

Curso - taller:

Manejo sustentable de Agua

Captación, almacenamiento y uso eficiente



del 23 al 26 de febrero 2006
Granja Tierramor, Erongaricuario, Michoacán

APUNTES



Jacarandas # 5, Barrio Santiago, Erongaricuario, Michoacán, México, C.P. 61630
Tel: 01 4433 730362 (celular), Email: tierramor@laneta.apc.org,
página web: <http://www.tierramor.org>

Contenido

Introducción	3
¿ Como podemos captar agua ?	4
Filtros para aguas pluviales	5
Almacenamiento de agua	
Contenedores cerrados/ Cisternas de ferrocemento	7
Estanques, presas y bordos	8
Uso eficiente de agua	
Estrategias para el ahorro de agua en el uso doméstico / «aguas grises» y «aguas negras»	10
Manejo y reciclaje de aguas grises	
¿ Por que reutilizar las aguas grises ?	11
Sistemas de «drenajes enramados»	11
El Círculo de plátanos/ jabones biocompatibles	13
Sanitarios secos y composteros	
Sistemas sanitarios basados en la deshidratación- el sanitario seco	14
El sanitario seco con secador solar	15
Sistemas sanitarios basados en la descomposición	16
Sanitario «clivus» o «clivus multrum»	17
Sanitario compostero de doble cámara (en su variante TIERRAMOR)	18
Tratamiento de aguas residuales (por Alejandro Marsilli)	
Definición de agua residual / Demanda biológica de oxígeno	21
Pasos de tratamiento/ Sistemas de tratamiento biológico	22
Tratamiento de aguas a nivel domiciliario	23
Biodigestores anaeróbicos	25
Manejo eficiente del agua para hortalizas y cultivos	
Mejoramiento de la capacidad de retención de agua en el suelo	28
Sistemas de riego ahorradores de agua	29
Estructuras como sombras artificiales e invernaderos	30
Manejo de agua en el paisaje	
La erosión de los suelos	31
Utilizar el Aparato «A» para obtener el nivel	32
Utilizar el marco «A» para obtener el porcentaje de desnivel	33
Zanjas y pozos de infiltración	34
Muros de piedra al contorno	36
Cultivo en terrazas niveladas/ Presas de gavión/ barreras vivas y muertas	37
Terrazas individuales/ Metodo Tlaxco de Renovación Silvícola	38
Diseño integrado	39

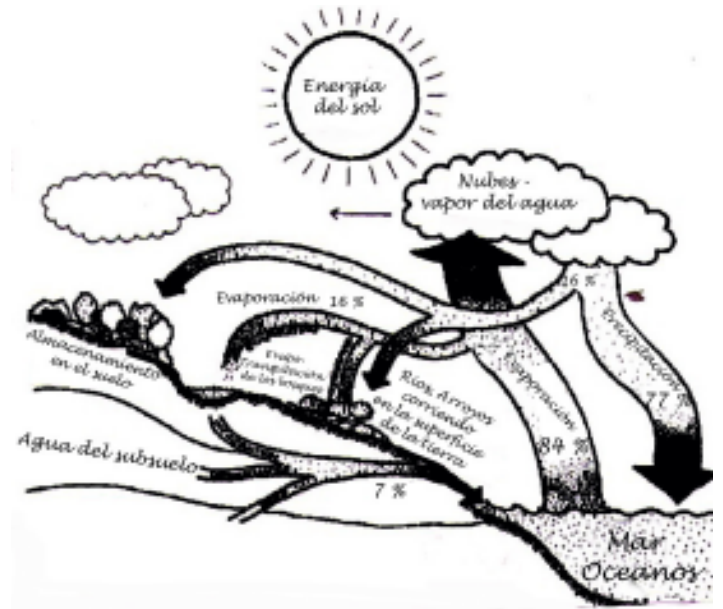
«Manejo sustentable de agua en zonas áridas» , cuarta edición, febrero 2006 –
este texto forma parte de los materiales de apoyo de tierramor
recopilado y editado (2000 – 2006) por H.Hieronimi, Erongaricuaro, Michoacán
Email: tierramor@laneta.apc.org – página web: www.tierramor.org
este manual se encuentra continuamente en ampliación, actualización y mejoramiento ...
con gusto recibimos aportes

Introducción

En las tierras áridas de grandes áreas de México la disponibilidad de agua dulce para consumo humano, la ganadería y el riego de los cultivos es el factor más limitante para lograr nuestros objetivos.

Todos sabemos que el agua es esencial para la vida, su presencia y sus características permitieron la evolución en este planeta. Sin el agua no hay vida, es nuestro recurso más precioso y debe tratarse como tal.

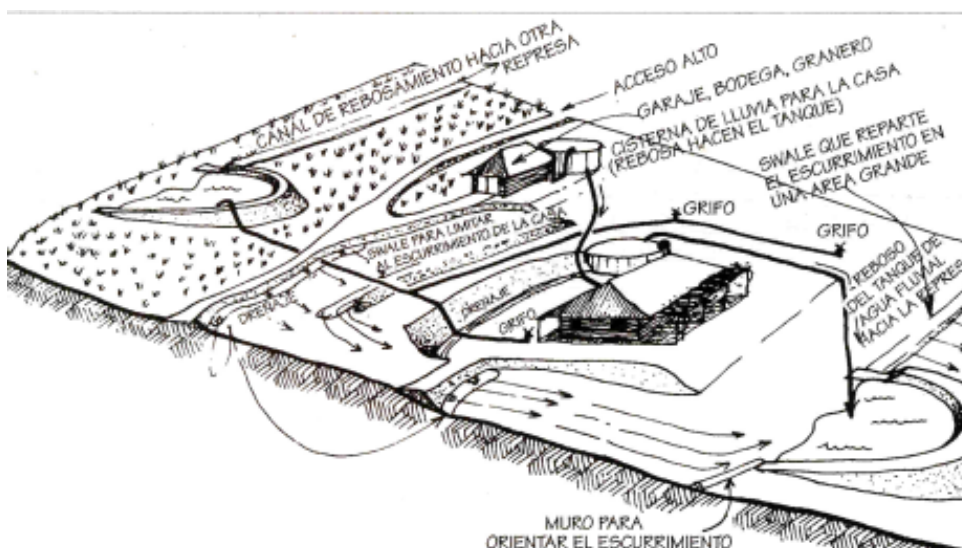
El 97 % del agua de nuestro planeta está en los océanos en forma de agua salada. Del 3% de agua dulce que existe en el planeta, casi toda está almacenada en los mantos acuíferos profundos, en hielo y nieve permanente, en los grandes lagos y ríos; Menos del 1% de todo el agua dulce se encuentra en la atmósfera y de esta manera está disponible como agua de lluvia.



La situación del agua afecta directamente el tipo de desarrollo que podemos realizar. Depende de muchos factores, por ejemplo:

- => La precipitación pluvial por año, su distribución a través de las estaciones y la confianza que podemos tener en que ésta suceda; (*preguntar en la comisión de agua las cifras de precipitación anual promedio en los últimos años en su bioregión*)
- => Las características del suelo, composición, su drenaje y capacidad para retener el agua;
- => La cobertura del suelo (vegetación, materia orgánica/ arropes), animales (especies, densidad);
- => De las plantas y cultivos que queremos integrar y sus características sus requerimientos y el tipo de agricultura que queremos realizar

Aunque el primer factor es fijo, los demás los podemos controlar y modificar según las circunstancias y logrando así cambios significativos a través del tiempo.



Grafica 2/1: Diseño integrado del sistema de agua en una granja- los grandes almacenes de agua se encuentran arriba de las casas, instalaciones y lugares de su uso. Se capta y almacena el agua de los techos.

1.) La perforación y explotación de pozos profundos

En muchos casos queda descartada esta opción: Es muy costosa, en muchos lugares imposible de realizar, y no asegura un abasto a largo plazo.

Las reservas de agua en el subsuelo son limitadas, tenemos que explotarnos con medida y cuidado. Estamos afectando directamente a los mantos acuíferos, que tardan cientos de años para recargarse. En regiones donde se practica mucha agricultura «química», áreas urbanas e industriales hay peligro, de que el agua del subsuelo este contaminada con residuos de fertilizantes y químicos. (Es importante realizar un análisis biológico y químico del agua)

2.) Captación de agua de lluvia de los techos, balcones, plazas, caminos, carreteras, rocas grandes y superficies impermeables

Las lluvias en zonas áridas tienden a suceder de manera errática y extrema: A lo mejor, caen nada mas cuatro o cinco aguaceros fuertes al año, pero si la precipitación es muy alta la podemos aprovechar para abastecernos de agua limpia .(consumo humano.)

Ventajas de agua de lluvia:

=> Es la mas limpia, “destilada” por el sol y las nubes.

=> Es agua potable, si la cosechamos, almacenamos y filtramos cuidadosamente (ver: filtros)

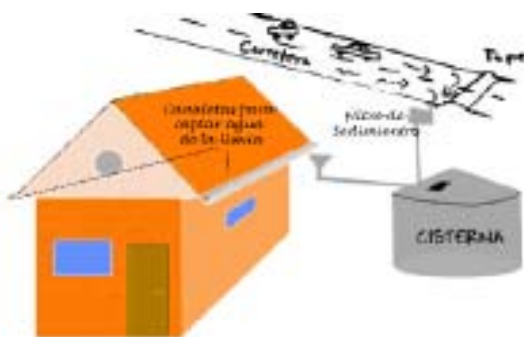
=> Esta accesible en cualquier lugar donde hay lluvia

=> No se necesitan muchas tuberías, bombas caras, ni filtros sofisticados para cosecharla

Desventajas:
=> Para guardar el agua de lluvia, se necesitan cisternas y contenedores, con suficiente capacidad para guardar agua durante los meses secos. Estos tienen un costo considerable.

=> Necesitamos mucha superficie impermeable, así como espacio debajo de ellas, para ubicar las cisternas y llenarlas por gravedad

=> Para evitar, que el agua se pudra o se llene de mosquitos, las cisternas tienen que estar selladas y protegidas de la entrada de luz, viento, polvo y animales.

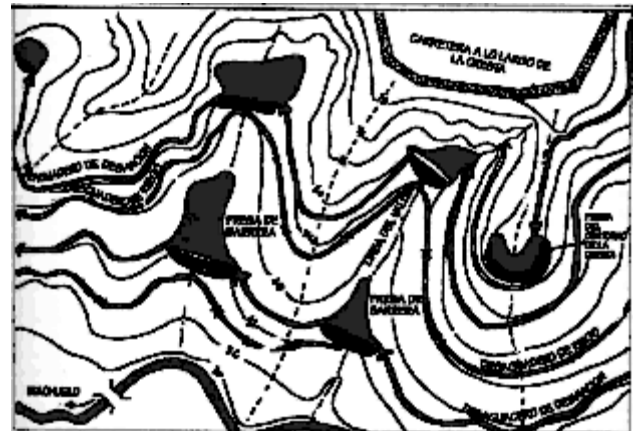


¿ Como podemos captar agua ?



3. Cosecha de nacimientos de agua, arroyos, cascadas, riachuelos permanentes y temporales

Para esto utilizamos canales de desviación , diques, presas, estanques. En zonas secas y desérticas hay que poner atención a los contornos del terreno, hay muchos lugares donde durante los aguaceros fluye o se junta el agua. Estos serán los sitios para construir presas y estanques.



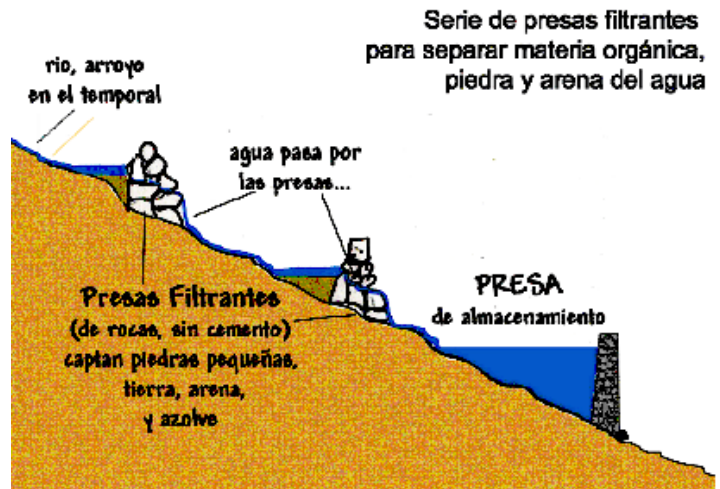
El Sistema de “Línea Clave”, propuesto por P.A.Yeomans, para guardar agua para los meses secos: Se construyen una serie de presas, que guardan el agua del temporal para la sequía. Se empieza a utilizar el agua desde las presas que están mas arriba en la montaña. Para el fin de la sequia la última presa todavía tiene agua (para peces y acuicultura, p. e.)

Si queremos cosechar agua de arroyos, ríos y cascadas, tenemos que poner especial atención en un sistema de desazolve antes que llegue a los estanques, presas o cisternas, ya que el agua estuvo en contacto con la tierra antes de llegar a nuestros sistemas de captación.

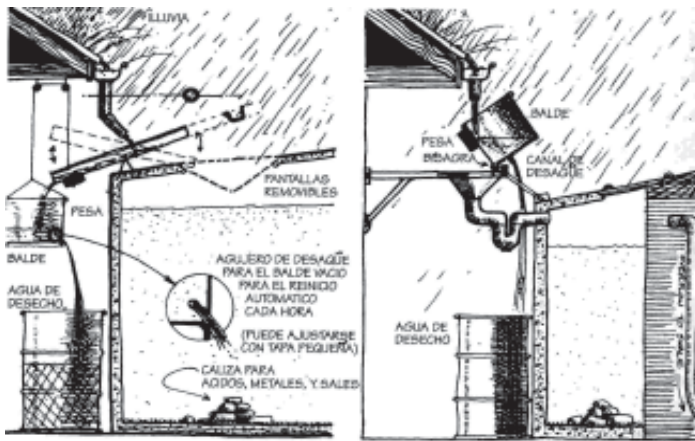
Filtros- aguas pluviales

presas filtrantes: Una solución muy sencilla para estos casos es la construcción de «presas filtrantes», en barrancos y cauces de los arroyos y manantiales, que dejan pasar el agua, pero retienen tierra y materia orgánica. Estos se construyen de piedras y rocas amontonadas, sin el uso de cemento— en algunos casos reforzados con malla ciclónica. Cuidado de no hacerlas demasiado altas, porque se pueden tumbar con la fuerza del agua después de los aguaceros— mejor hacer varias presas chiquitas

Esta técnica también es útil en el manejo de agua en el paisaje, en la captación de materia orgánica evitando la erosión del suelo.



Serie de presas filtrantes para separar materia orgánica, piedra y arena del agua



Para filtrar el agua cosechada del techo: Sistema con un bote, que no deja entrar los primeros chorros de agua a las cisternas de captación. Después de un rato se llena y cae, para dejar el paso libre a la entrada de la cisterna

=>Registro/ piletta de desazolvemento

El agua se cosecha de los techos mediante canaletas y tubos, la guiamos hasta una piletta, y desde allí se cosecha el agua desde la superficie, para mandarla despues, a las cisternas. Los sólidos se quedan en el fondo del registro, hojas y materia orgánica flotan, pero no pasan por la canasta de malla fina.

