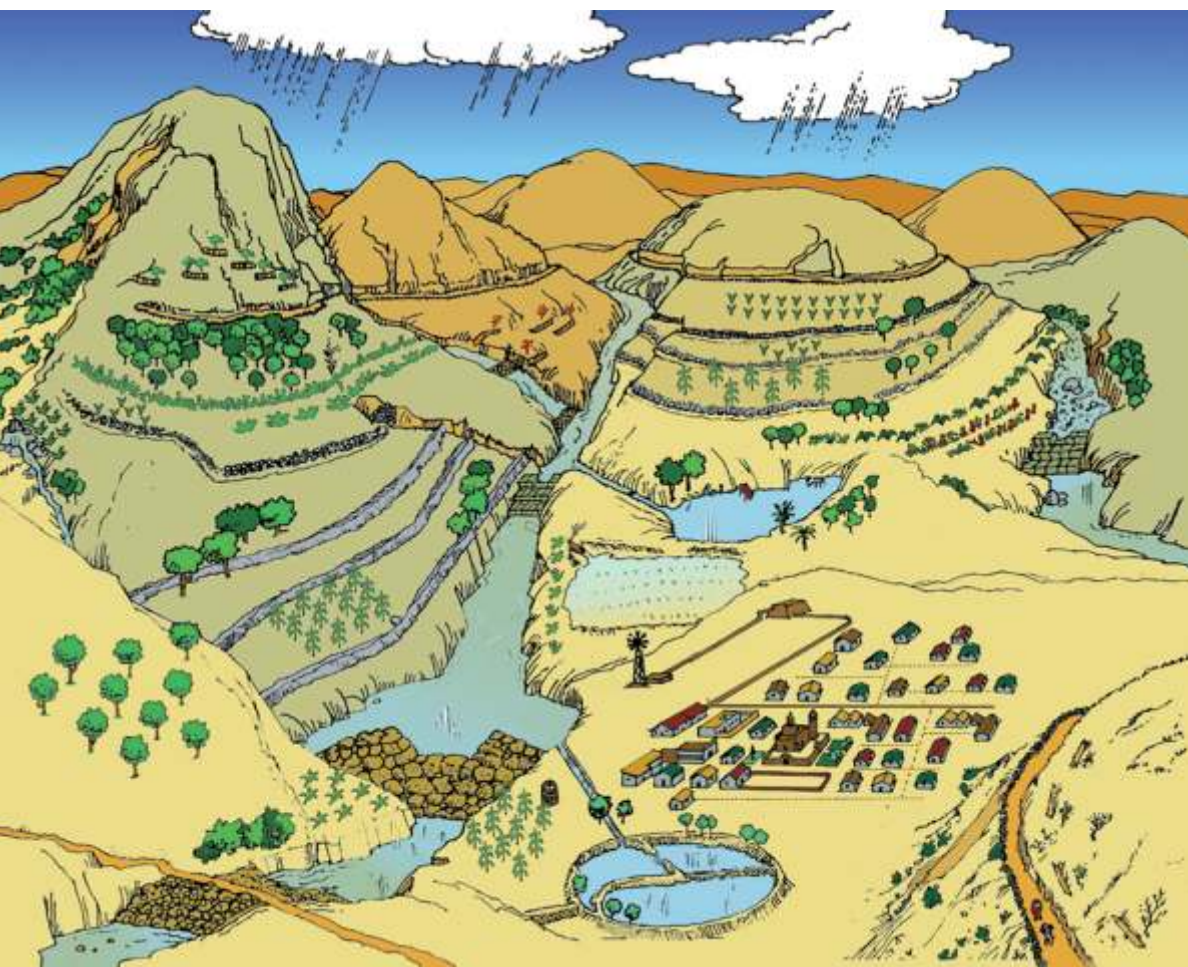


Tecnologías Apropiadas de Regeneración de Cuencas para la Obtención de Agua



Raúl Hernández Garciadiego
Gisela Herrerías Guerra

alternativas y procesos de participación social a.c.

Tecnologías de Regeneración de cuencas para la obtención de Agua

Raúl Hernández Garcíadiego y Gisela Herrerías Guerra
Alternativas y Procesos de Participación Social A.C.

I El problema del agua se está convirtiendo en uno de los principales problemas mundiales.

Pese a que siete décimas partes de la superficie de nuestro planeta azul está cubierta por agua, cada día que pasa disminuye dramáticamente la cantidad de agua potable disponible por habitante. Esta amenaza es consecuencia del mal manejo que la humanidad ha estado haciendo de los recursos naturales del mundo durante los últimos doscientos cincuenta años desde el inicio de la “*revolución industrial*”.

