyo esté lleno de residuos, añada una última capa de tierra para construir una colina ligeramente elevada. Luego cavar un nuevo hoyo en un nuevo lugar.

Consideraciones de costo

El costo de la mano de obra y la cobertura del suelo si no está disponible in situ.

Recursos adicionales

[Manual landfill](#)

VENTAJAS

- evita la diseminación de residuos con el viento

- Idóneo para:

- Residuos de plástico no reutilizable /reciclable
- Residuos no peligrosos, no orgánicos no reutilizables /reciclables

DESVENTAJAS

- daña el paisaje
- no es una solución sostenible

- No es adecuado para:

- Desechos listos
- Residuos orgánicos
- Residuos peligrosos/contaminados

Fuente de la imagen: [SASAHARAMBEE](#)



VENTAJAS

- evita la diseminación de patógenos
- reduce la dispersión de enfermedades
- evita la contaminación del agua subterránea

- Idóneo para:
 - Residuos peligrosos/contaminados

DESVENTAJAS

- Amenaza a la calidad de aire y a la salud pública cuando no se maneja bien
- Libera gases nocivos

- No es adecuado para:
 - Residuos mixtos no peligrosos con plástico.

Fuente de la imagen: [De Montfort](#)

8.6_Incineración de residuos

RESIDUOS PELIGROSOS ELIMINACIÓN SEGURA DE RESIDUOS

Descripción general de la tecnología

Al lidiar con residuos peligrosos que no pueden almacenarse ni transportarse de forma segura a lugares donde puedan eliminarse de forma segura (por ejemplo, un hospital cercano), pueden quemarse in situ en un incinerador De Montfort. Se debe tener cuidado de que la temperatura se mantenga a un nivel suficiente que permita un proceso de combustión completo para asegurar la eliminación de patógenos y reducir el riesgo de emisiones de gases nocivos.

Tenga cuidado: es altamente desaconsejable (e incluso prohibido en la mayoría de los países) verter residuos plásticos no peligrosos en el incinerador, ya que la combustión incompleta tendrá un impacto adverso en el medio ambiente!

Dónde puede funcionar

Solamente en lugares donde existen habilidades para construir, operar y mantener incineradores de residuos adecuados.

Cómo funciona

Las instrucciones detalladas de construcción, operación y mantenimiento se encuentran en el documento del incinerador De Montfort.

Consideraciones de costo

500 a 1,500 dólares estadounidenses por incinerador

Recursos adicionales

[De Montfort](#)

Lista de referencias y recursos adicionales

Muchas de las tecnologías presentadas en el catálogo vienen acompañadas de hipervínculos útiles que usted puede abrir solamente haciendo clic sobre ellos. A continuación, la lista de estos recursos:

Título	Enlace
3.1_Setos vivos	http://www.fao.org/3/a-ad420e.pdf http://www.vetiver.org/KEN_vetiver-for-farmers.pdf http://www.vetiver.org/USA_Vetiver%20Installation%20Guide_2012.pdf https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies_938/
3.2_Muros de contención	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/precipitation-harvesting/bunds https://wocatpedia.net/wiki/Contour_bunds_and_ploughing
3.3_Terrezas radicales	http://www.fao.org/3/a-au298e.pdf https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies_1553/
3.4_Control de cárcavas	http://www.fao.org/docrep/006/ad082e/AD082e01.htm
3.5_Presa de arena	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/precipitation-harvesting/sand-dams-and-subsurface-dams https://wocatpedia.net/wiki/File:Pioneering-sand-dams-brochure-a5-16pp-lr.pdf
3.6_Presa subterránea	http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/drought/docs/Subsurface_Dams.pdf https://www.sswm.info/sswm-university-course/module-4-sustainable-water-supply/further-resources-water-sources-hardware/sand-dams-and-subsurface-dams https://www.samsamwater.com/library/Sub_surface_dams_-_a_simple_safe_and_affordable_technology_for_pastoralists.pdf
3.7_Zanjas de campo	https://www.sswm.info/content/field-trenches https://www.sswm.info/content/stormwater-management
3.8_Zanjas de contorno y ceja	http://lib.icimod.org/record/33883 http://www.icimod.org/nepcat https://permaculturenews.org/2015/07/24/how-to-build-a-swale-on-contour-successfully/
3.9_Estanques de infiltración	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/precipitation-harvesting/micro-basins https://www.sswm.info/content/surface-groundwater-recharge https://www.sswm.info/content/soil-aquifer-treatment
3.10 Reforestación	https://en.wikipedia.org/wiki/Reforestation