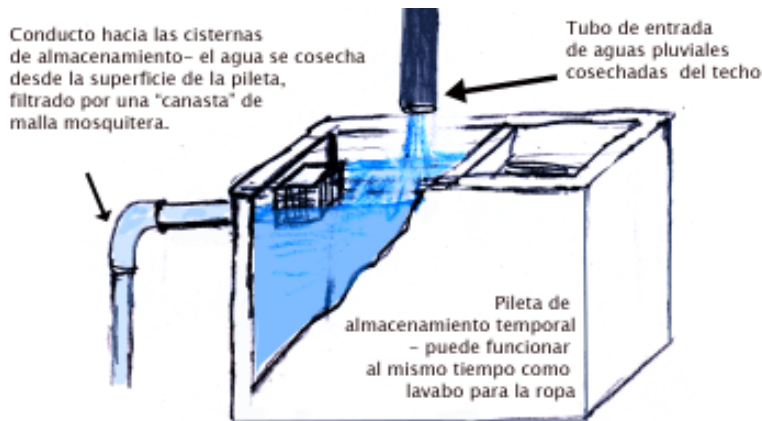
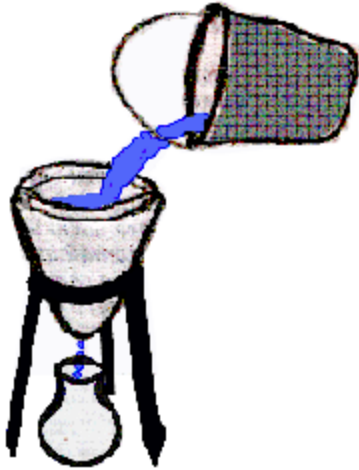
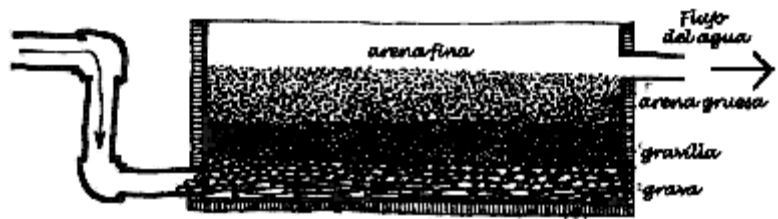


Foto a la derecha: Sistema de cosecha de aguas pluviales desde la parte superior del muro de una presa, que capta agua de una cascada en temporada de lluvias. (Ecaldea Huehucoyotl, Morelos, México)



filtro de arena

para purificar agua de contaminación microbiológica: Las últimas dos capas (gravilla y arena) se cambian cada 6 meses (es para agua ya pre-filtrada, si no se puede tapar!!!)



Método tradicional en comunidades rurales:

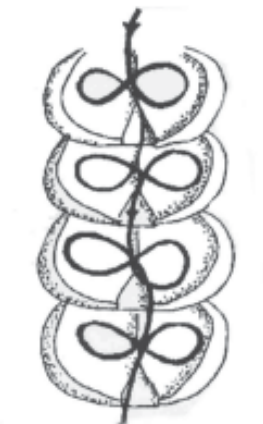
El agua pasa por un cono de una piedra porosa. Estos pequeños poros y la exposición al aire durante este tiempo filtran el agua lentamente para su potabilización.

Oxigenación de agua con «flujo-formas»

Estos moldes se pueden fabricar de barro, cerámica o cemento.

El agua fluye en círculos invertidos como un «8».

Al pasar por varios de estos, el agua se oxigena, lo que disminuye de manera significativa la presencia de bacterias dañinas (patógenos) y microorganismos.



Almacenamiento de Agua

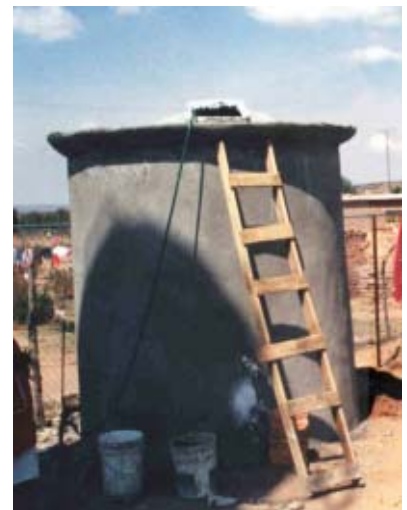
Contenedores cerrados: En regiones áridas conviene almacenar el agua en contenedores cerrados como cisternas, piletas y tinacos, especialmente si lo queremos luego utilizar para el consumo humano: así no se evapora con el sol y el polvo, los insectos y microorganismos no pueden afectar su calidad.

Tinacos: De plástico, fibra de vidrio o «rotoplast» (hay también algunos de asbesto, no hay que usar estos por ser un material tóxico): Los tinacos pequeños se utilizan para almacenar cantidades pequeñas de agua (hasta 5000 ltr.) y tienen un costo alto. Se recomienda ubicarlas en la sombra de un árbol o casa, así no se dañan con el sol y el agua no se calienta demasiado por el color negro de la mayoría de los modelos en el mercado

En algunos lugares puede ser interesante construir nuestras cisternas de tabique, roca o piedra, si esto es un material típico de la región o del terreno. Los muros de piedra se visten con malla de gallinero y luego se repellan con mezcla de cemento. Hay que impermeabilizar cuidadosamente, y la última capa de pasta de cemento tiene que hacerse bien, si no rápidamente pueden aparecer fugas de agua

Cisternas de ferrocemento

La técnica del ferrocemento es muy útil para construir contenedores grandes de almacenamiento de agua- es relativamente económica y puede ser construida por albañiles locales, una vez familiarizados con la técnica. Se hacen de forma redonda, para distribuir bien el peso de su contenido. Por su forma, llegamos a un uso óptimo de los materiales (hasta un 40 % mas capacidad con el mismo material que la forma cuadrada), es muy manejable y resistente y se puede construir grandes almacenes de agua (hasta mas de 100.000ltr.) Como dice el nombre, usamos principalmente dos componentes: fierro y cemento. Sobre una estructura de electromalla y entretejida con dos capas de malla gallinera se colocan varias capas de cemento, hasta llegar a un ancho de 3 a 5 cm. La combinación de estos materiales nos da una buena estabilidad, resistencia y durabilidad: ¡ Siempre dejar unos 20cm de agua en el fondo, porque si las dejamos completamente vacíos, se rompen!



los diferentes pasos para construir una cisterna con la técnica de ferrocemento:

(1) el enmallado- se entretejen dos capas de malla gallinera con la electromalla (2) se forma la estructura cilíndrica, la cual se planta con un firme de cemento y grava en el terreno debidamente preparado. (3) Con una cimbra de triplay se pone la primera capa de cemento, después se colocan varias capas más hasta sellar el tanque. En la última capa se agrega baba de nopal a la mezcla como impermeabilizante. (4) Se pone la tapa, generalmente en forma piramidal, para ahorrar cemento

=> **Estanques, presas y bordos:** En algunos casos puede ser una solución interesante, para almacenar agua para el consumo de los animales o para el riego de cultivos. También puede servir para modificar el microclima de manera positiva. Para mantener la calidad del agua, tenemos que introducir flora y fauna a estos cuerpos de agua artificiales (peces, plantas acuáticas). De otra manera la calidad del agua se declina y estamos creando focos de infección.

Un **estanque, bordo o pequeño lago**, puede funcionar como espejo, (para reflejar la luz del sol de la mañana a la casa para calentarla), como depósito de calor, como limpiador de contaminantes, hábitat para aves e insectos benéficos para el control de plagas, barrera contra el fuego, lugar de recreación o como parte de un sistema de irrigación.



Cuando se planea construir un estanque, hay que tener cuidado de

- (a) incorporar islas y nichos para atraer la anidación de aves acuáticas
- (b) incluir terrazas en los bordes interiores del estanque para la siembra de plantas de forraje que alimentan aves, peces, insectos y oxigenar el agua.
- (c) incluir refugios subacuáticos para peces: debe tener por lo menos un lugar más profundo (mas de 2.5m), y en los lugares con poca profundidad se ponen llantas, piedras, troncos etc., allí se pueden criar los peces, ranas, insectos, tortugas...

Las **presas** deben diseñarse cuidadosamente, considerando factores como ,seguridad, fuentes de recolección de agua, canales de desborde para drenar y controlar el agua, cuando se desborda en los aguaceros fuertes. Cualquier presa con mas que 2 m de altura tiene que ser construida con técnicas de ingeniería. La mayoría de las presas se construyen en tierras húmedas, donde hay una recarga mas o menos constante de agua fresca. (En áreas secas existe el peligro, que se evapore demasiada agua y la restante se saliniza o se pudre).



Bordo para riego, en el Municipio de Tierra Blanca, Edo de Guanajuato, México

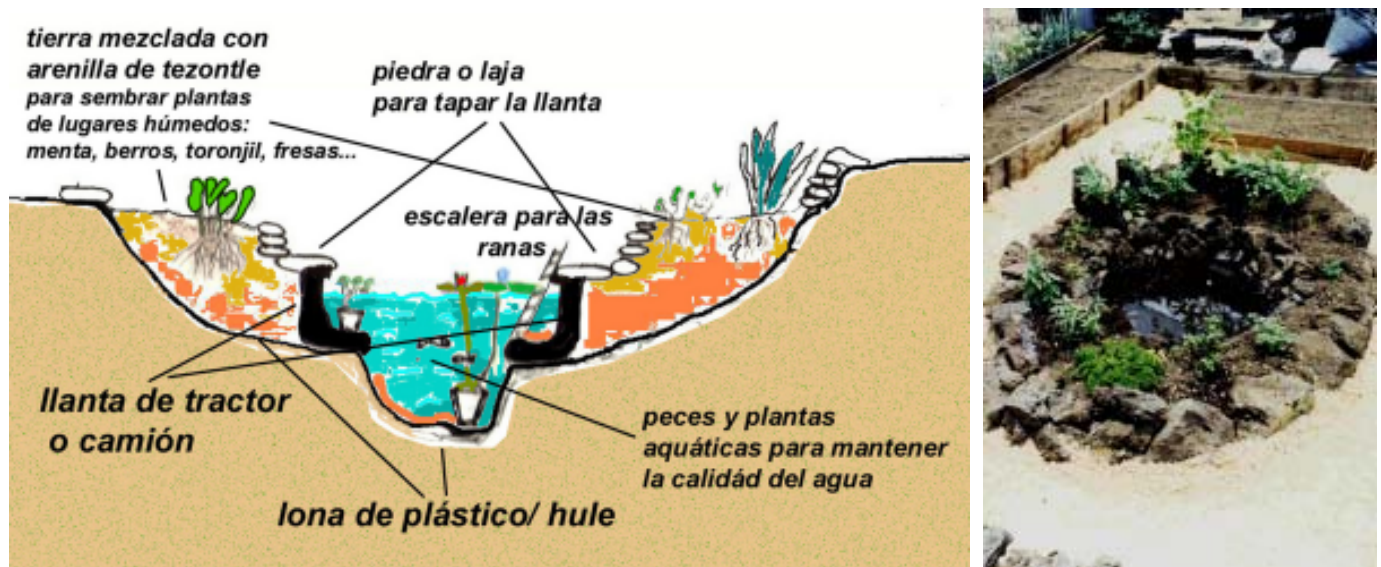
Este tipo de diseños también depende de la recarga continua de agua fresca, para compensar la evaporación y lo consumido por las plantas animales, así que en muchos lugares áridos no sería posible realizarlos de manera sustentable. Hay que calcular bien la necesidad de agua fresca para dichos proyectos y asegurar que esta cantidad esté disponible. Otros posibles productos de un estanque para acuicultura podrían ser: peces comestibles, como truchas; castaña acuática; arroz silvestre; camarón salmuera; caracol de agua dulce; peces ornamentales de acuario; lirios acuáticos como flores o para reproducción de raíces; juncos y sauces, carrizo para cestería; patos y gansos (apartarles una parte del estanque, porque tienden a destruir la vegetación y enlodar e agua)

¿ Como podemos sellar estanques y presas ?

Hay una variedad de estrategias:

- Buscar terrenos con suelo barroso/ arcilloso. En estos lugares las presas se sellan casi solitas,
- En terrenos arenosos se ha tenido éxito con el siguiente método: Se encierra ganado (como vacas) en el terreno/ hoyo, donde se planea hacer el estanque: Durante un tiempo se deja a los animales encerrados allí, dándoles de comer, podemos traer también unas carretillas de tierra barrosa. Los animales pisan la tierra y la comprimen, echan su excremento allí y eventualmente, después de unos meses, cambian la estructura química de la tierra, fabricando una especie de “cob”, que puede sellar el hoyo.
- Se puede utilizar cemento con malla gallinera (ferro cemento)
- También se puede hacer presas utilizando lonas de plástico: hay que acolchonar el piso antes de tender el plástico, por ejemplo con arena, aserrín, cartón; esto es para que las piedras no rompan la lona. Existen también hules especialmente resistentes para hacer estanques y presas.

Un **estanque de una llanta** de tractor o camión puede ser una manera fácil, creativa y económica para agregar una zona húmeda al jardín, especialmente donde no disponemos de dinero y cantidades de agua suficientes para realizar presas o bordos ...se corta una llanta vieja de un camión o tractor por un lado. Para esto se utiliza un cuchillo de zapatero bien afilado y agua de jabón o aceite como lubricante. Excavamos un hoyo, un poco más grande que la llanta, y lo acolchamos con arena y cartón. Después se pone una lona de plástico (o varias). La lona de plástico se extiende hacia el área alrededor de la llanta, la cual rellenamos con tierra ,se crea de esta manera una zona húmeda, la cual puede ser aprovechada por una buena variedad de plantas y especies, como la menta, berros, fresas.



Referencias para esta sección:

Bill Mollison/ Reny Mia Slay «Introducción a la permacultura», 1992, Tarigari
 Holger Hieronimi: «Manejo de agua en zonas áridas» (primera y segunda edición 2003), y experiencias personales
www.oasisdesign.net

Erstrategias para el ahorro de agua en el uso doméstico :

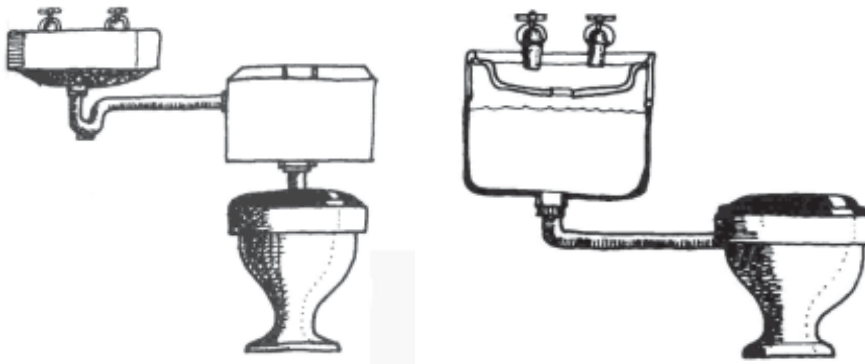
=> Las **tomas ahorradoras** son ampliamente conocidas. Consisten en adaptaciones a las llaves de lavamanos, duchas y cocinas que dan la sensación de un mayor caudal simplemente agregando aire, o asperjando el flujo, a la vez que ahorran la cantidad total de agua utilizada. Una regadera de este tipo puede ahorrar hasta el 40% comparada con una tradicional.