La compleja problemática en torno al agua se está agravando aceleradamente por la confluencia de múltiples causas combinadas, que afectan tanto a su cantidad como a su calidad: la disponibilidad disminuye, los solicitantes aumentan, la contaminación se extiende y el agua pura escasea. A nivel atmosférico, el cambio climático causado por los gases resultantes del abuso en la quema de combustibles provoca que las sequías sean más severas e impredecibles, mientras que en otras partes los desastres causados por lluvias torrenciales e inundaciones se presentan en lugares que anteriormente no se sentían amenazados por estos fenómenos hidrometeorológicos.

Pese a ser un problema creciente en el ámbito planetario, sus consecuencias no las sufren por igual todos los habitantes: los pobres sufren más su escasez, en las mujeres recae el esfuerzo de abastecer a la familia, los niños y ancianos son más vulnerables ante las enfermedades causadas por agua contaminada.

Disponemos de los conocimientos científicos suficientes para comprender las causas del problema y también contamos con la tecnología necesaria para solucionarlo. El problema es de actitud, de falta de voluntad para tomar las decisión de cambiar nuestro comportamiento: gobernantes, productores y consumidores, todos los habitantes.

La región de Tehuacán y de la Mixteca poblana, siendo la cuna de la agricultura y de la irrigación mesoamericana, son un claro ejemplo de este proceso de deterioro, pero también de la posibilidad de revertirlo mediante la regeneración de las cuencas con la participación de la población, como lo ha mostrado el programa “Agua para Siempre”, cuyos antecedentes se remontan al año de 1980.

II Origen del problema de escasez de agua: la degradación de la cuenca

Para satisfacer sus requerimientos de vivienda y combustible, al mismo tiempo que presionados por la necesidad imperiosa de obtener recursos económicos mediante la venta de madera, y acicateados por el hambre para sembrar maíz con fines de autoconsumo familiar, a lo largo de la historia reciente de muchas regiones los pobladores de cerros y montañas han talado bosques enteros y han abierto tierras de monte al cultivo, forzándolas inadecuadamente a servir a propósitos agrícolas, cuando su vocación natural era eminentemente forestal.

Esta tala de subsistencia realizada por los habitantes de los montes se ha visto agravada por la inmoderada tala que va a dar a los aserraderos comerciales, quienes no hacen un manejo sostenible de los bosques para garantizar su conservación para el futuro.

El sobrepastoreo también ha provocado que la vegetación no se reponga, ya que las plantas tiernas son arrasadas por los rebaños que se alimentan de ellas.

La acción combinada de la deforestación y el sobrepastoreo ha hecho desaparecer la capa de vegetación natural que cubría las laderas de colinas y montes, y esto provoca que el agua de lluvia no se infiltre ya hacia el subsuelo para recargar los mantos acuíferos, sino que escurra superficialmente por la pendiente, a velocidad creciente, arrastrando el suelo descubierto, hasta dejar solamente tepetate y piedras estériles.

El proceso de erosión resultante va escarbando barrancas en donde antes había bosques. De acuerdo a la topografía del terreno, muchas barrancas pequeñas confluyen y dan lugar a una más grande, que arrastra un caudal con fuerza y velocidad crecientes, lo que provoca una erosión mayor.

El relieve que se configura es el de una gran barranca con muchos afluentes menores, siguiendo un patrón dendrítico, figura semejante



a la forma en que se unen las ramas pequeñas con las mayores en los árboles.

Por otra parte, valle abajo, donde se encuentran tierras propias para el aprovechamiento agrícola, se perforan pozos para extraer agua y convertirlas en tierras de riego.

La conjunción de la erosión de los montes y la sobreexplotación de mantos acuíferos provoca un rápido descenso en los niveles freáticos, ya que se incrementa la extracción a la vez que disminuye el volumen de recarga. El abatimiento de los acuíferos amenaza seriamente a todo el sistema de galerías filtrantes, que depende de los mantos subsuperficiales y son la base de la agricultura de riego en el valle bajo, así como de los pozos someros excavados por los pueblos campesinos e indígenas para abastecerse del vital líquido para sus necesidades familiares.

Ante la escasez del recurso hídrico, se hace atractiva la captación de los caudales de las barrancas, ya que son susceptibles de aprovechamiento por medio de la construcción de bordos o represas para embalsar el agua.

Debido al empuje incrementado del torrente, estas presas requieren una fuerte estructura para detenerlo, por lo que demandan una costosísima inversión que no está al alcance



de las poblaciones rurales, a menos que cuenten con apoyo externo, ya sea gubernamental o privado, los cuales generalmente no se orientan a regiones marginadas como ésta.