Lista de referencias y recursos adicionales

Título	Enlace
Captación en tejado	http://www.appropedia.org/Rainwater_Harvesting_(Practical_Action_Technical_Brief) https://www.sswm.info/archived-perspective-notice https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/precipitation-harvesting/rainwater-harvesting-(rural) https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/precipitation-harvesting/rainwater-harvesting-(urban) http://www.icimod.org/nepcat https://www.samsamwater.com/library.php?cat=rwh
4.2_Coletores de paracaídas o lona	http://pitch-africa.org/
4.3_Tanque de almacenamiento de agua: ladrillo	http://akvopedia.org/wiki/Brick_cement_tank https://www.ircwash.org/sites/default/files/217-81IR-6933.pdf
4.4_Tanque de almacenamiento de agua: ferrocemento	http://akvopedia.org/wiki/Classical_ferrocement_tank http://www.rainwaterharvesting.org/methods/modern/fctanks.htm https://www.ircwash.org/sites/default/files/217-82IR-6932.pdf http://lib.icimod.org/record/33883 https://www.samsamwater.com/library.php?cat=rwh
4.5_Tanque de almacenamiento de agua: botellas de plástico	http://nellhamilton.com/sustainable-east-africa/projects/plastic-bottle-water-tanks-mwera/ https://insteading.com/blog/plastic-bottle-homes/ https://www.youtube.com/watch?v=zcOkeJgANK8
4.6_Tanque SIM de plástico	http://akvopedia.org/wiki/Plastic_water_tanks
4.7_Tanque de calabaza	https://answers.practicalaction.org/?tmpl=unsupported
4.8_Tanque de ferrocemento subterráneo	https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaeb709.pdf

Lista de referencias y recursos adicionales

Título	Enlace
4.9_ Contenedor de plástico para almacenamiento y distribución	www.obelink.n
4.10_ Protección de manantiales y fuentes de agua	https://www.wateraid.org/uk/publications/protection-of-spring-sources-technical-brief https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/groundwater-sources/water-source-protection http://www.icimod.org/nepcat
4.16_ Bombas solares / pequeños sistemas de distribución	http://waterconsortium.ch/publications/mini-water-system-networks/
4.17_ Sistemas de suministro de agua con flujo por gravedad	http://lib.icimod.org/record/33883 http://www.icimod.org/nepcat
4.18_ Ebullición	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWP/safewaterschoolmanual.pdf https://www.sswm.info https://www.hwts.info
4.19_ Cloración	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWP/safewaterschoolmanual.pdf https://www.sswm.info https://www.hwts.info https://www.antenna.ch/en/activities/water-hygiene/ www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/ http://waterconsortium.ch/results/local-production-of-chlorine-for-water-treatment-and-disinfection-purposes/
4.20_ Filtro de agua cerámico	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWP/safewaterschoolmanual.pdf https://www.sswm.info https://www.hwts.info
4.21_ Filtro de bioarena	https://www.biosandfilters.info/ https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWP/safewaterschoolmanual.pdf https://www.sswm.info https://www.hwts.info
4.22_ Desinfección solar con agua (SODIS)	http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/sodismanual_2016_lr.pdf https://www.hwts.info