=> Diseño de los baños: En climas fríos conviene **diseñar los cuartos para las regaderas de manera compacta** (que sean más pequeños y bien sellados), con el fin, que se conserve más el vapor y calor. De esta manera hay menos atracción para quedarse demasiado tiempo bajo la regadera caliente, cuando ya se ha realizado la limpieza personal.

=> Las **válvulas duales** son otro ingenioso método para ahorrar agua. Consisten en un dispositivo, dentro del tanque del inodoro, que baja distintas cantidades de agua según si se trata del "1" (orina) o el "2" (desechos sólidos). La cantidad de agua utilizada para cada caso depende del diseño. En modelos mexicanos, son 3 litros para el "1" y 6 litros para el "2". Esta sencilla adaptación, que puede ser instalada inclusive dentro de excusados viejos, tiene el potencial de ahorrar muchísima agua al nivel doméstico

=> Durante los meses secos hay que **reutilizar el agua varias veces en la casa y jardín**: Un ejemplo puede ser el de usar el agua de la ducha (que no está muy sucio) para lavar la ropa ,trapear pisos y al final mandar ésta agua a la huerta para regar árboles frutales.

Uso eficiente del agua



gráfica: reciclaje de las aguas grises del lavamanos para el excusado del sanitario.

Es importante **diferenciar entre «aguas grises» y «aguas negras»**, porque su tratamiento es diferente:

¿ Que son las aguas grises ?

Toda el agua que se ha usado en la casa, excepto la de los sanitarios, se llama agua gris. Agua de la regadera, del lavabo, del lavamanos, de la lavadora, de lavar los platos y del uso en la cocina en general, compone entre 60 y 80% de todo el agua de desecho de una casa familiar. Esta agua puede ser reciclada para otros propósitos, especialmente para irrigación del paisaje.

¿ Que son las aguas negras ?

Agua que contiene materia fecal, puede ser de humanos o de animales, se llama agua negra. Por ser portador a de bacterias patógenas dañinos para el humano, necesita de un tratamiento previo para eliminar estas bacterias, antes de ser reciclada. También las aguas grises estancadas se convierten en aguas negras después de aproximadamente 24 horas. En una casa familiar generalmente es nada más el agua de los sanitarios convencionales con excusado de agua, sin embargo al mezclarse con las aguas grises en la mayoría de los drenajes, toda el agua de una casa se convierte en agua negra.

En el contexto de una casa familiar conviene **separar las instalaciones de plomería**: Una instalación será para drenaje y tratamiento de «aguas grises» y otra para las «aguas negras», si es que hay agua. (no se producen aguas negras utilizando sanitarios secos o composteros)

¿ Por Que reutilizar las aguas grises ?

Es un desperdicio irrigar jardines, huertos y árboles con grandes cantidades de agua potable ,cuando las plantas pueden prosperar con agua previamente utilizada, que contiene pequeñas cantidades de composta, grasa y minerales. Los beneficios de reutilización de agua gris incluyen:

- => Menos uso de agua potable
- => Menos carga para los ríos, lagos y arroyos, las plantas de tratamiento y las fosas sépticas
- => Tratamiento de aguas grises en el suelo es altamente eficiente
- => Posibilidad de implementarse en muchas áreas donde no se puede realizar un tratamiento convencional
- => Recarga de los mantos acuíferos
- => Posibilidad de sembrar y mantener plantas aun en tiempos de sequía.

Los sistemas de «drenaje enramado»,

según el ecodiseñador norteamericano Art Ludwig. (Checar el sitio en internet www.oasisdesign.net (en inglés) para mas información)

Se utiliza el agua gris directamente en el paisaje para el riego de árboles frutales cerca de la casa. (El agua gris no es portadora de bacterias patógenas, si se utiliza para el riego en el paisaje en las primeras 24 horas después de haberlo producido, no representa ningún problema a nivel de higiene. La materia orgánica y los restos de alimentos que encontramos en el agua de la cocina aportan nutrientes para plantas y cultivos).

Existen diferentes variantes para el riego directo de plantas de ornato y de árboles frutales. Se utilizan hoyos o zanjas de infiltración cavadas en la tierra, rellenas de materia orgánica, que sirven para pre-filtrar y oxigenar el agua antes de ser absorbida por las plantas.

Las aguas grises provenientes de la casa se distribuyen con un sistema de registros y tubos/ mangueras interconectadas, similar a las ramas de un árbol , las cuales distribuyen el agua desde los lugares donde se produjo hasta las plantas y árboles que necesitamos regar, aprovechando las pendientes del terreno.

Esta solución de tratamiento es cada vez más popular para aguas grises, especialmente en los climas áridos ,son una buena alternativa, económica y muy creativa, para el manejo de las aguas grises , utilizandolo como recurso para el riego principalmente de árboles frutales.

En la gráfica se ve un sistema de «drenaje enramado»realizado en el estado de Guanajuato, antes de ser enterrados los tubos de PVC, que llevan el agua gris a una serie de árboles frutales. Los tubos deben tener una pendiente continua de 2%,

Estos sistemas trabajan con las pendientes y elevaciones de un terreno , no siendo aptos para terrenos planos.

Manejo y reciclaje de aguas grises

Es buena idea sustituir los detergentes agresivos por productos *biocompatibles*, que se degradan en poco tiempo. Hay una variedad de jabones ecológicos en el mercado



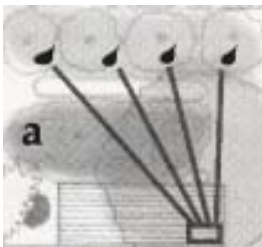
Para un buen funcionamiento de estos sistemas es importante el mantenimiento de las **camas de arropes o mulch**, que son un anillo de materia orgánica dentro de una zanja de unos 30cm de profundidad, alrededor de los árboles, abajo de la línea de goteo de la corona del árbol. Estas zanjas se llenan de paja, rastrojo, hojas secas, composta, y allí se descargan las tuberías del agua gris. Periódicamente se limpian y se rehacen según el crecimiento de los árboles. Se agrega mas arrope y bastante abono.



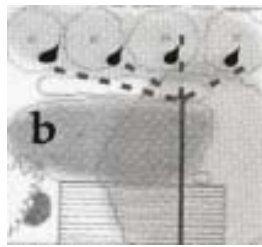
En la paja se crean rápidamente bacterias y microorganismos, que pueden procesar los nutrientes y desechos sólidos presentes. Cuidado para no inundar nuestros árboles- las aguas grises hay que distribuirla entre varios árboles. Algunos (como el durazno y cítricos) les gusta el riego abundante y se pueden convertir en árboles altamente productivos, otros (como el aguacate) se pueden enfermar, cuando hay sobre-riego. Distribuir el agua gris entre una cantidad suficiente de árboles, especialmente los drenajes que más carga reciben como los de la lavadora.

En la paja se crean rápidamente bacterias y microorganismos, que pueden procesar los nutrientes y desechos sólidos presentes. Cuidado para no inundar nuestros árboles- las aguas grises hay que distribuirla entre varios árboles. Algunos (como el durazno y cítricos) les gusta el riego abundante y se pueden convertir en árboles altamente productivos, otros (como el aguacate) se pueden enfermar, cuando hay sobre-riego. Distribuir el agua gris entre una cantidad suficiente de árboles, especialmente los drenajes que más carga reciben como los de la lavadora.

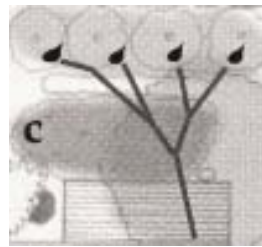
ABAJO: Diferentes formas para llevar el agua gris hacia los árboles



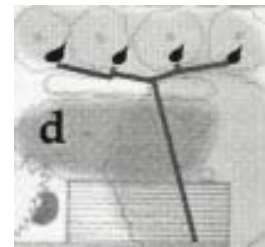
a.) mediante un registro de distribución central desde donde salen las tuberías a cada árbol



b) una manguera flexible que se cambia a mano cada dos o tres días



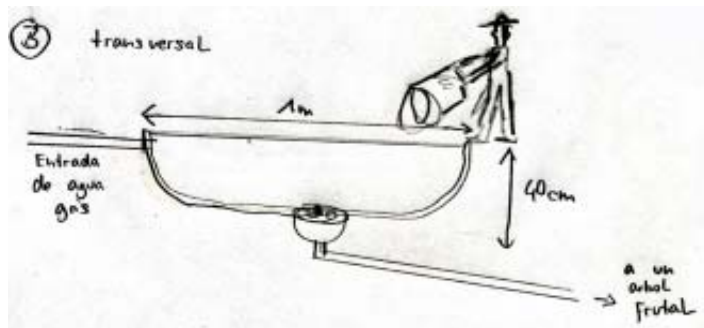
c.) diferentes ramas se dividen a la mitad



d.) ramas con una «pata corta», esto ahorra tubo

Para el riego directo con aguas grises en el jardín se pueden construir **registros** donde se guarda temporalmente el agua (máx. 24 h.), con una salida abajo para poder drenarlo hacia la cama de mulch de un árbol.

El agua se extrae de allí con botes y regaderas y se riegan plantas de ornato.



En las gráficas: Registro tipo «canoa» para guardar agua gris saliendo de la regadera por corto tiempo (máximo 24 horas).- La forma redonda del registro facilita extraer el agua de allí con botes para utilizarlo como agua de riego para árboles y plantas de ornato (diseño Art Ludwig www.oasisdesign.net)

Variación: El Círculo de plátanos:

Se puede descargar las aguas grises adentro de un *circulo de plátano*:

1 - se cava un hoyo de aprox. 1 m de profundidad, y 1.80 m de diámetro. La tierra se acomoda en la horrilla; Este hoyo se rellena con grandes cantidades de materia orgánica (ramas, poda de pasto, rastrojo,...)

2 - se coloca el tubo de drenaje de las aguas grises adentro del hoyo, de manera tal, que el agua cae unos 10 cm en el aire antes de desaparecer en los arropes

3 - Se siembran plantitas de plátano o papayo en los montículos del borde. Estos recibirán suficiente humedad y nutrientes, cuando se pudra la materia organica depositada en el hoyo. También se pueden sembrar otras plantas, por ejemplo carrizo, bambú, pasto taiwanés, menta...



Seleccionar jabones biocompatibles

La composición química y biológica de aguas grises varía mucho, basada en numerosos factores, incluyendo la calidad original de agua que llega a la casa, hábitos personales de los miembros de la familia, los jabones que se utilizan y de los drenajes que están conectados a tu sistema. El uso de jabones biocompatibles puede contribuir de una manera significativa a una mejor calidad de las aguas grises.

La mayoría de los jabones de cocina y para la limpieza personal no van a dañar plantas en concentraciones bajas. Pero los detergentes para lavar ropa los tenemos que seleccionar cuidadosamente. El sodio y el boro son químicos que tienen un efecto negativo en el paisaje. Detergentes en polvo y jabones incluyen ingredientes «vehículos» (que no son esenciales para la limpieza), los cuales generalmente son algún tipo de sodio. Los jabones líquidos contienen menos ingredientes «vehículos», y de esta manera también menos sodio.

Algunos jabones se han formulado para funcionar con sistemas de aguas grises. Deberían estar libres de sodio, cloro y boro.

Detergentes y agentes limpiadores que se deben que **evitar**, son: blanqueadores o suavizantes, (detergentes que anuncian aditivos blanqueadores, suavizantes o encimas), detergentes que contienen uno o más de estos ingredientes: boro, borax, cloro, blanqueador peroxígeno, sodium perborate, destilado de petróleo, alkylbenzene sodium tryphosphate.

Los Fosfatos son buenos para las plantas en ciertas concentraciones, pero en la forma, como aparecen en los detergentes no siempre pueden ser utilizados.

Algunos productos de limpieza son tóxicos para las plantas, personas y el medioambiente, no deberíamos utilizarlos. Tampoco conviene el uso de productos diseñados para destapar caños y drenajes, o para limpiar porcelana sin pulir etc.

En el contexto de una casa familiar podemos ahorrar cantidades considerables de agua y al mismo tiempo evitar la producción de aguas negras, utilizando sanitarios que funcionan sin agua.

Sanitarios secos y composteros

Hay una amplia variedad de diseños y propuestas sobre sanitarios «secos» o «composteros», todos tienen en común, que no se emplea una taza convencional de excusado, dependiendo del tipo, consumen entre 3 y 20 litros de agua en cada uso.

Las diferentes propuestas para los sanitarios que funcionan sin agua, las podemos dividir en dos grupos

1. Sistemas sanitarios basados en la deshidratación («*sanitarios secos*»)
2. sistemas sanitarios basados en la descomposición («*sanitarios composteros*»)

Veremos algunos diseños de sanitarios, que se han utilizado mucho en México y con los cuales tenemos experiencia práctica en su construcción y manejo:

1. Sistemas sanitarios basados en la deshidratación («*sanitarios secos*»)-

Algo queda deshidratado si se elimina toda el agua que contenga. En un sanitario seco se deshidrata el contenido que cae en la cámara de tratamiento; esto se logra con calor, ventilación y el agregado de material secante. Hay que reducir la humedad del contenido a menos de 25% tan pronto como sea posible, ya que con este nivel se acelera la eliminación de patógenos, no hay malos olores ni producción de moscas. El uso de una taza de sanitario diseñada especialmente, que desvie la orina y la almacene en un recipiente aparte, facilita la deshidratación de las heces. La orina contiene la mayor parte de nutrientes y generalmente está libre de patógenos, por lo que puede utilizarse directamente como fertilizante, es decir, sin más procesamiento. En general, resulta más difícil deshidratar excremento mezclado con orina, aunque en climas extremadamente secos la deshidratación se facilita

1.1. El sanitario seco ha tenido un desarrollo considerable en México, donde César Añorve (un arquitecto y empresario en la ciudad de Cuernavaca) lo promueve bajo el nombre de Sanitario Ecológico Seco. Se puede construir aparte o integrado a la casa. Incluso se han desarrollado sistemas para contextos urbanos. Funciona con una estricta separación entre los desechos sólidos y la orina humana.

Características-

- => Se utiliza *una taza especial separadora de orina*- existen tanto modelos caseros como industriales. Tienen un depósito de orina en la parte delantera de la taza. Desde este colector, la orina fluye por una manguera hacia un pozo de absorción debajo o al lado del sanitario, se puede utilizar como fertilizante en las hortalizas (mezclar 1 parte de orina por 5 a 8 partes de agua)
- => Se construye generalmente con doble cámara, que se alterna en su uso, cada una de ellas tiene un volumen aproximado de 60 centímetros cúbicos.
- => Después de cada uso, se aplica una mezcla de tierra seca bien cernida mezclada con cal y cenizas.