Además del problema de costo, las presas tienen una vida limitada debido a la gran cantidad de azolve que llevan las aguas, inutilizando en pocos años la enorme inversión realizada. La miopía de esta tecnología de las grandes presas estriba en que visualiza el problema bajo la óptica de un solo recurso - el agua - en lugar de enfocarlo desde la complejidad de las causas que lo originan y que exigen un manejo integral de los recursos al plantear las soluciones.

Sumado a este problema de la disminución de la cantidad de agua disponible, surge el problema de la contaminación de barrancas y cauces. Al quedar barrancas secas y estériles en donde antes hubo bellos arroyos y riachuelos, los pueblos y ciudades comienzan a arrojar basura y a conectar la descarga de los drenajes en los cauces de las barrancas, esperando que las próximas lluvias arrastren los desechos, sin pensar en los graves daños que causan a los habitantes de las poblaciones que se ubican aguas abajo.





III Solución: La regeneración de barrancas y cuencas

La propuesta de solución a este problema consiste en la construcción de un sistema que combine en forma adecuada:

- obras de regeneración de cuencas para retención de agua y recarga de acuíferos,
- revegetación de laderas y cauces de barrancas
- optimización del uso del agua obtenida
- tratamiento adecuado y reutilización de las aguas residuales para evitar contaminación.

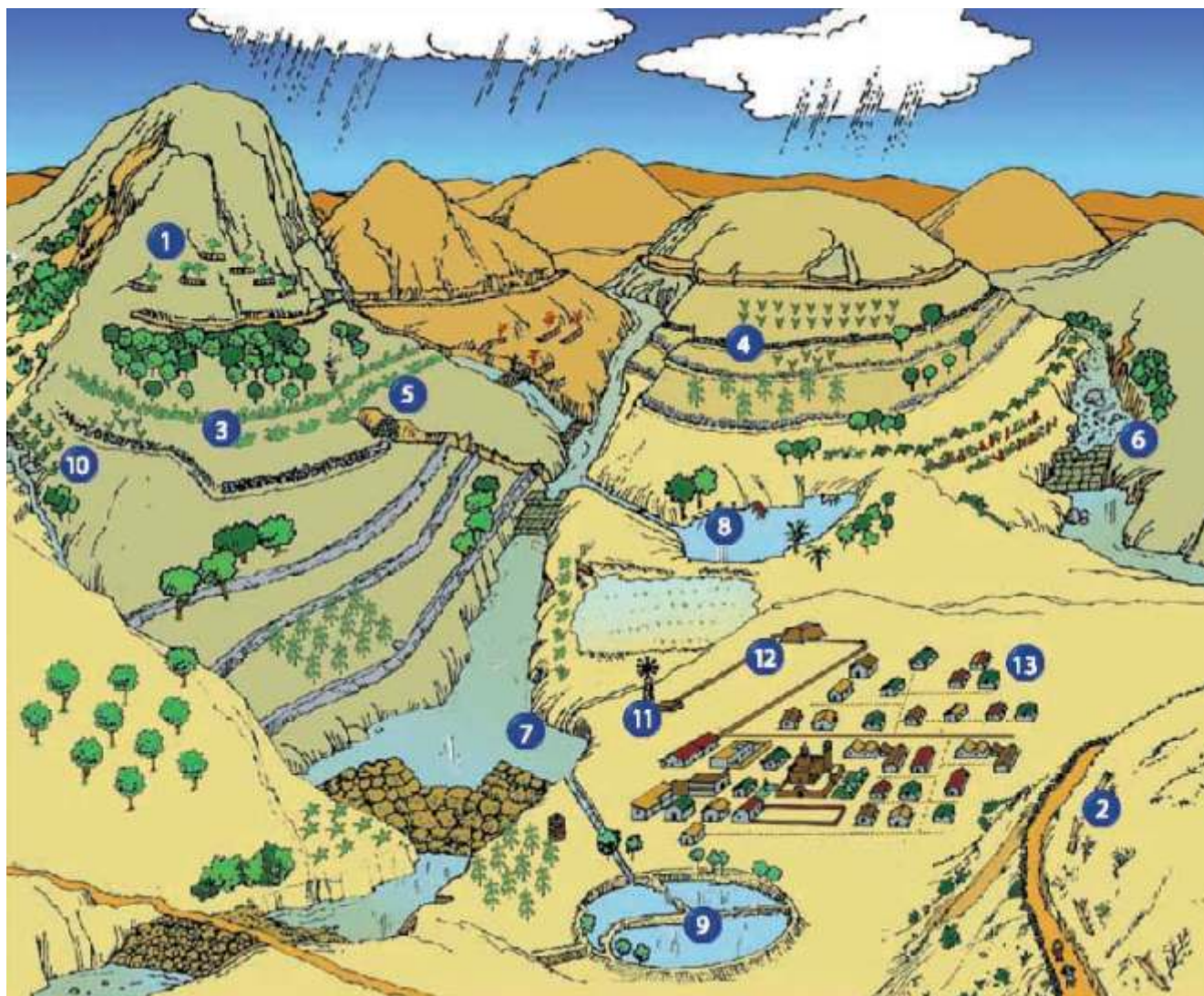
Una adecuada combinación de obras y acciones de este tipo permite controlar la velocidad del agua de escurrimientos, evitando sus efectos erosivos y logrando así la regeneración de la cuenca tratada, proveyendo agua de manera creciente y sostenible en el largo plazo.