Lista de referencias y recursos adicionales

Título	Enlace
5.1_Tippy tap	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/optimisation-water-use-home/simple-handwashing-devices
5.4_Estación para el lavado de manos	http://www.rotaryindiawashinschools.com/Downloads/Documents/GroupHWfacilitiesinschoolDesignManual_10212016112035AM.pdf
5.5_Elaboración de jabón	https://www.zmescience.com/other/feature-post/making-soap-home/ http://documents.worldbank.org/curated/en/681501468141299225/pdf/323020Handwashing1handbook02005.pdf
5.6_Letrina de pozo mejorada con ventilación (VIP)	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_2nd_pdfs/Compendium_2nd_Ed_Lowres_1p.pdf http://www.flowman.nl/wedcschoolsanitation20081007.pdf
5.7_Inodoro seco con desviador de orina – Baño ECOSAN	www.wecf.eu/english/publications/2006/ecosan_reps.php www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_2nd_pdfs/Compendium_2nd_Ed_Lowres_1p.pdf
5.8_Pozos gemelos con descarga de agua	www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_2nd_pdfs/Compendium_2nd_Ed_Lowres_1p.pdf
5.9_Arborloo	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/reuse-and-recharge/hardwares/reuse-urine-and-faeces-agriculture/fill-and-cover/-arborloo www.ecosanres.org/pdf_files/PM_Report/Appendix1_The_Arborloo_book_a.pdf www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/sesp/CLUES/Compendium_2nd_pdfs/Compendium_2nd_Ed_Lowres_1p.pdf
6.2_Copas menstruales	https://www.sswm.info/humanitarian-crises/camps/hygiene-promotion-community-mobilisation/hygiene-promotion-community/menstrual-hygiene-management

Lista de referencias y recursos adicionales

Título	Enlace
7.1_ Uso de compost	https://www.sswm.info/sswm-university-course/module-3-ecological-sanitation-and-natural-systems-wastewater-treatment-1/use-of-compost
7.2_ Mantillo	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/conservation-soil-moisture/mulching
7.3_ Plaguicidas naturales	http://www.fourthway.co.uk/posters/pages/pesticide.html
7.4_ Fertilizante con orina	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/reuse-and-recharge/hardwares/reuse-urine-and-faeces-agriculture/application-of-stored-urine https://www.sswm.info/humanitarian-crises/prolonged-encampments/sanitation/use-and-or-disposal/urine-fertilisation-(large-scale) https://www.sswm.info/content/urine-storage https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/reuse-and-recharge/hardwares/reuse-urine-and-faeces-agriculture/fertiliser-from-urine-(struvite)
7.5_ Fertilizantes naturales	http://www.fourthway.co.uk/posters/pages/planttea.html
7.6_ Estiércol líquido	http://www.fourthway.co.uk/posters/pages/liquidmanure.html https://www.facebook.com/283460171679419/videos/2378762677956/
7.7_ Jardinería con carbón vegetal	https://permaculturenews.org/2010/05/25/back-to-the-future-terra-preta-%E2%80%93-ancient-carbon-farming-system-for-earth-healing-in-the-21st-century/
7.8_ Siembra de semillas	https://www.seedsavers.org/learn http://blog.seedsavers.org/blog/how-to-store-seeds
7.9_ Planificación de cultivos	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/conservation-soil-moisture/crop-selection
7.10_ Pozos de plantación	https://c.ymcdn.com/sites/echocommunity.site-ym.com/resource/collection/27A14B94-EFE8-4D8A-BB83-36A61F414E3B/TN_78_Zai_Pit_System.pdf https://www.sswm.info/content/planting-pits
7.11_ Riego manual con maceta enterrada	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/optimisation-water-use-agriculture/manual-irrigation