- => Por el manejo estrictamente seco se produce poca materia orgánica, por esto las cámaras pueden ser de un tamaño más reducido que en el sanitario compostero..
- => El papel de baño se guarda en un recipiente aparte para quemarlo periódicamente.
- => A pesar de que poco se menciona en los manuales de construcción, nosotros en TIERRAMOR recomendamos también procurar, donde sea posible, suficiente ventilación a las cajas de depósito de sólidos, por ejemplo con una chimenea de min. 4 pulgadas, que sube directamente sin codos ni desviaciones hasta 1m arriba del techo de la caseta. Los olores de la taza separadora de orina se pueden controlar hechando un poco de agua adentro del colector después de cada uso.
- => La materia orgánica que se obtiene se cosecha anualmente, no presenta ningún tipo de olor, la presencia de la cal y de las cenizas secan y compactan un poco la tierra, por esto se recomienda mezclarla con tierra vegetal y arena, antes de utilizarla como abono para los árboles frutales.



*Sanitario ecológico seco
den la Ecoaldea
Huehucoyotl*

Más información e instrucciones detalladas acerca de la construcción y el uso del *sanitario ecológico seco* con separación de orina la puede encontrar en internet <http://www.laneta.apc.org/bs/>

Experiencias en la práctica

- => Se ha reportado una buena aceptación de este modelo de sanitario ecológico en comunidades rurales de Morelos y Guanajuato, siempre cuando se trate de pequeñas unidades familiares y vaya acompañado de un proceso de capacitación y asistencia periódica durante los primeros dos años de uso.
- => No es fácil para algunos acostumbrarse a la taza separadora de orina. Especialmente los niños pequeños a veces tienen dificultades de «atinar». Definitivamente no lo recomendamos para familias numerosas y centros comunitarios, para estos casos recomendamos el sanitario compostero de doble cámara.
- => Nuestra experiencia; se han reportado malos olores, especialmente cuando se usa mucho, por eso recomiendo integrar un buen tiro. Debido a que la orina humana en contacto con el aire se convierte rápidamente en amoníaco, muchas veces se presentan olores del captador de orina, lo que se puede controlar hechando agua en el colector después de cada uso.

1.2. El sanitario seco con secador solar es una variación de este primer modelo. La humedad es el factor de riesgo más importante en un sistema sanitario basado en la deshidratación; pero con agregar un calentador solar a la cámara de proceso se reduce dicho riesgo. Este concepto se desarrolló en México y se instaló por ejemplo en la Sierra Gorda de Queretaro. Los *sanitarios secos solares* se utilizan de la misma manera que los *sanitarios secos*. (Existen cajones con secadores solares prefabricados de fibra de vidrio) La materia en la cámara de tratamiento es excreta humana y cenizas, y/o una mezcla de tierra y cal en proporción de 5:1. La orina se canaliza hacia un pozo de absorción ubicado cerca del sanitario (o se procesa como fertilizante). El papel higiénico usado se deposita en una caja o una bolsa que se coloca cerca de la taza para quemarlo periódicamente. También se construye como sistema de doble cámara.



2. sistemas sanitarios basados en la descomposición («sanitarios composteros»)

La composta es un proceso biológico aeróbico sujeto a condiciones controladas en el que las bacterias, las lombrices, hongos y otros organismos descomponen las sustancias orgánicas para producir humus; En un sanitario compostero se deposita la excreta humana y otros materiales orgánicos, por ejemplo pedazos de verduras, paja, turba, aserrín y cáscaras de coco . Es una cámara de tratamiento donde los microorganismos del suelo se encargan de descomponer los sólidos, como sucede finalmente en un ambiente natural con todos los materiales orgánicos. Para lograr condiciones óptimas para la composta, se debe controlar la temperatura, la circulación de aire, proveer algo de humedad, y procurar una buena combinación de materiales.



El humus que se produce en el proceso es un excelente acondicionador de suelos, libre de patógenos humanos, pero esto depende de lograr las condiciones adecuadas y que el material se almacene durante el tiempo necesario en la cámara. Para mantener las condiciones aeróbicas, tiene que circular suficiente oxígeno en el material acumulado; la cámara de composta debe tener de 50 a 60% de humedad, debe alcanzarse una relación carbón/ nitrógeno (C:N) de 15:1 a 30:1, y la temperatura debe estar por encima de 15°C. Una gran diversidad de organismos contribuyen a la descomposición de las heces y otros materiales en el sanitario compostero. Varían en tamaño, pues van desde virus, bacterias, hongos y algas hasta gusanos e insectos. Todos ellos juegan un papel importante para mezclar, airear y descomponer el contenido del material apilado en la cámara de tratamiento: su actividad es positiva y hay que mantenerla. Incluso se pueden colocar lombrices de tierra en el sanitario: si el medio lo favorece, se multiplican, hacen orificios en el material de composta y consumen olores y materia orgánica, transformándolos en suelo orgánico enriquecido . En general, no se hace separación de orina, y un eventual exceso de nitrógeno se equilibra con el uso de materiales altos en carbón (aserrín, paja molida) . Tampoco se tiene que separar el papel de baño, ya que es material orgánico y puede añadirse sin problemas.

2.1. el sanitario «clivus» o «clivus multrum»,

Hace más de cincuenta años que se introdujeron los sanitarios de composta en las casas de fin de semana, en Suecia. A la fecha, han aparecido una gran variedad de modelos ,que se utilizan en distintas partes del mundo.

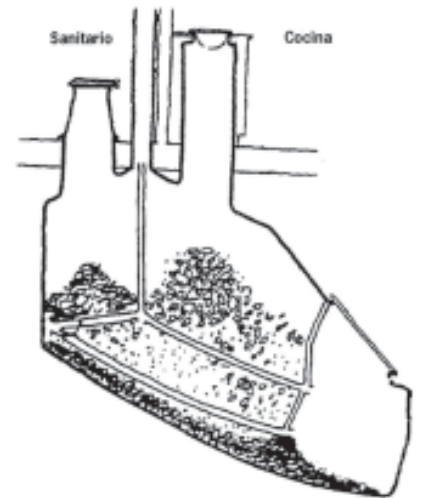
También en México se ha introducido este modelo de sanitario, construyendo miles, en varios estados de la republica, pero generalmente con una modesta aceptación de la población. Su amplia reproducción en el país, probablemente se explica por la inclusión del diseño en el libro «El arquitecto descalzo».

Se trata de un sanitario de composta con una cámara donde se procesan orina, heces y y parte de los residuos orgánicos del hogar.



Consta de una cámara de composta con piso inclinado, conductos de aire y, en el extremo más bajo, un área de almacenado. Un tubo conecta la taza de sanitario de pedestal con el receptáculo y, generalmente, cuenta con un conducto especial para los desperdicios de la cocina. Hay circulación de aire permanente gracias a la corriente natural que se origina en los conductos de aire de la cámara de composta. El aire sale por un respiradero, a veces implementado como un sistema bastante complejo de tubos de PVC interconectado. Al *clivus multum* no solo llegan las heces, sino también el papel

0.Experiencias en la práctica



Las experiencias en los casos, donde se han implementado los sanitarios tipo «clivus» en México, son mixtas-

- Es detalloso, construirlo bien, es más delicado de lo que generalmente se dice en los manuales. Debes seguir los planos adecuados (el croquis arriba es un esquema, de ninguna manera es un plan detallado a seguir), con las pendientes correctas y una cuidadosa colocación de los tubos de aireación y ventilación. Recomiendo tubos GRANDES de ventilación (min 6 pulgadas de diámetro) que salgan sin codos ni desviaciones, directamente hasta 1 m arriba del techo de la casa .
- Otra desventaja es que se necesita mucho cemento, tabique, tubo PVC para la construcción de un sanitario *clivus multum*- es considerablemente más alto el costo si lo comparamos con el “sanitario seco” o un “sanitario compostero de doble cámara”.
- la gran mayoría de los sanitarios, que se han construido en programas masivos en las comunidades rurales por ejemplo en Michoacán, se encuentran fuera de uso o se han convertido en gallineros o almacenes. La gran mayoría son sistemas mal aplicados del diseño sanitario *clivus multum* .
- El autor tiene una experiencia personal no tan positiva con el manejo de un sanitario *clivus multum* durante cuatro años en una casa en Erongaricuaro/ Michoacán. En este caso, fue un modelo integrado al baño dentro de la casa (el diseño original fue tomado del libro “El arquitecto descalzo”), la composta humana nunca bajaba por el declive hasta la cámara de descomposición, hacía falta mantenimiento semanal con una pala larga. Tampoco funcionaba bien la expulsión de malos olores, este problema solo se pudo controlar con la aplicación masiva de material alto en carbono como el aserrín y paja molida.
- Se han reportado buenos resultados integrando lombrices rojas «californianas» (ver *lombricomposta*) a la cámara de descomposición. Esto acelera mucho la producción de humus. En este caso hay que hechar periódicamente (en temporada de secas hasta una vez por semana) una cubeta de 20 litros de agua a la cámara de descomposición, ya que las lombrices necesitan de suelo húmedo para funcionar.



Triste ejemplo de un *clivus multum* mal construido (y nunca utilizado) durante una campaña masiva en el estado de Michoacán

2.2. el sanitario compostero de doble cámara (en su variante TIERRAMOR)

Este tipo de sanitario ecológico ,es el que mejor resultado nos ha dado en la practica, considerando nuestras experiencias en las tierras áridas del centro de México (Morelos, Michoacán y Guanajuato).

Características:

- Se construye con dos cámaras. La base generalmente se hace de ladrillo o tabicón (blóc) y loza de cemento. Un repellado en la parte interior puede ser útil. No es mala idea integrar el asiento directamente a la estructura de las dos cámaras (ver ilustración 5). Las cámaras de depósito tienen que ser más grandes que para los sanitarios secos, para una familia de 5 personas recomendamos como volúmen mínimo 1 metro cúbico en el interior de cada cámara. (las medidas interiores de cada cámara en el sanitario compostero de la Granja Tierramor tienen un ancho de 90 cm, por 1.60m de largo y 80 cm de altura hasta la loza del piso.)
- Antes de poner en funcionamiento el sanitario, se coloca un colchón de 20 cm de paja o rastrojo en el piso de la cámara que se va a utilizar. Esto apoya la aereación de la composta y evita demasiada compactación en el fondo de la pila.
- Las dos cámaras se alternan entre si. Una cámara está en uso durante mas o menos 6 meses, y despues vienen 6 meses de descanso. Antes de volver a cambiar el depósito, se abre por la puerta delantera, y se vacia la materia orgánica . Después de 6 meses en descanso esta no presenta ningún tipo de olor desagradables. La materia orgánica obtenida se utiliza para la fertilización de árboles frutales, se puede volver a procesar mediante un composteo «caliente» para su utilización en hortalizas)
- Para el buen funcionamiento de los sanitarios composteros es importante la buena combinación de los materiales, que se agregan a las cámaras. Después de cada uso hay que tapar la pila de composta con una variedad de materiales: tierra cernida, paja molida, aserrín , son materiales que muchas veces se usan. También se puede hechar tierra vegetal, hojarasca e incluso, en cantidades moderadas, los desperdicios de la cocina. Una composta se hace más rica cuanta más variedad de materiales orgánicos le podemos añadir, es recomendable alternar entre diferentes materiales secos, que utilizamos para tapar las heces después de cada uso. No ahorres en materia orgánica, siempre agrega bastante. El uso de cal no lo recomendamos, porque mata a los microorganismos que se encargan de procesar la composta. La ceniza se puede agregar en cantidades moderadas, pues tiene en escencia el mismo efecto, pero aporta algo de potasio a la composta (a veces es útil para controlar malos olores).



Base de un sanitario compostero, con el asiento integrado a la base



sanitario compostero de doble cámara en la Granja Tierramor, Erongaricuaro, Michoacán

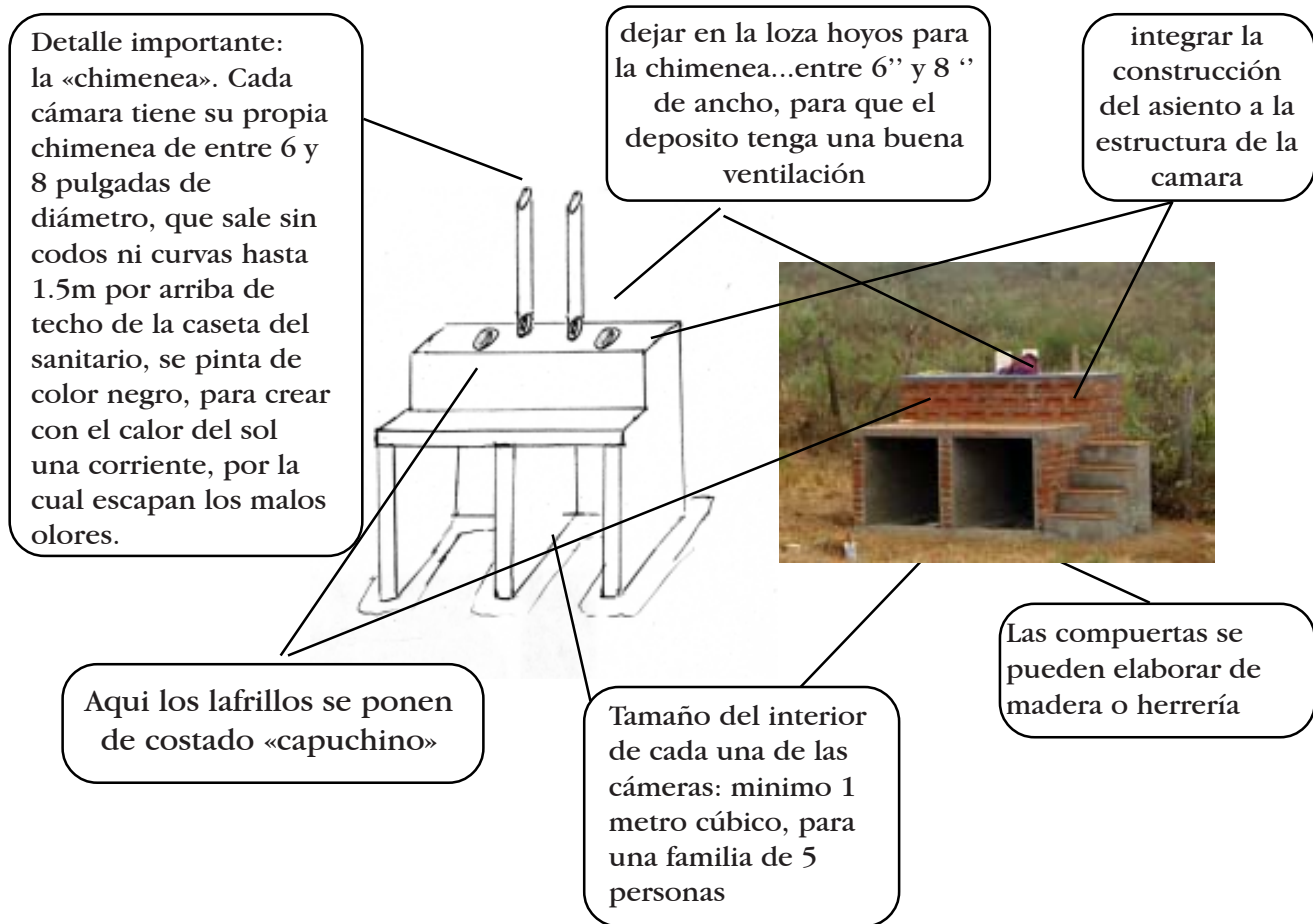
- Periódicamente, y en el caso que se presenten malos olores, es necesario hechar una cubeta extra de aserrín, tierra, paja molida etc. para tapar bien. Cuando crece la pila, se hace un mantenimiento semanal con una pala larga (que solamente se usa para este fin), consiste en mover/ aerear un poco y para emparejar la pila de composta en la cámara de depósito, echar agua y tierra/ materia seca. (esto dura máximo 10 minutos).
- Es importante proveer suficiente aereación y ventilación a las cámaras de depósito. Esto se logra mediante la inclusión de dos chimeneas de entre 6 y 8 pulgadas de diámetro, una para cada cámara. Estos salen sin codos ni desviaciones directamente desde la cámara de depósito hasta por lo menos 1 m encima del techo de la caseta. En la parte, que sale por encima del techo, se pintan de color negro las chimeneas- esto atrae a los rayos del sol, calentando el aire en el interior de la chimenea, creando así una especie de "tiro natural" que ayuda a eliminar malos olores y provee mayor ventilación a las pilas de composta. También es importante proveer una entrada de aire a las compuertas de las cámaras (que en general se elaboran de herrería).
- Para controlar la entrada/ salida de moscas, se debe que sellar bien todas las aperturas de las cámaras de depósito: en las terminaciones de las chimeneas y en las entradas de aire de las compuertas se sella con malla mosquitero, el asiento y la tapa del baño se pueden sellar con hule espuma.
- Aun cuando el *sanitario compostero de doble cámara* es un sistema que ahorra mucha agua, para un buen funcionamiento la composta necesita algo de humedad. En la estación seca del año se recomienda por esto agregar una cubeta de agua por semana a los depósitos, tanto a los que están en uso, como a los que están en descanso. Esto ayuda al proceso de descomposición, en caso de utilizar lombrices, ellas necesitan una humedad relativa de 70 a 80 % para funcionar.
- La caseta se puede hacer de una variedad de materiales y gustos- nosotros la hicimos con una estructura de madera, que rellenos con la técnica de paja-arcilla. La caseta se puede hacer de ladrillo, ferro-cemento, madera, cob o con adobe (en este caso habrá que hacer más ancha la base). Dos cosas importantes: 1. Que sea bonita, y un lugar agradable para estar. Muchos sanitarios ecológicos tienen mala fama solo por el poco cuidado que se le da a la construcción de la caseta. 2. hay que proteger el interior de la caseta de vientos fuertes y las lluvias, recomendamos que se incluyan ventanas grandes, para tener mejor ventilación.