Afortunadamente, los campesinos de la región de Tehuacán y la Mixteca no han perdido totalmente su vasta cultura *hidro agro ecológica* tradicional.

Los resultados de la investigación “*El agua como recurso escaso*”, llevaron a la conclusión de que una solución adecuada sería emprender un programa de regeneración de barrancas y cuencas. Así, en 1988 nació el programa “**Agua para Siempre**”, que ha crecido rápidamente y ha brindado abundantes frutos gracias a la entrega de un entusiasta equipo interdisciplinario de profesionistas, técnicos, administradores y campesinos.

La propuesta de regeneración pretende resolver el problema en el lugar mismo en donde se origina; es decir, corrigiendo sus causas reales y no solamente atendiendo a los efectos visibles. Para regenerar una cuenca se requiere hacer tratamientos específicos en cerros, lomas, valles y barrancas, utilizando tecnologías adecuadas en cada punto para lograr los efectos restauradores deseados.

El ciclo de regeneración es exactamente opuesto al proceso de deforestación. En lugar de pretender iniciar con la construcción de una gran presa para embalsar el agua en los valles donde confluyen las barrancas, se abordan primero los lugares más elevados en los cerros y colinas, en donde el agua de lluvia se empieza a juntar para producir pequeñas corrientes, para evitar que adquieran fuerza erosiva.



*Una panoplia de tecnologías de regeneración se combinan para lograr la regeneración de la cuenca.
Diagrama tecnológico del programa Agua para Siempre.*

Manejo Integrado y Sostenible de Cuencas Hidrográficas

1 Zanja trinchera para reforestación

2 Anillos de captación de escurrimientos

3 Bordos a nivel con barreras vivas

4 Terrazas niveladas para siembra

5 Retén de piedra acomodada

6 Presa de gaviones para filtración

7 Presa de almacenamiento de agua

8 Aguajes para abrevadero y riego auxiliar

9 Jagüey para abrevadero

10 Recarga de manantiales

11 Sistema alternativo de bombeo

12 Sistema de distribución de agua

13 Saneamiento con digestores

IV Obras de reforestación y recarga de acuíferos en los cerros

En las pendientes escarpadas de los cerros se pueden iniciar las labores de regeneración ecológica utilizando zanjas trinchera, estacados con ramas, anillos de captación y reforestación con especies adecuadas al clima de la región.

Los objetivos de los trabajos en los cerros son: favorecer la formación de suelos mediante la reforestación, reducir la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia, disminuir la erosión, propiciar la infiltración hacia el subsuelo y conducir suavemente el agua retenida al lugar deseado dentro de la cuenca.



Las plantas que se siembran alineadas sobre los bordos, ayudan con sus raíces a fortalecerlo para retener el suelo y el agua.

V Obras de regeneración y aprovechamiento en lomas

En lomas donde la pendiente es menor a la que se da en los cerros, es posible continuar la reforestación para proteger el suelo y realizar obras de captación del agua de lluvia a través de bordos y terrazas a nivel, así como de aguajes o jagüeyes para abreviar a los animales y para pequeña irrigación.

Todas estas obras tienen incorporados vertedores de demasías para evitar desbordamientos y rupturas en caso de escurrimiento excesivo de lluvia.

VI Obras de regeneración para cicatrización de barrancas

Las barrancas se formaron donde el agua encontró suelo más débil, al que pudo erosionar con mayor facilidad.