Lista de referencias y recursos adicionales

Título	Enlace
7.12_ Riego por goteo con balde o botella	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/optimisation-water-use-agriculture/drip-irrigation https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/water-use/hardwares/optimisation-water-use-agriculture/subsurface-drip-irrigation
7.13_ Huerto en ojo de cerradura	https://insteadof.com/blog/keyhole-garden/ https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies_1722/
7.13.2_ Círculo de bananas	https://treeyopermacultureedu.wordpress.com/chapter-10-the-humid-tropics/banana-circle/
7.14_ Jardines verticales	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/reuse-and-recharge/hardwares/reuse-blackwater-and-greywater-agriculture/greywater-towers https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/reuse-and-recharge/hardwares/reuse-blackwater-and-greywater-agriculture/vertical-gardens
7.15_ Diseño de permacultura	https://en.wikipedia.org/wiki/Permaculture https://permacultureprinciples.com/ https://permaculturenews.org/ https://treeyopermacultureedu.wordpress.com/
7.15.2_ Jardín de “Mandala” de permacultura	http://www.onegreenplanet.org/lifestyle/how-to-make-a-mandala-garden/ https://permaculturenews.org/2017/03/24/going-build-mandala-garden/ https://qcat.wocat.net/en/wocat/approaches/view/approaches_1953/
7.16_ Agro silvicultura	https://www.permaculturenews.org/resources_files/farmers_handbook/volume_4/4_agroforestry.pdf https://permaculturenews.org/2011/10/21/why-food-forests/
7.16.2_ Agro silvicultura Janeemo	http://janeemo.webarchive.hutton.ac.uk/ http://www.juliankrubasik.com/janeemo.html www.kusamala.org/projects/janeemo/
7.17_ Regeneración natural gestionada por agricultores (FMNR)	https://en.wikipedia.org/wiki/Farmer-managed_natural_regeneration http://fmnrhub.com.au/ https://www.youtube.com/watch?v=afjVaehQRxg

Lista de referencias y recursos adicionales

Título	Enlace
8.1_Preparación de compost	https://www.sswm.info/water-nutrient-cycle/reuse-and-recharge/hardwares/reuse-urine-and-faeces-agriculture/application-of-pit-humus-and-compost
8.2_Compostaje en hileras	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/Decentralized_Composting/Rothenberger_2006_en.pdf http://www.waste.ccacoalition.org/document/handbook-schools-organic-waste-management
8.3_Vermicompostaje	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/W4/Manual_On_Farm_Vermicomposting_Vermiculture.pdf http://www.waste.ccacoalition.org/document/handbook-schools-organic-waste-management
8.4_Digestión anaeróbica	https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/Anaerobic_Digestion/biowaste.pdf
8.5_Enterramiento de residuos	http://www.bvsde.paho.org/bvsars/i/fulltext/manual/manual.html#manu
8.6_Incineración de residuos	https://mw-incinerator.info/en/401_operation.html

Copyright

Excepto donde se utilizan fuentes de terceros (con la fuente original proporcionada), este trabajo está licenciado bajo la Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> o envíe una carta a Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



La licencia Atribución 4.0 Internacional establece que usted tiene libertad de:

- Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Bajo los siguientes términos

Attribution — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

No hay restricciones adicionales —No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Citación (sugerencia)

Leclert, L., Moser, D., Brogan, J., Mertenat, y A., Harrison, J. 2018. Escuelas Azules - Vinculando el Agua, Saneamiento e Higiene (WASH) con la educación y las prácticas ambientales en las escuelas, Catálogo de Tecnologías. 1era Edición. Consorcio Suizo de Agua y Saneamiento, Caritas Switzerland, Helvetas, Terre des hommes, Eawag. <http://waterconsortium.ch/blueschool/> [Access date]

ORGANIZACIONES DEL CONSORCIO SUIZO DE AGUA Y SANEAMIENTO



HEKS 
Hilfswerk der Evangelischen Kirchen Schweiz

CARITAS Schweiz
Suisse
Svizzera
Svizra



SOLIDAR
SUISSE
Schweizerisches Arbeiterhilfswerk SAH



SWISSAID 
Inspiring courage.

Swiss Red Cross



FASTENOPFER
ACTION DE CARÊME
SACRIFICIO QUARESIMALE

SOCIOS PRINCIPALES

CARITAS Schweiz
Suisse
Svizzera
Svizra



HELVETAS



eawag
aquatic research 

With support from



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Foreign Affairs FDFA
Swiss Agency for Development and Cooperation SDC