en las fotos arriba: el momento cuando se abre la cámara, que ha estado en descanso completo por un tiempo de por lo menos tres meses, para sacar la composta, que se aplica como abono a las árboles futales (después se puede tapar con paja

Base del sanitario compostero de doble cámara

(la caseta se puede hacer de una variedad de materiales: tabique, adobe, cob, adobe compactado o de paja-arcilla con madera, como lo hicimos en la Granja Tierramor)



referencias para este artículo y más información:

Holger Hieronimi «Manual de sanitarios secos y composteros» primera edición de Tierramor, 2000

«Saneamiento ecológico» *Coordinador/editor:* Uno Winblad, Cuidado de la edición castellana: Ron Sawyer y Lauro Medina Ortega

Primera edición en español, 1999

© Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo/Fundación

Friedrich Ebert-México

ISBN 968-6823-49-2

se puede bajar el libro entero bajo la dirección www.ecohabitar.org/PDF/saneamientoecologico.pdf

«Manual del arquitecto descalzo», Johan Van Lengen
México. Concepto, 1982; Árbol Editorial. México,D.F. 1993.

internet:

<http://www.laneta.apc.org/bs/>

<http://www.sociedadcivil.cl/territoriosur/01023.htm>

http://es.geocities.com/permacultura_aldehuela/sanitario_seco_provisional.htm

Por Alejandro Marsilli (dic. 2005)

Tratamiento de aguas residuales

1. Definición de agua residual.

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales.

Son residuales pues habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno. Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento mas adecuado, se utilizan varios parámetros expresados en la NOM. oficial:

1:2 Demanda bioquímica de oxígeno

En las aguas que resultan de el uso domestico el parámetro mas utilizado es la Demanda biológica de oxígeno o (DBO), esta se define como la concentración de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos, presentes en el agua o añadidos a ella para efectuar la medida, la medición en la oxidación de toda la materia orgánica presente en la muestra de agua. Su valor debe ser inferior a 8 mg/l. Para ser considerada como potable. Generalmente en las aguas de origen domestico este valor fluctúa entre los 200 a 300 mg/l.

a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

TABLA 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																				
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)	Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)		
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.
Temperatura $\leq 30^{\circ}\text{C}$ (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (m/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual

N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

2- Tratamiento de aguas residuales

2:1-pasos de tratamiento: En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- Tratamiento primario que comprende procesos de sedimentación y tamizado.
- Tratamiento secundario que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y fisico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.
- Tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.

2:2.- Sistemas de tratamiento biológico:

Los objetivos del tratamiento biológico son tres: (1º) reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, (2º) reducir su contenido en nutrientes, y (3º) eliminar los patógenos y parásitos.

Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas.

2:2:1.- Tratamiento aeróbico – estanques de lodos activos:

El tratamiento se proporciona mediante difusión de aire por medios mecánicos en el interior de tanques. Durante el tratamiento los microorganismos forman floculas que, posteriormente, se dejan sedimentar en un tanque *ad hoc* denominado tanque de clarificación. El sistema básico comprende, pues, un tanque de aireación y un tanque de clarificación por los que se hace pasar los dos varias veces.

Los dos objetivos principales del sistema de lodos activados son (1º) la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y (2º) la floculación que permite la separación de la biomasa nueva del afluente tratado. Este sistema permite una remoción de hasta un 90% de la carga orgánica pero tiene algunas desventajas: en primer lugar requiere de instalaciones costosas y la instalación de equipos electromecánicos que consumen un alto costo energético. Por otra parte produce un mayor volumen de lodos que requieren de un tratamiento posterior por medio de reactores anaeróbicos y/o su disposición en rellenos sanitarios bien instalados.

2:2:2.-Tratamiento anaerobio.

Consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigido a la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Es un proceso en el que pueden intervenir diferentes tipos de microorganismos pero que está dirigido principalmente por bacterias. Presenta una serie de ventajas frente a la digestión aerobia: generalmente requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más barato y el requerimiento energético menor. Por otra parte se produce menor cantidad de lodo (el 20% en comparación con un sistema de lodos activos), y este último se puede disponer como abono y mejorador de suelos. Además es posible producir un gas útil.

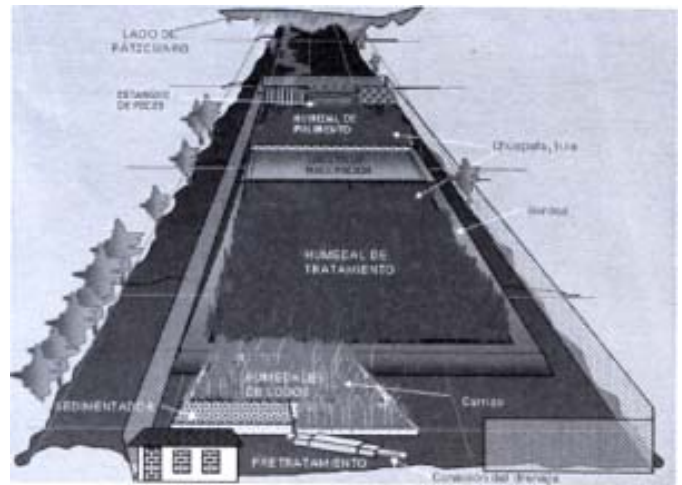
Para el tratamiento anaerobio a gran escala se utilizan reactores de flujo ascendente o U.S.B. (Por sus siglas en ingles) con un pulimento aerobio en base de filtros percoladores y humedales.

2:2:3- Humedales artificiales:

Este sistema consiste en la reproducción controlada, de las condiciones existentes en los sistemas lagunares someros o de aguas lenticas, los cuales, en la naturaleza, efectúan la purificación del agua. Esta purificación involucra una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las cuales a la vez que aportan oxígeno consumen los elementos aportados por el metabolismo bacteriano y lo transforman en follaje.

Este sistema es el más amigable desde el punto de vista ambiental ya que no requiere instalaciones complejas, tiene un costo de mantenimiento muy bajo y se integra al paisaje natural propiciando incluso refugio a la vida silvestre.

Quizás se podría mencionar como única desventaja la mayor cantidad de superficie necesaria.

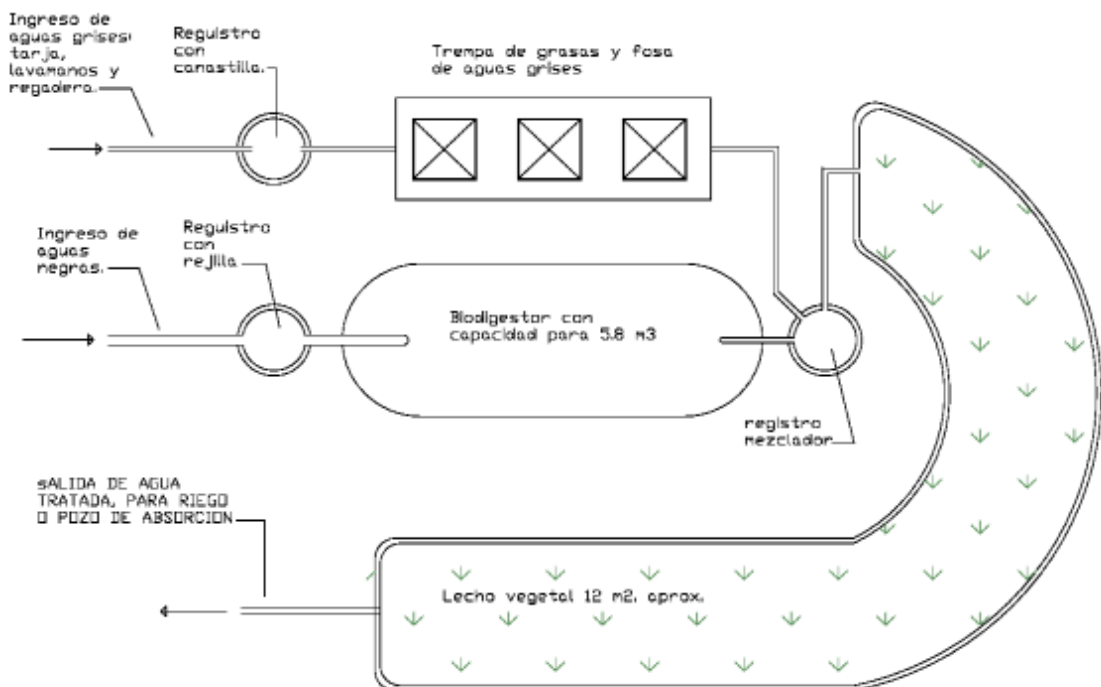


Plan de un humedal artificial instalado recientemente en Cucuchuco, lago de Pátzcuaro, para tratar las aguas residuales de esta comunidad

3.- tratamiento de aguas a nivel domiciliario.

El tratamiento a nivel domiciliario obedece a los mismos principios que las grandes plantas depuradoras, sin embargo es posible mejorar la eficiencia en la relación costo x m³ de agua tratada, si se observan algunos principios básicos tales como la separación de las aguas grises y negras, el consumo racional y limitado de detergentes y la exclusión de productos químicos agresivos en la limpieza cotidiana. Es claro que la complejidad de un sistema apropiado de tratamiento a nivel casero está en relación directa con nuestra cultura de consumo.

Esquema de tratamiento unifamiliar



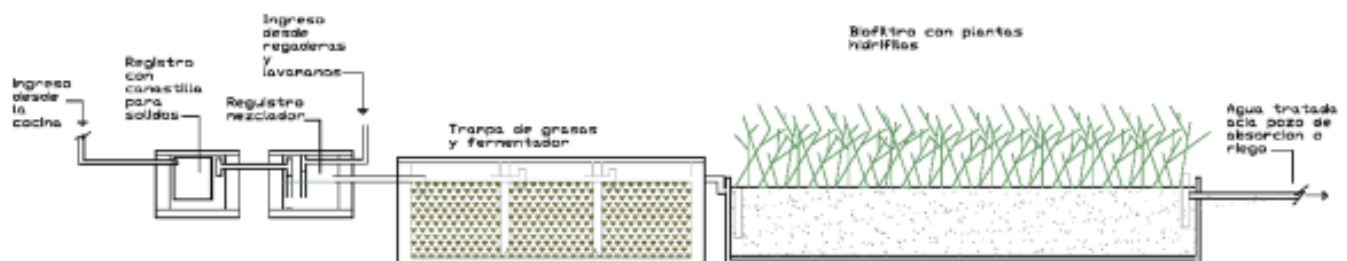
3:1-Aguas grises y negras

–las aguas grises son: todas aquellas que son usadas para nuestra higiene corporal o de nuestra casa y sus utensillos. Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables. Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto. El tratamiento es sencillo si contamos con el espacio verde suficiente, aprovechando la capacidad de oxigenación y asimilación de las plantas del jardín o el huerto mediante un sistema de enramado.



En caso de no contar con el espacio suficiente, las aguas grises deben ser sometidas a un tratamiento previo que reduzca el contenido de grasas y de materia orgánica en suspensión, para posteriormente ser mezcladas con las aguas negras y pasar a un tren de tratamiento. Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de transmisión de parásitos e infecciones conviene tratar por separado con sistemas de bioreactores.

esquema de tratamiento mediante fosa empacada y biofiltro



3:2- Sistemas básicos de tratamiento casero.

Generalmente al construir se piensa poco en la disposición de las aguas residuales, por este motivo se suele recurrir a referencias de última página en los manuales de construcción o se enfrenta uno a una variedad de recetas y métodos en los que no existe una verdadera comprensión de los procesos que se promueven y que se presentan como soluciones infalibles. Por otra parte algunos sistemas bien diseñados para condiciones específicas medioambientales no se adaptan a otras condiciones o son interpretados y adaptados de manera poco escrupulosa. Un ejemplo claro de esta situación es el de las fosas sépticas.