La regeneración se hace restaurando el suelo en estos cauces que el agua ha excavado, construyendo terrazas progresivas mediante una combinación de diversas represas filtrantes y otras impermeables, complementadas con bordos de tierra a los lados de la barranca, siguiendo las curvas de nivel. Una típica represa de hasta siete metros de altura hasta los aleros y unos veinticinco metros de largo a lo largo de la barranca tiene bajo costo, presenta bajos riesgos de diseño y es de fácil de construcción.

Para comenzar, se identifican los brazos de la barranca que proporcionan los mayores caudales y se escoge alguno de ellos. Este brazo se sigue corriente arriba para detectar los múltiples lugares en donde se originan los escurrimientos, para allí dar inicio al tratamiento.

Efecto de cicatrización de la barranca

Este sistema de escalonamiento de represas se realiza en cada uno de los brazos o ramas de la barranca para regenerar toda la cuenca.

Al disminuir la velocidad y fuerza del torrente inicial a través del estancamiento provisional del agua en diversos puntos, se logra el control y aprovechamiento de los dos recursos naturales involucrados: el suelo y el agua.



Las terrazas permiten retener el suelo y nivelarlo para sembrar, funcionando como esponja retenedora de agua para asegurar la cosecha.

- La tierra acarreada por la corriente se asienta en el lecho de las terrazas montaña arriba - en donde debe estar - formando excelentes terrenos para cultivo en lugar de ser arrastrada corriente abajo;
- se obtiene un espejo de agua temporal que sirve de fuente de vida para la fauna silvestre, mientras que una parte se filtra lentamente a través de las oquedades de la represa hacia las partes más bajas de la barranca, y otra porción se infiltra en el suelo, recargando los mantos freáticos.

A través del tiempo, estos dos fenómenos producirán un doble efecto benéfico:

1) La acumulación de tierra fértil en las hondonadas producirá un efecto similar a la cicatrización, cerrando la herida de la barranca, con lo que poco a poco se cubrirá de vegetación natural favorecida por las condiciones de humedad que encontrará, y

2) la acumulación de azolve funcionará como esponja que captará una gran cantidad de agua y la soltará lentamente a través de la represa filtrante, logrando un pequeño flujo que se prolongará por varios días o semanas, convirtiéndose en un arroyo semipermanente, en lugar del estéril torrente que corría anteriormente durante unas cuantas horas después de cada lluvia.





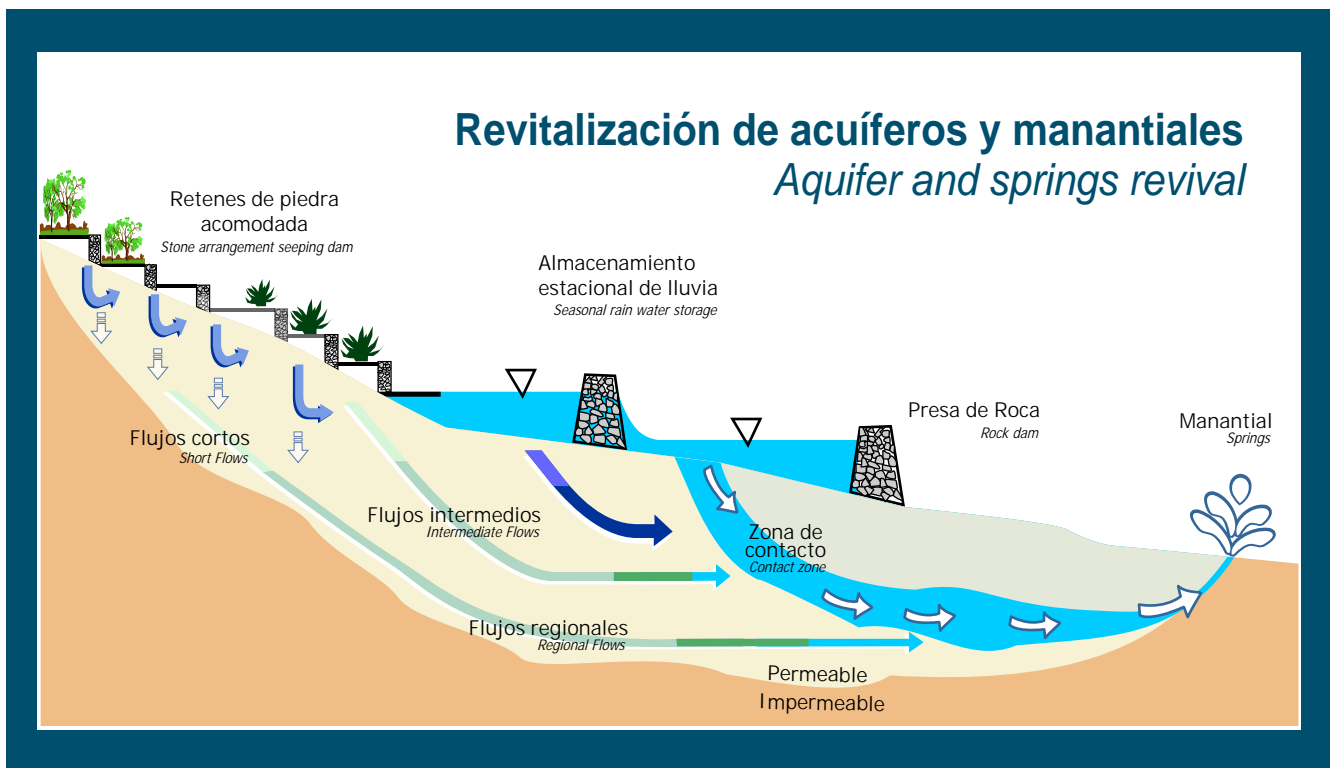
El Centro de Tecnología desarrolla, adopta y adapta tecnología para resolver las diversas necesidades de manera óptima.