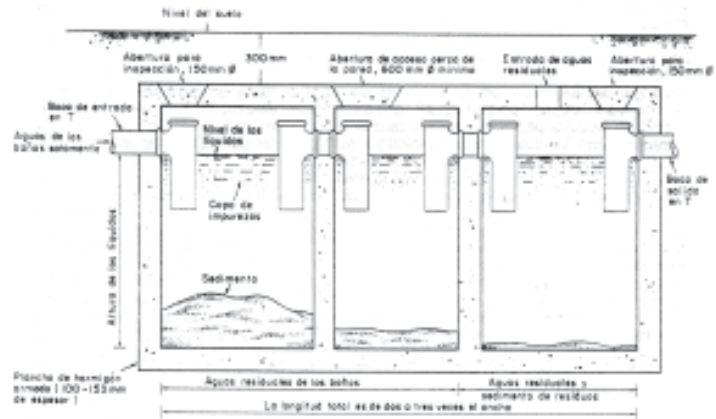


Es importante comprender que el sistema de tratamiento más adecuado debe ser el que considere las condiciones específicas del medio ambiente e incluso las culturales. La instalación de los sistemas de tratamiento no solo debe contemplar la eficacia en sí de la depuración, sino también debe analizar la relación de los elementos circundantes, las necesidades particulares, el costo, el mantenimiento, el reuso, y la utilización o disposición de los sub-productos de la depuración.

3:2:1–la fosa séptica

Es común encontrar una gama muy amplia de formas de disponer el agua con el nombre genérico de fosa séptica, sin embargo no todas cumplen con el objetivo de liberar los acuíferos de contaminación, debido que suelen confundirse con pozos negros o de absorción, en los que las aguas son infiltradas al suelo sin un verdadero tratamiento. También suelen llamarse de este modo a tanques de sedimentación y almacenamiento que son vaciados periódicamente, para trasladarlos a un sitio donde se puedan arrojar con impunidad.

El modelo de fosa mas funcional es el tanque de tres cámaras con una secuencia de tratamiento que consiste en primer lugar en una cámara de sedimentación que en algunos casos también cumple la función de trampa de grasas, de allí el agua pasa a una cámara con condiciones anaerobias donde se reduce la carga orgánica disuelta. La tercera cámara cumple las funciones de sedimentador secundario para clarificar el agua antes de ser dispuesta en un campo de oxidación. El problema básico de las fosas sépticas es que suelen acumular lodos hasta el punto de saturación, lo cual se incrementa si la fase anaerobia no funciona correctamente. El efluente debe necesariamente ser tratado en un campo de oxidación antes de infiltrar al suelo y los lodos extraídos necesitan tratamiento adicional.



3:2:2–Sistemas mixtos

Los sistemas mixtos de tratamiento domiciliario son aquellos en los que se arman con diferentes sistemas de tratamiento con el fin de lograr la máxima remoción en el menor espacio posible estos pueden combinar digestores para aguas negras, lechos vegetales, sistemas de enramado, aireadores, etc. Básicamente consisten en la adaptación practica de los diferentes sistemas en un todo integrado que se adapte a las necesidades específicas de cada lugar.

Biodigestores anaerobios.

El uso de digestores anaerobios es más común cada día, ya sea para el tratamiento de excretas animales, la producción de biogás, la purificación de aguas residuales, y la elaboración de biofertilizantes.

Existen varios tipos de biodigestores y se clasifican según el régimen de carga y la dirección del flujo en su interior.

Régimen:

- flujo continuo: son los que reciben su carga por medio de una bomba que mantiene una corriente continua.
- flujo semi–continuo son los que reciben una carga fija cada día y aportan la misma cantidad
- estacionarios son los que se cargan de una sola vez y pasado el tiempo de retención se vacían completamente.

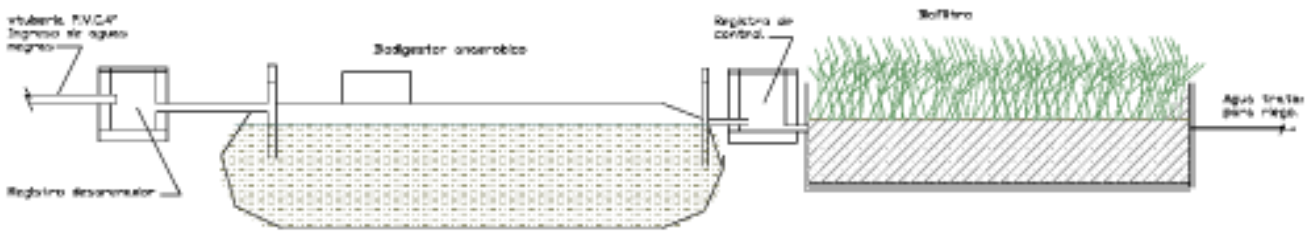


Diferentes tipos de digestores, según el flujo de agua en su interior:

A. Flujo horizontal (tubulares): generalmente con forma de salchicha se cargan por un extremo y la carga diaria va desplazando por su interior la precedente.

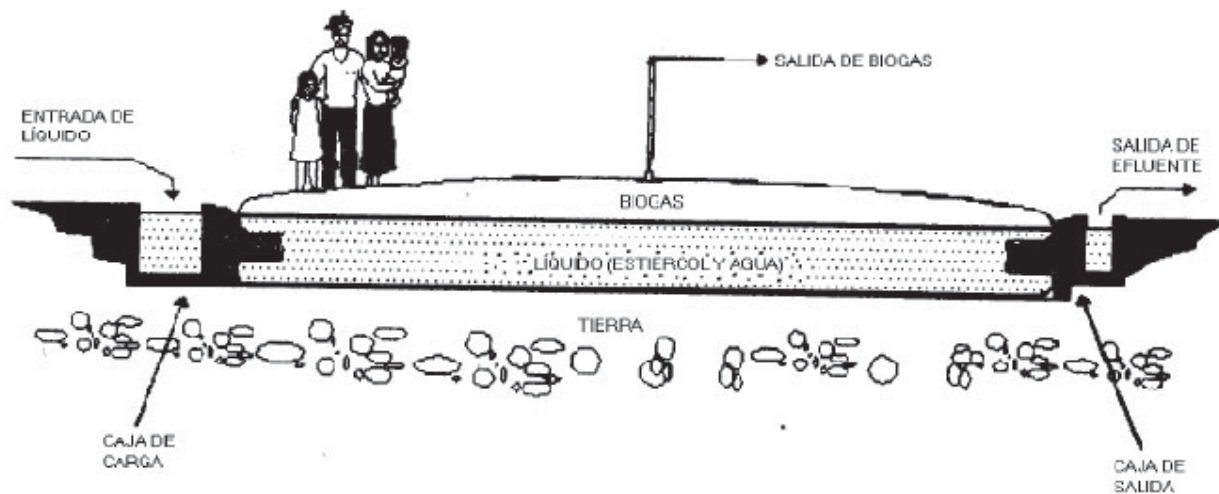
Para la producción de biofertilizante y tratamiento de excretas animales, el sistema más usual en México es el de flujo semi-continuo horizontal, de los que destacan dos tipos, los de plástico y los de ferrocemento.

Esquema de tratamiento para aguas negras.

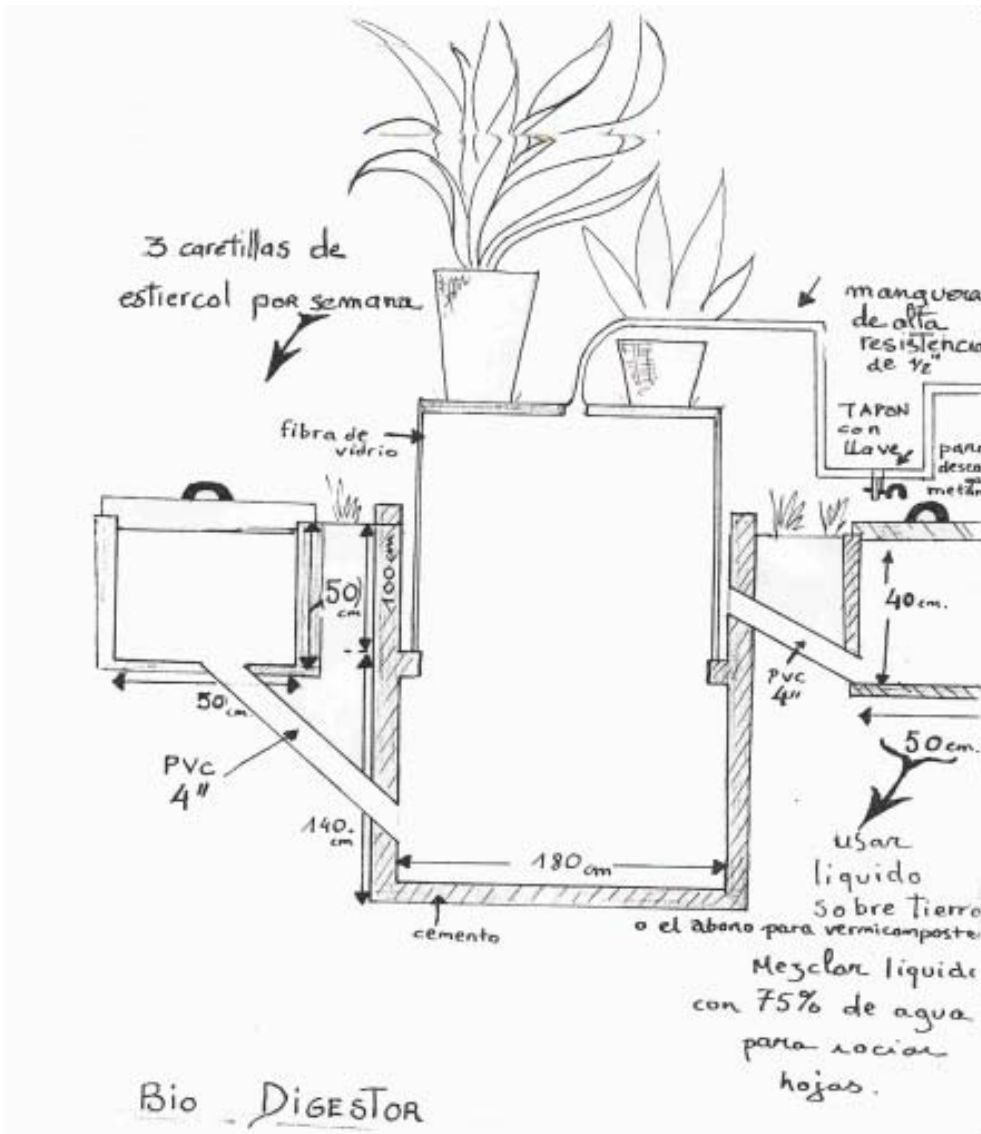


biodigestores de flujo horizontal (para producción de biofertilizante):

arriba y a la izquierda: croquis y foto de un digestor tubular de ferrocemento
abajo y a la derecha - digestor de plástico



B. Flujo ascendente: la carga se inyecta en el fondo del recipiente y fluye hacia la parte superior.



Biodigestor de flujo ascendente tipo campana – este modelo ha sido muy popular para la producción de biogas, aunque no es apto para un aprovechamiento eficiente del biofertilizante

Para producción de biogas se utilizan los de flujo ascendente (como los tradicionales en los que la campana de captación flota en la parte superior del líquido) y los tubulares pueden ser con campana integrada o con un recipiente adicional de captación.

El biogas debe de ser despojado de su carga ácida antes de utilizarse. Esto se logra con filtros de fibra metálica o medios alcalinos.

El biofertilizante puede ser usado en relación 10-1 con el riego o en forma foliar agregando algún fijador como el jabón.

Para un manejo eficiente de agua en la agricultura se deben combinar una variedad de estrategias:

Manejo eficiente del agua para hortalizas y cultivos

1. Mejorar la capacidad de retención de agua del suelo
2. Utilizar sistemas de riego ahorradores de agua
3. Implementar estructuras como sombras artificiales e invernaderos

1. Mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo

Por un lado se trata de implementar un estricto control de erosión y de las pérdidas superficiales de agua en el terreno. Esto se logra, por ejemplo, mediante zanjas de infiltración a nivel o con el cultivo en terrazas. Los surcos de los cultivos se deben hacer contra pendiente, siguiendo las líneas de contorno.

En suelos con un alto contenido de arcilla, el agua tarda mucho en infiltrarse, con la evaporación del sol el suelo se vuelve cada vez más duro. En cambio, los suelos arenosos el agua se escapa rápidamente, llevándose muchos de los nutrientes que allí se encuentran. En los dos casos podemos mejorar la capacidad de retención de agua en el suelo, agregando a través del tiempo materia orgánica en grandes cantidades, para fomentar la formación de humus, que funcionará como una esponja para retener agua en los terrenos de cultivo. Esto se puede lograr, por ejemplo, sembrando cultivos, que producen un alto contenido de materia orgánica (como haba, chicharo, avena o maíz), con el fin de regresar e incorporar el rastrojo producido al suelo, después de la cosecha. Resulta un poco difícil de comprender esto, en las zonas rurales, ya que el rastrojo generalmente es usado como forraje para los animales, sin embargo se ha logrado un significativo aumento en la productividad agrícola, cuando se regresa por lo menos el 50% del rastrojo producido a las tierras de cultivo. De ninguna manera debemos quemar los terrenos, aunque siga siendo una práctica común en algunos lugares.

En las hortalizas y jardines, la superficie de la tierra alrededor de las plantas siempre debe taparse, con materiales de cobertura (*mulch*) como paja, pasto seco, tierra de hoja, cartón...

De esta manera estamos evitando la pérdida de agua por evaporación, equilibrando la temperatura de la superficie de la tierra, ayudando a la formación de humus, microorganismos y a un mejor crecimiento de las plantas.



en las gráficas: (1) Incorporación de la materia orgánica de un cultivo de leguminosas (fenogreco) mediante la técnica de doble excavación, para aumentar el contenido de materia orgánica en el suelo (2) mucheada de cobertura con cartón y composta alrededor de un arbolito de mandarina – se puede tapar con paja (3) Abundantes cantidades de *mulch*, en camas e cultivo y en los caminos, para «captar» húmedad del aire durante las noches.

2. Utilizar sistemas de riego ahorradores de agua

En climas áridos y desiertos generalmente no se puede recomendar el riego de los cultivos por aspersión o inundación: con esta forma poco económica gran parte del agua (hasta 70 %) no llega a las plantas, porque se evapora con el sol.



Una vasija o piñata de barro cocido sin esmalte, se entierra al lado de las plantas que necesitan agua, y se llena de agua: este se filtra lentamente a través del barro y humedece la tierra a su rededor. Esto puede ser una buena alternativa para el riego de pequeños árboles frutales recién plantados, o en pequeñas camas con plantas medicinales y verduras. Este sistema no funciona muy bien en suelos arcillosos

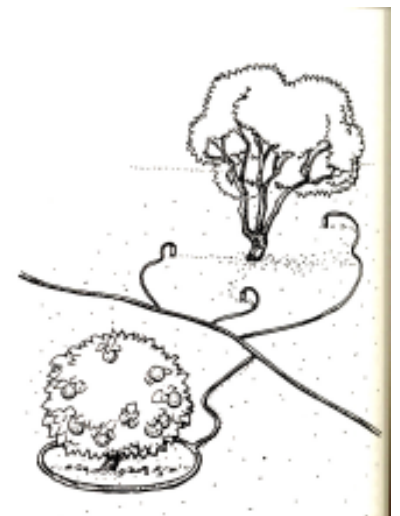
Para los cultivos y huertos se pueden instalar sistemas de **riego por goteo**: Estos ayudan para que el agua llegue de manera lenta y controlada directamente a las plantas.



Sistemas subterráneos: son mangueras perforadas, que se colocan a una profundidad de 10 a 15 cm adentro de las camas de cultivo. El agua de esta manera llega directamente a las raíces de las plantas, evitando completamente la pérdida por evaporación. Este diseño solo funciona en suelos arenosos y ha tenido muy buenos resultados en los desiertos (p.ej. en Israel), pero es algo técnico y mas bien diseñado para grandes cultivos comerciales bajo plástico.

Importante: El agua tiene que llegar bien filtrada de materia orgánica y arena a las mangueras, de otra manera se tapan rápidamente y se vuelven inútiles. También tiene que tener cierta presión, lo que a veces implica la instalación de bombas.

Sistemas con riego individual: A través de pequeñas mangueras con *dosificador*, directamente a las plantas. En otros diseños se mandan las terminaciones de las mangueras dentro de la tierra, así el agua llega directamente a las raíces. En estos sistemas también hay que presionar, filtrar el agua y no siendo aptos para aguas grises. Algunas veces se puede calibrar exactamente la cantidad que necesita cada planta. La desventaja es que son un poco complicados y frágiles. Hay que tener orden en el sistema o se enredan las pequeñas mangueras.





Sistema de riego con «cintas»: probablemente la solución mas atractiva para un riego por goteo al nivel de una pequeña propiedad o para la hortaliza familiar. Es sencillo, económico y eficiente:

Mangueras porosas («cintas») de plástico pasan las camas de cultivo en la superficie de la tierra en medio de las plantas, a una distancia de entre 20 a 40 cm entre sí. Todas estas mangueras se conectan con mangueras negras de PVC, que traen el agua desde un tinaco. Conviene, que en temporadas de sequía las cintas se colocan arriba de la superficie de la tierra, pero bajo la capa de *mulch*, así no se dañan tan rápidamente con el sol. Las camas de cultivo deben ser niveladas, para que el agua se pueda distribuir parejo.

3. Implementar estructuras como sombras artificiales y invernaderos

La inclusión de estructuras *malla-sombra* es muy útil en el cultivo de hortalizas y verduras delicadas, ya que muchas de ellas no prosperan bien con el sol directo durante muchas horas. Si se quiere cultivar en tiempos de sequía, muchas veces se vuelve indispensable levantar estructuras protectoras, ya que de otra manera se necesita mucha agua para mantener las plantas. Se puede comprar mallas especiales para sombrear cultivos, que vienen con una clara especificación del porcentaje de luz solar que dejan pasar. En el caso de no contar con recursos suficientes para comprar estas mallas especiales, existen un sinnúmero de maneras para levantar sombras con materiales locales y de bajo costo.

La construcción de viveros, cubiertos de vidrio o plástico (existen plásticos especiales para invernaderos, que resisten a los rayos del sol) se puede crear espacios para el cultivo intensivo. Los cultivos de invernadero necesitan menos riego, pues el agua que se evapora normalmente, se recupera por el plástico, resultando en un alto contenido de humedad en el aire y condiciones favorables para el desarrollo de los cultivos.



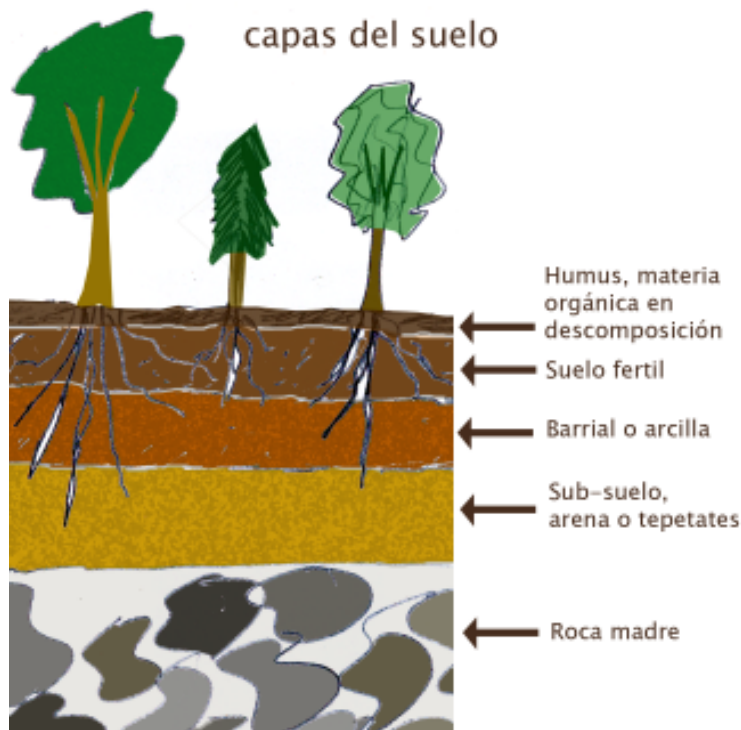
A veces, durante los fuertes aguaceros, observamos en muy poco tiempo la llegada de mucha agua a los terrenos. En climas áridos y desiertos, las lluvias suelen precipitarse de una manera errática y extremosa– si esta gran cantidad de agua no se puede infiltrar de una manera natural a los suelos, se escapa por la superficie, llevándose la tierra suelta hacia los barrancos, ríos, presas y lagos. Este fenómeno se llama **erosión de los suelos**

Manejo de agua en el paisaje

La erosión de los suelos se ha vuelto cada vez más endémico, al progresar la tala inmoderada de los bosques y la pérdida de la capa vegetal en las montañas y laderas. Como consecuencia, las montañas pierden su capacidad natural de retención de agua, lo que causa la pérdida masiva de los suelos fértiles, de manantiales y flujos de agua naturales, (es decir: desertificación). Como el agua no se puede retener más en las montañas, baja rápidamente y causa inundaciones extremas en los barrancos y en las planicies.

Nuestro propósito es, que toda el agua de lluvia que llega a nuestro terreno, **se pueda infiltrar** allí mismo (mientras no la cosechemos y almacenemos para nuestro propio consumo). **Que el agua no se escape por la superficie, sino que entre al suelo**, alimentando a plantas, árboles, cultivos, animales y microorganismos y recargando a los mantos acuíferos del subsuelo.

Para analizar el grado de la erosión y pérdida de suelos en nuestros terrenos, es útil conocer las diferentes capas del suelo (ver gráfica). En algunos casos la erosión ha progresado a tal grado, que nada más quedó la roca madre. A partir de allí será más difícil la restauración. En la Granja Tierramor la mayor parte del terreno se había erosionado hasta la parte de la arcilla, cuando comenzamos.



en las fotos arriba se pueden observar diferentes grados de erosión: (1) – suelo lavado hasta la capa arcillosa – se puede observar, como las raíces del árbol retienen suelo. (2)– tepetates (3) – suelo lavado hasta la roca madre

Para poder trabajar en la restauración de la erosión, debemos que analizar el terreno y desarrollarlo considerando la topografía, los contornos y las curvas de nivel- estas son líneas imaginarias, que definen puntos en el terreno que están al mismo nivel (similar a las líneas, que aparecen en las mapas topográficos). Para poder definir estas curvas de nivel en nuestro terreno, existen una variedad de herramientas.

El « Marco A »

Se puede utilizar una herramienta sencilla pero efectiva para determinar los niveles en un paisaje: El "Aparato A", consiste en dos maderas o palos del mismo largo (entre 1.5m y 2.50m), se clavan en una punta, dejando salir la punta del clavo para colgar el plomo. Un tercer travesaño se clava a la mitad de los dos palos de tal manera, que la distancia entre las dos "patas" del aparato es exactamente de uno o de dos metros.

Después hay que calibrar el "Aparato A":

En una superficie mas o menos plana, se marcan dos puntos para colocar el aparato:

En el travesaño marcamos con un lápiz la posición del plomo, después volteamos el aparato, si coincide la postura del plomo con la marca anterior, esto es el nivel, de otra manera el centro se encuentra exactamente en el medio de la primera y la segunda



Utilizar el Aparato «A» para obtener el nivel-

Una vez construido y nivelado el aparato A, sabemos que cuando la plomada caiga en el centro, las dos patas del aparato están a la misma altura.

Entonces se puede trazar en el terreno una línea que va a dar muchos vueltas en forma de curva, pero que siempre va a estar a la misma altura, o sea, al mismo nivel. Por eso se le llama curva a nivel.

Para utilizarlo, una persona pone una pata del nivel en un punto fijo y mueve otra pata para arriba o para abajo, hasta que la plomada quede en el centro. Entonces, otra persona clava una estaca. Después, la persona que está operando el nivel mueve el aparato a la otra estaca y busca otra vez el nivel.



Utilizar el marco «A» para obtener el porcentaje de desnivel

Este dato sirve para averiguar el grado de inclinación de una pendiente. La inclinación se mide en porcentajes de desnivel e indica los metros que baja una ladera cada 100 m medidos.

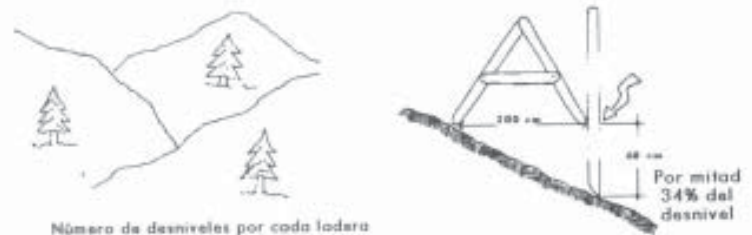
La ladera del dibujo a la derecha tiene 28% de desnivel y se lee: baja 28 metros encada 100 metros lineales. Cuando se conoce el porcentaje (%) de desnivel de una ladera, tenemos otro dato importante para saber cómo manejarlo y qué tipo de trabajo es el más adecuado.

Equipo necesario:

- a) El nivel rústico o aparato A;
- b) una cinta métrica, y
- c) Una vara recta.



Para obtener el porcentaje de desnivel de cada punto deben seguirse los siguientes pasos, de acuerdo con la ilustración



1. Coloque una pata del aparato «A» contra la ladera.
2. Coloque la vara o un plomo pegado en la punta de la otra pata del aparato.
3. Levante la punta del aparato poco a poco hasta que la plomada marque el centro (nivel).
4. Marque con un lápiz el punto exacto donde llegó la punta de la pata del aparato en la vara.
5. Mida cuántos centímetros hay hasta la marca de la vara. La mitad de esta cifra será el porcentaje de desnivel. Si la distancia entre las patas del aparato es de 1 m, o sea, de 100 cm, lo medido en la vara sería de 34 cm, pero como el aparato mide 2 m, o sea, 200 cm, la medida en la vara es de 68 cm. Por eso debemos obtener la mitad. En el terreno del dibujo encontramos una pendiente de 34 %.

El terreno puede tener dos o más laderas con diferente inclinación y tamaño. En este caso, en cada ladera se hacen varias medidas del desnivel. Se recomienda tomar de cuatro a seis desniveles en diferentes partes de cada ladera, después se puede calcular un promedio de cada pendiente.

Marcar las curvas de nivel en el terreno

1. Trazo de la línea madre:

Este es el primer paso para trazar las curvas de nivel sobre las se construirán las zanjas: Se preparan una cantidad de estacas de madera. La primera se siembra en la parte mas alta del terreno, después se amarra a esta el extremo de una cuerda de 20 o 30 metros, la cual estiramos hacia el punto mas bajo del terreno. Después se siembran estacas a una cierta distancia según la pendiente de la ladera: cuanto mas pendiente tiene nuestro terreno, menos distancia hay entre cada estaca (ver página 36).



2. Tomando el "aparato A" a plomo, atravesamos la pendiente a la altura de las estacas que hemos puesto. Cada vuelta del marco «A» clavamos una estaca. Así determinamos los contornos.

3. Después se corrigen las estacas con la simple vista. Se puede uno colocar a un extremo de la línea y componer las que están muy salidas, ya sea subiendo o bajando unas estacas para facilitar el trabajo y las curvas sean mas suaves. Tenga mucho cuidado de no mover todas las estacas. Las que pueden moverse son unas tres en una línea de diez estacas en las laderas con mucha pendiente no hay necesidad de corregir las estacas, ya que siempre las curvas quedan suaves.



Las estrategias para el control de erosión

Podemos tomar una o varias de las siguientes medidas, dependiendo de la problemática, que enfrentamos en nuestros terrenos:

- Zanjas y pozos de infiltración
- Muros de piedra al contorno
- Terrazas niveladas
- presas de gavión, barreras vivas o muertas
- Terrazas individuales

Zanjas y pozos de infiltración

Ayudan a detener agua, tierra y materia orgánica, establecer árboles y vegetación, controlar la pérdida de suelos y **almacenar agua, donde más se necesita: ¡ Adentro de la Tierra!** Son una manera sutil pero prometedora para recargar los mantos acuíferos, si fueran realizadas a gran escala en las montañas y laderas sin capa vegetal.

Las zanjas de infiltración solo se pueden implementar en terrenos, donde todavía queda algo tierra o por lo menos la capa de arcilla, para poder excavar. No se pueden realizar en los terrenos totalmente erosionados hasta la capa de la roca madre.

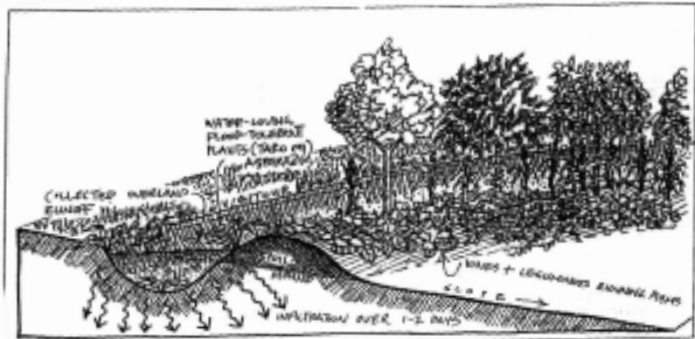
En laderas que tengan una inclinación entre 2 y hasta 45%, se recomienda construir zanjas sobre las curvas a nivel. Cada ladera debe llevar una distancia diferente entre cada curva de nivel, de acuerdo con la pendiente e inclinación.

Esto se debe a que el agua no escurre igual en todas las laderas.

Por ejemplo, en una ladera que tiene 2% de desnivel se da una distancia horizontal de 30 m entre zanjas, mientras que para una ladera con un 16% de desnivel se da solamente una distancia de 16 m.

Entre mayor sea el porcentaje de inclinación de la ladera, más rápido y mayor cantidad de agua se escurrirá. Por eso las zanjas a nivel deben estar más cerca una de otra, para que sean suficientes y puedan guardar toda el agua que se escurre.

Recuerde también que debe tomarse en cuenta la clase de suelo para decidir la distancia, porque sí una ladera es arenosa y otra es de barro, se dará menos distancia en ésta última porque absorbe menos agua que la arenosa. Además, un terreno con mucha materia orgánica también absorbe mucha agua, por o tanto, se puede dar una distancia un poco más abierta que en un terreno de barro.