En una cuenca larga, en donde es posible construir múltiples represas y terrazas, la corriente que se logra puede llegar a ser permanente, y su flujo aumentar a medida que se complete la regeneración de la cuenca hasta las montañas más altas de la cuenca.

Cuando exista suelo suficiente en cada terraza nivelada mediante la deposición de azolve, a lo largo de toda la barranca podrán sembrarse franjas de *árboles frutales* y otras *plantas perennes* diversas que, además de producir frutos para la población, auxiliarán a las represas en la labor de retener la tierra asentada, y con su sombra estarán reduciendo la evaporación del valioso líquido causada por el sol y el viento.

Cada cauce de barranca totalmente regenerada se convierte en almacén de miles de metros cúbicos de agua de lluvia, que cada ciclo se irán infiltrando desde las partes altas de los cerros y montañas, permeando y humedeciendo un área mayor a sus lados y por debajo de su trayectoria, lo que hará que el flujo subsuperficial sea cada vez más abundante y constante, constituyendo fuentes de abastecimiento confiables para la población aún en años de sequía.

Un beneficio adicional de gran valor económico para la población es la disponibilidad de bancos renovables de materiales para construcción a lo largo de una barranca regenerada. Desde que se construye la primera



represa, al dispersarse la fuerza del torrente debido al estancamiento temporal dentro del vaso, los materiales sólidos arrastrados se depositan en el fondo en forma graduada: Las rocas más pesadas se detienen primero aguas arriba, las gravas avanzan más, luego siguen las arenas y por último se depositan los limos y arcillas. De este modo, la población dispondrá de bancos de materiales graduados que abaratarán la construcción de futuras obras de regeneración, y que también pueden utilizarse para la construcción de casas, aulas o cualquier otra que requiera el pueblo.

Gracias a la disponibilidad de estos materiales graduados locales, el costo de las obras futuras de regeneración puede abarataarse en forma considerable. Para poder aprovechar estos materiales con facilidad, tiene que elegirse cuidadosamente el sitio de construcción de las represas, para facilitar el futuro acceso para la extracción y aprovechamiento de los materiales.

La población deberá aprender a graduar la extracción de materiales del banco en cada ciclo, para no dejar nuevamente un fondo de barranca desnudo, perdiendo el efecto de cicatrización de las laderas que se había logrado.



VII Obras de extracción y aprovechamiento del agua infiltrada

A lo largo de todo el sistema, y de acuerdo con las necesidades del lugar, es posible excavar pozos de poca profundidad, laterales a la trayectoria de la barranca, o galerías filtrantes bajo el cauce mismo para obtener - aun en los tiempos de secas - agua que ha sido almacenada e infiltrada por las represas, o hacer obras de toma para aprovechar los manantiales que se han revitalizado con el sistema. Las represas sirven también para derivar agua hacia canales para conducirla a los lugares de aprovechamiento.

El líquido que se obtiene puede destinarse como fuente de aprovisionamiento para uso doméstico, para abrevadero de animales, para agricultura o para una combinación de estas tres, que es lo que generalmente pretende la familia campesina.

Otra valiosa tecnología es la perforación de pozos horizontales en los cerros, para extraer agua por gravedad, sin requerir costosos sistemas de bombeo y electrificación, lo cual permite obtener agua barata para los pueblos de las montañas.