Ahora que ya conocemos estas razones, es muy útil estudiar esta tabla, construida en base a la experiencia de muchos campesinos que han hecho zanjas en sus terrenos para protegerlos de la erosión.



arriba- zanjas de infiltración después de un aguacero fuerte

Para laderas con una pendiente de	Distancia de las zanjas de infiltración
2 %	30 m
5 %	28 m
8 %	24 m
10 %	20 m
14 %	18 m
16 %	16 m
20 %	14 m
25 %	12 m
30 %	10 m
35 %	8 m
40 %	6 m
45 %	4 m

=> Se excavan las zanjas, siguiendo la línea de los contornos. Acomodamos la tierra que sacamos en su orilla montaña abajo. En terrenos pequeños se pueden hacer a mano, pero en extensiones grandes es útil pensar en el empleo de maquinaria.

=> Las zanjas de infiltración son, como su nombre lo dice, para que se infiltre la mayor cantidad de agua posible. Su tamaño varía según el tipo de suelo, la pendiente y la cantidad de agua que hay que manejar. En laderas con mucha pendiente se excavan muchas zanjas que no tienen mucho ancho y mas profundidad. En laderas con poca inclinación las zanjas pueden tener hasta varios metros de ancho. La profundidad depende también del suelo, si es arenoso (menos) o arcilloso (mas profundidad)

=> Las zanjas de infiltración generalmente se construyen con un *canal de desborde* para poder ,durante los fuertes aguaceros, guiar el agua que no se alcanza a infiltrar, a la próxima zanja de infiltración mas abajo etc.; Si hay que controlar cantidades muy grandes, podemos construir también **estanques y pozos de infiltración**. La idea es, que no se vaya a escapar ningún flujo de agua por la superficie del terreno, causando así erosión y pérdida de materia orgánica.

=> Conviene ahora poner el punto más alto del montículo de tierra al mismo nivel a lo largo de toda la zanja, para que el agua se pueda distribuir parejo. Solamente, donde hacemos los canales de desviación, dejamos el nivel más bajo. Así la zanja se puede llenar de agua hasta cierto punto, y cuando esté el punto de desbordarse, el agua puede ser desviado hacia la procima zanja de infiltración. Este canal de desborde lo reforzamos con piedras y rocas, para que no se presente erosión allí.



=> Inmediatamente después de excavar las zanjas de infiltración se deben de plantar las superficies de la zanja: Arriba del montículo se pueden plantar especies que requieren menos humedad, como hierbas de olor y plantas medicinales, incluso flores y leguminosas mejoradores del suelo pueden ser sembrados. Montaña abajo del montículo es un muy buen lugar para sembrar árboles frutales, para que aprovechen el agua que se infiltra en la zanja => Con el tiempo y las lluvias las zanjas de infiltración se llenarán de materia orgánica y tierra de monte, dejando así camas fértiles para sembrar mas especies útiles. Eventualmente en algunos años hay que excavar mas zanjas, o puede ser que las plantas y árboles establecidos ya acabaron por completo con la erosión y los deslaves.



en las imágenes:
zanjas de infiltración
en Granja Tierramor-
(1) Después de
excavarlas al inicio
de la temporada de
lluvias (2) tres meses
después con una
variedad de plantas
sembradas.

Muros de piedra al contorno-

hay muchas regiones, donde los montes se erosionaron a tal grado, que ya no queda tierra donde excavar las zanjas, porque los suelos se lavaron hasta la roca madre.

En estos terrenos podemos utilizar las piedras y rocas existentes siguiendo las líneas de contorno del terreno, acomodandolas en muros y montículos, que dejen pasar el agua, reduciendo su velocidad, y reteniendo sedimentos, tierra y materia orgánica.

Con el tiempo se pueden establecer pastos, arbustos y árboles pioneros, que a su vez retienen la tierra para formar terrazas.

Especies útiles para ayudar en la formación de terrazas en tierras desertificadas son, el árbol de Mesquite y el maguey. Ayuda también la siembra de leguminosas mejoradores de suelos, como el frijol carnavalia (ver material de apoyo de Tierramor: «Suelos»), en las partes, donde hay un poco de tierra, que no se deslave

ADVERTENCIA: Estos métodos funcionan mucho mejor, si mantenemos alejado el ganado de los terrenos en restauración- los caballos, vacas, chivos y borregos sueltos en nuestros terrenos compactan la tierra, comen las plantas, y causan erosión. Si necesitamos los terrenos para el ganado, conviene controlarlos y mantenerlos concentrados en un espacio reducido con una cerca, que se cambia a otro pedazo del terreno, cuando sea necesario, dejando así tiempo, para que se pueda re-establecer la vegetación

En las gráficas- muros de piedra para frenar el agua, captar sedimentos y materia orgánica (ver foto abajo) y formar terrazas, en el Mpio de Tierra Blanca, Gto.



Cultivo en terrazas niveladas

Se dice, que en terrenos con inclinaciones mayores de 6% no se debe que practicar la agricultura sin el empleo de terrazas niveladas. La práctica de sembrar en terrazas era muy común hasta muy recientemente, cuando se retiraron en muchos lugares, porque impidieron el uso de tractores y maquinas para trabajar los campos. En pocos años, la tierra se pierde y los campos se vuelven estériles.

Las terrazas en el cultivo tradicional eran formadas con muros de piedra, o bien se utilizaba el maguey y árboles como el aguacate para detener la tierra de las milpas en las laderas.



Presas de gavión, barreras vivas y muertas

Las presas de gavión (ver gráfica a la derecha) se construyen en los barrancos, donde baja mucha agua después de los aguaceros fuertes en la temporada de lluvia. Como esto a lo mejor pasa nada más una o dos veces en el año, resulta a veces poco imaginable, que estas presas se pueden llenar rápidamente en cuestión de minutos. Es importante dejarles en la parte superior un canal suficientemente ancho para que pueda desbordarse el agua, una vez que se haya llenado la presa. Si los terrenos montaña arriba están muy desprotegidos, se pueden llenar con tierra en poco tiempo.

Las presas de gavión están construidas con cajones de malla que se rellenan con rocas, y se entretajan entre sí, cuando se colocan para formar barreras resistentes.

Detienen la velocidad del agua y alcanzan a captar tierra y sedimentos, que de otra manera se perderían en los grandes ríos. Si se construyen varias presas de este tipo en un barranco, es posible, retener suficiente agua en la tierra, pudiéndose aprovechar hasta muchos meses después. Estas presas, en conjunto con otras estrategias, puede ayudar a recuperar manantiales, que se han perdido a causa de las malas prácticas agro-forestales.



Las **barreras vivas** pueden formarse de muchos diferentes tipos de plantas: En los barrancos puede ayudar; árboles como el sauce para detener el suelo de las orillas. Para la formación de terrazas se puede sembrar pastos (como té limón), maguey o árboles de la familia de leguminosae, preferiblemente especies, que se pueden podar periódicamente para la obtención de leña (como mesquite, husache, y otros)

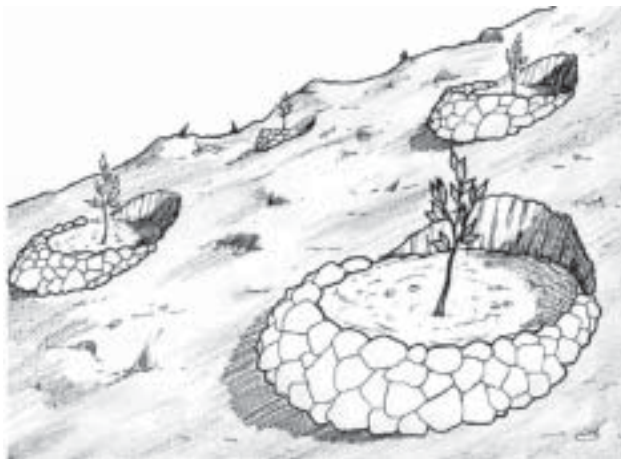
Las **barreras muertas** pueden construirse de cualquier material natural, como palos, troncos, piedras, pasto seco, tierra o paja. Se fijan en la tierra con estacas hechas de palos y postes de madera. Reducen la velocidad del agua en los barrancos y los campos de cultivo. Cumplen el mismo fin que los muros de piedra – dejan pasar el agua, pero retienen suelo y materia orgánica.



Terrazas individuales

Si las laderas tienen una pendiente mayor de 45%, se recomienda la construcción de terrazas individuales para la siembra de árboles, cuya distancia será igual a la distancia recomendada para reforestar. Esta distancia depende de la clase de árboles que se siembren. Estas terrazas se hacen de forma circular y su diámetro depende del tamaño del árbol, que se piensa sembrar.

Normalmente se fija la tierra montaña abajo con muros de piedra y roca amontonada.



Metodo Tlaxco de Renovación Silvícola

Este método fue desarrollado por Carlos Caballero en el estado de Tlaxcala durante los últimos 40 años. Es una manera para acelerar el proceso de reforestación en las montañas erosionadas, que incluye muchas estrategias, que hemos mencionado antes, pero pone mucho énfasis en la necesidad de añadir materia orgánica a los suelos degradados, para que se puedan establecer pastos pioneros en los tepetates- El tepetate es parecido a lo que era el planeta Tierra en sus inicios: no había humus, no había vegetación. Para recuperar los suelos, para volver a tener un bosque en un terreno de tepetate, es necesario imitar ese largo proceso que la Tierra recorrió. No obstante hay una gran diferencia: la Tierra tardó millones de años en generar la atmósfera y las condiciones para el crecimiento de las plantas. Nosotros lo podemos lograr en unos 60 años porque ya tenemos una atmósfera y un clima que nos favorecen. Sin embargo, no se puede sólo hacer unos agujeros en el tepetate, plantar arbolitos e irse. No se puede asumir que sobrevivirán. Con gran seguridad no podrán resistir ni el calor, ni la sequía, ni las heladas. Primero se necesita **crear una capa de humus para retener humedad**. Y, para lograrlo se pueden excavar zanjas a nivel para retener las aguas pluviales, se pueden formar cuadros de piedras y sembrar pastos y hierbas de la región para iniciar una capa de humus. A los pocos meses se empezaron a ver los primeros resultados y a los tres, cuatro años ya se empieza a regenerar el pasto con más fuerza. Pero aún falta que regresen los árboles pioneros de la región.

En un mínimo de tiempo se puede talar un bosque. Sin embargo, recuperar un bosque es un proceso difícil, delicado y tardado. Para lograrlo es indispensable comprender las condiciones específicas y se necesita observación, paciencia gran cuidado y dedicación.



arriba: Grupo de asistentes a un curso de desarrollo sustentable durante trabajos de recuperación de suelos según el método Tlaxco de renovación silvícola

Referencias para este capítulo:

H. Hieronimi: «Manejo sustentable de agua en zonas áridas» (2001-2005) y experiencias personales en la práctica
 Alejandra Caballero, Joel Montes «Agricultura Sostenible. Un acercamiento a la permacultura». Primera ed. Programa de Formación en la Acción y la Investigación Social, A. C. PRAXISMéxico, segunda ed. 1994, tercera edición 1998 Semarnap

»Manual de conservación de suelos y agua», 1993, Edit. Fray Bartolomé de las Casas A.C., San Cristobal, Chiapas
 Bill Mollison y Remy Mia Slay «Introducción a la permacultura».

<http://www.rlc.fao.org/prior/reclnat/pdf/capta/siste1.pdf>

<http://www.green.go.jp/gyoumu/kaigai/manual/bolivia/03text/spanish/09.pdf>

<http://www.lillywolfensberger.com/>

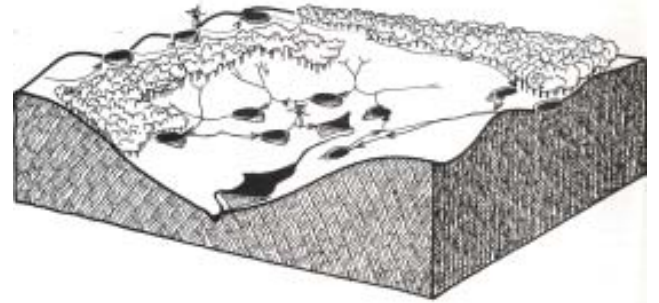
Caballero Cervantes, Juan Carlos: «Silvicultura práctica - El método Tlaxco de Renovación Silvícola (M-T)», Universidad Autónoma de Tlaxcala. 1993

Diseño integrado

Si bien todas estas ideas, tecnologías, estrategias que hemos mencionado a lo largo de estas páginas, pueden aportar cada una de por sí efectos benéficos enormes, una ubicación inteligente de los diferentes componentes en el terreno pueden multiplicar estos efectos positivos no solo para nuestra calidad de vida, sino también para el entorno. Aquí mencionamos algunos **principios de diseño**, que hay que considerar al momento de planear los sistemas de agua en un terreno

Planear con elevaciones y pendientes-

Un buen conocimiento de la topografía del lugar, de los pendientes y sus curvas de nivel, nos puede ayudar a la hora de diseñar sistemas de agua, control de erosión, drenaje, saneamiento y de producción agrícola. Usamos cualquier pendiente o diferencia de altura para que fluyan agua y otros líquidos. Cuando sea posible, colocamos las cisternas y sistemas de captación de agua arriba de las viviendas, y los sistemas de tratamiento y reciclaje abajo de ellas. El flujo natural por gravedad nos ahorrará mucha energía eléctrica, donde sea posible, hay que aprovechar los pendientes.



Muchos elementos cubren las necesidades básicas

En los servicios de primera necesidad, tendremos que pensar sobre todas las posibilidades para asegurarnos de la presencia de estos; En el caso del agua se podemos realizar sistemas de captación de los techos, caminos y carreteras, y guardarlo en cisternas; podemos escarbar zanjias de infiltración (ve página) para guardar agua dentro de la tierra, podemos bombear agua de los ríos o presas; también podemos tratar nuestras aguas grises y negras para reutilizarlas. Siempre es bueno, construir con el tiempo dos o tres cisternas en diferentes lugares del terreno, así tenemos un respaldo para tiempos de escasez

Maximizar y aprovechar las orillas

En la naturaleza podemos observar que los bordes entre diferentes ecosistemas son más productivos que cada sistema lo es individualmente (Orrillas de lagos, ríos y mares/ la orilla entre montaña/ bosque y planicie etc.) En estas orillas se pueden mantener especies de los dos ecosistemas y también especies que solo pueden desarrollarse allí. En nuestros diseños intentaremos de incorporar y maximizar este "efecto borde", para crear nichos y habitat donde se pueden establecer una gran diversidad de especies sensibles de flora y fauna.



Referencias para este capítulo:

Bill Mollison / Reni Mia Slay «Introducción a la permacultura»

H. Hieronimi «principios de la permacultura» Tierramor 2001

<http://www.tierramor.org/permacultura/permacultura.htm>



www.tierramor.org

Jacarandas # 5, Barrio Santiago, Erongaricuaró, Michoacán, México, C.P. 61630
Tel: 01 4433 730362 (celular), Email: tierramor@laneta.apc.org,
página web: <http://www.tierramor.org>