VIII Obras de almacenamiento

El sistema de retención gradual de suelo y agua en las partes altas de la cuenca permite la construcción de algunas represas de almacenamiento en las partes bajas del cauce principal. Ellas requerirán una inversión mucho menor en comparación con la que hubiera tenido que hacerse en caso de no haberse construido las obras de regeneración y control en las partes altas de la cuenca, y hubieran tenido que enfrentar bruscamente la llegada del violento torrente original.

Además, el vaso formado por esta represa tendrá una vida útil mucho más prolongada al haberse disminuido el arrastre de azolve, ya que estará recibiendo agua que ha sido filtrada previamente en múltiples ocasiones a lo largo de su curso montaña abajo, mediante la

deposición de azolve en las terrazas aguas arriba, formando bancos de materiales del modo ya descrito.

Aún así, en zonas de fuerte erosión, el diseño de las represas de almacenamiento puede incluir un desarenador que permita limpiar el vaso en caso de que esté reteniendo azolve en cantidades superiores a las esperadas. Este azolve, así como el agua liberada para limpiar su vaso, pueden canalizarse para beneficiar a los terrenos de cultivo que se encuentren en su desembocadura.

IX Obras de conducción de agua

Una vez lograda la captación del agua, se puede utilizar una amplia gama de tecnologías apropiadas en el diseño de sistemas de elevación, conducción, almacenamiento y aprovechamiento óptimo, trayendo cambios muy favorables a las familias campesinas y a la región entera.

El agua mansa puede encauzarse por distintos conductos a los lugares de almacenamiento. Los diversos sistemas de conducción tienen diversos grados de eficiencia ante las mermas por infiltración y evaporación. Hay que considerar que estas mermas durante la conducción no son siempre negativas, ya que son fuente de vida silvestre a lo largo de su recorrido, mientras que los sistemas muy eficientes en el cuidado de la conducción del agua pueden desecar completamente una región de la cuenca. La elección del sistema adecuado dependerá de la escasez o abundancia relativa de agua, de las necesidades de los diversos usuarios incluyendo la naturaleza - y de los recursos disponibles para inversión.

El agua domesticada puede conducirse por el mismo cauce de la barranca original para evitar costos de construcción de canales. Este medio genera mermas importantes en el flujo ya que el fondo irregular de la barranca produce estancamientos e infiltración en diversos puntos, pudiendo reducirse el caudal disponible al final, por lo que sólo conviene utilizarlo cuando se tienen volúmenes importantes de agua o cuando no hay recursos suficientes para hacer canales o entubar.

Otro medio de conducción eficientemente de agua es por medio de canales abiertos hasta el punto de utilización. El trazo de la trayectoria debe dar una pendiente ligera que impida que el agua adquiera velocidad y llegue a desbordarse o a dañar el canal. El diseño del canal está en función del volumen de agua a transportar, de la topografía y de la distancia. Este puede ser rústico o revestido con piedra, cemento, canaleta u otros materiales. El recubrimiento implica costos mayores, pero disminuye la pérdida de caudal por infiltración.

El entubamiento es el medio de conducción de agua más eficiente para evitar mermas, tanto por infiltración como por evaporación. Antes del entubamiento es necesario construir un tanque que permita asentar partículas en suspensión para no taponear las líneas de conducción, y a lo largo de su trayecto pueden incorporarse cajas rompedoras de presión y liberación de aire para proteger la tubería.



El manejo y cuidado del agua en las partes bajas de la cuenca



El sistema de riego subterráneo para siembra de amaranto permite garantizar la alimentación familiar aún en períodos de sequías prolongadas, ahorrando 99% de agua.

Obras de almacenamiento y cuidado del agua

El agua retenida en el sistema puede almacenarse utilizando muy diversas tecnologías, las cuales se escogerán dependiendo de las condiciones topográficas, los montos de inversión disponible, y la escasez relativa del agua disponible para almacenamiento. Pueden utilizarse bordos de tierra, jagüeyes, represas y tanques impermeables

Una vez que el agua llega al lugar en que habrá de retenerse, se puede optar por diversos métodos de almacenamiento, entre ellos el estancamiento temporal en terrenos de cultivo con bordos a nivel, los jagüeyes, las presas y los tanques impermeables.

La elección está en función de la cantidad de agua a almacenar, del tipo de terreno y de la inversión requerida.

Obras de optimización del uso del agua

En el proceso de producción de alimentos, la agricultura emplea entre el 70 y el 80% del agua que se utiliza en el país, por lo que es de vital importancia el optimizar su utilización mediante sistemas de riego por goteo, riego subterráneo y producción bajo invernadero.

Obras de saneamiento

Para evitar la creciente contaminación de arroyos y ríos es necesario difundir tecnologías alternativas de saneamiento como los biodigestores, las letrinas secas y otras que se están desarrollando en distintas partes del mundo.

Esto permitirá evitar la costosa tecnología de drenajes colectores y de plantas de tratamiento, que no son adecuadas a los niveles de pobreza de la mayoría de la población del mundo.

Los biodigestores anaerobios permiten la reutilización del agua doméstica, evitando la contaminación de arroyos y ríos.



Conclusión

La combinación de diversas técnicas adecuadas de regeneración ecológica, captación de agua de lluvia o del subsuelo, almacenamiento, distribución, potabilización, uso eficiente y reciclamiento de agua, permitirá dotar a las familias de un volumen suficiente de agua potable, agua limpia y agua tratada, para satisfacer las diferentes necesidades de beber, cocinar, lavar, regar, y abrevar a los animales.

Este sistema integral de regeneración ecológica de cuencas presenta otras ventajas importantes adicionales:

Al tratarse de proyectos que requieren inversión mayoritaria en mano de obra, su realización exige una importante participación comunitaria, por lo que estará brindando empleo a los lugareños durante el tiempo que no dedican a la agricultura, reduciendo la necesidad de migración estacional hacia las ciudades y el extranjero. El proceso constructivo del sistema, al ser una sumatoria de pequeñas obras hidro agro ecológicas escalonadas en lugar de una gran obra monumental, permite que su desarrollo sea gradual, de acuerdo con la disponibilidad de financiamiento y mano de obra.

Esto evita el riesgo de que alguna obra fuera inútil en caso de que por alguna razón imprevista tuviera que retrasarse o suspenderse. Por ello, este proceso no genera una gran dependencia del exterior para construirlo y mantenerlo; los habitantes de los pueblos pueden iniciarlo y continuarlo en la medida de su propia capacidad en caso de contar con escaso apoyo externo para realizarlo.

Además, existe un importante antecedente cultural para este tipo de obras en las represas, jagüeyes, terrazas y presas prehispánicas construidas en diferentes períodos y que actualmente están en operación.

En realidad no se trata de una propuesta nueva, importada de otros lugares, sino que representa una respuesta propia de esta región para resolver su problemática, respuesta que había sido relegada por el embate de la tecnología moderna, que en poco tiempo ha mostrado su inadecuación.

Obras de estos tipos proporcionan un beneficio directo a la población que la realiza en sus tierras y por otra parte están favoreciendo a toda la región al alimentar los mantos acuíferos. Sumando múltiples obras como éstas a lo largo de los montes que bordean los valles aluviales, la recarga de los mantos que se obtenga será muy importante, ayudando a mantener su nivel, lo que aunado a las acciones de reforestación y de uso adecuado del agua disponible permitirá solucionar en gran medida la escasez actual y futura del preciado líquido en la región.

La rica tradición de conservar suelos y aguas que se había ido perdiendo con el tiempo, se ha comenzado a recuperar y enriquecer con la utilización de nuevas técnicas y equipos para hacerla más eficiente y más eficaz, presentando la ventaja adicional de que su aceptación se facilita por no tratarse de una práctica ajena o extraña a la población campesina, sino de una enraizada en los orígenes mismos de la cultura hidro agro ecológica mesoamericana, que se generó en la región de Tehuacán.

El enfoque educativo y organizativo del programa se comprende mejor señalando que, en realidad, el programa **Agua para Siempre** no busca construir obras, sino capacitar y organizar a los habitantes de los pueblos para que ellos mismos puedan construir y operar sus sistemas de regeneración, aportando un valioso servicio ambiental a todos los habitantes de los pueblos y ciudades que comparten la cuenca.

Acción Local
Exitosa
Seleccionada

México 2006

IV Foro Mundial del Agua



Este artículo se publicó originalmente
en la **Revista Christus**,
Revista de Teología y Ciencias Humanas
Año LXIX Núm 743, Páginas 14 - 19,
julio - agosto 2004, México

Con el título: "Tecnologías de Regeneración
de Cuencas para la Obtención de Agua "
Colaboración de
Raúl Hernández Garciadiego y
Gisela Herrerías Guerra
Alternativas y Procesos de Participación Social A.C.

Edición



alternativas y procesos de participación social a.c.
México Marzo 2006

Agua
para
Siempre[®]



El Programa Agua para Siempre
ha sido financiado principalmente por

la Fundación Gonzalo Río Arronte,
la Fundación Conrad N. Hilton
la Fundación Ford
y otras valiosas fuentes.