

PN AAR 287

(AN: 36874

**PROYECTOS HIDRICOS
DE PEQUEÑA ESCALA
AMBIENTALMENTE
SEGUROS**

Guías para su planificación

por

GUS TILLMAN

Traducido del Inglés por
Julio César Reyes
Departamento de Desarrollo Regional, O.E.A.

CODEL/VITA

Coordinación del Desarrollo/Voluntarios
Para la Asistencia Técnica

Lima-Perú, 1983

© 1981 CODEL

Diseño de cubierta e ilustraciones de Susann Foster Brown

ISBN 0-86619-175-5

TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO	i
NOTA DEL AUTOR	vi
1. AGUA -- USUARIOS Y USOS	1
2. AGUA Y MEDIO AMBIENTE	7
3. AGUA Y SALUD	22
4. MEJORAMIENTO, DESARROLLO Y PROTECCION	51
5. SANEAMIENTO Y TRATAMIENTO DE DESECHOS	69
6. AGUA Y AGRICULTURA	84
7. PRODUCTOS ACUATICOS	108
8. AGUA Y ENERGIA	113
9. PLANEAMIENTO	116
ANEXO I - BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIAS CITADAS	138
ANEXO II - DONDE OBTENER LAS REFERENCIAS	143

PREFACIO

Este es el segundo volumen de la serie Guías para el Planeamiento. El primer volumen, Environmentally Sound Small Scale Agricultural Projects, fue publicado conjuntamente en 1979 entre VITA y The Mohonk Trust. El remanente de los volúmenes de la serie está siendo producido por CODEL y publicado conjuntamente por VITA y CODEL. Los documentos pueden ser solicitados a VITA.

Este documento ha sido escrito para los trabajadores de la comunidad en los países en desarrollo que no son técnicos en el campo de los recursos hídricos. Está orientado a servir como una guía general para el planeamiento de proyectos hídricos a pequeña escala ambientalmente seguros, es decir aquellos proyectos que tratan de proteger y conservar los recursos naturales de manera que permita a la vez que tenga lugar un proceso de desarrollo. En el texto se enlistan fuentes de información más detalladas y específicas.

CODEL se halla agradecido con los miembros de su Comité sobre Ambiente y Desarrollo que han apoyado este esfuerzo y que han ofrecido comentarios sobre los materiales incluidos, a saber:

Padre John Joe Braun, Misioneros de Africa, Director del Comité;
Srta. Elizabeth Enloe, Servicio Mundial de Iglesias;
Sr. George Gerardi, Abogado;
Sr. George Mahaffy, Cuerpo de Paz;
Dr. Ragnar Overby, Banco Mundial;
Srta. Agnes Pall, División Internacional, YMCA;
Sr. C. Anthony Pryor, Centro para el Desarrollo Integrativo;
Sr. A. Keith Smiley, Consultas Mohonk sobre el Ecosistema Terrestre.

El Pastor Charles Fluegel, miembro anterior del Comité, amerita especiales reconocimientos por sus contribuciones ponderadas y prácticas. Además, otros dos miembros anteriores del Comité deben ser reconocidos por su participación en el proyecto: la Srta. Marion Morey y el Sr. Michael Hayes.

CODEL se complace en publicar un documento escrito por el Dr. Gus Tillman cuya formación ambiental, expertos conocimientos y experiencia en el exterior hacen de él un recurso único para la comunidad que trabaja en el desarrollo. El Dr. Tillman sirve también en el Comité de CODEL.

Se reserva una apreciación especial para el Sr. Philip W. Quigg por su invaluable aporte editorial y técnico.

Varias personas revisaron el borrador del manuscrito: el Dr. John M. Kalbermatten, el Sr. James H. Patric, el Dr. Daniel A. Okun, el Sr. R. Paul Chakroff, la Srta. Marilyn S. Chakroff y la Dra. Patricia Rosenfield. Además, el libro fue revisado por voluntarios de VITA y personal de la AID, entre ellos la Srta. Molly Kux, de la Oficina de AID para la Arboricultura, el Ambiente y los Recursos Naturales.

La Srta. Kux y el Sr. Albert Prinz, Coordinador Ambiental de AID, han sido una fuente constante de apoyo para el Programa sobre Ambiente y Desarrollo, y especialmente para la Serie de Publicaciones. Apreciamos también el apoyo continuado de la Oficina de la AID para la Cooperación Privada y Voluntaria.

Daremos la bienvenida a los comentarios de los lectores de este libro; para su conveniencia, se incluye un cuestionario a este efecto. Por favor compartan sus reacciones con nosotros.

Rev. Boyd Lowry, CODEL
Srta. Carol Roever, CODEL
Srta. Helen L. Vukasin, CODEL

ACERCA DE CODEL

Coordinación para el Desarrollo (CODEL) es un consorcio privado y sin fines de lucro integrado por 38 agencias de desarrollo que trabajan en los países en vías de desarrollo. CODEL financia actividades de desarrollo de la comunidad que son iniciadas localmente e implantadas ecuménicamente. Dichas actividades incluyen, entre otras, proyectos en salud, agricultura y adiestramiento.

El Programa del Medio Ambiente y Desarrollo de CODEL sirve a la comunidad para el desarrollo, privada y voluntaria, mediante el ofrecimiento de talleres de discusión, información y materiales destinados a documentar la urgencia, factibilidad y potencial de enfoques para el desarrollo a pequeña escala, que enfatizan la interdependencia de los recursos humanos y naturales.

Este documento es uno entre varios materiales elaborados por el Programa para ayudar a los trabajadores del desarrollo a tomar en cuenta el ambiente físico durante el planeamiento, la implantación y la evaluación de proyectos. Para mayor información, contactarse con CODEL, 79 Madison Avenue, New York, New York 10016, EUA.

ACERCA DE VITA

Voluntarios para la Asistencia Técnica (VITA) es una organización internacional para el desarrollo de carácter privado y sin fines de lucro. Ofrece a individuos y grupos en los países en desarrollo una variedad de información y de recursos técnicos orientados a promover la auto-suficiencia; apoyo para la evaluación de necesidades y el desarrollo de programas; servicios de consultoría "in situ" y por correspondencia, y adiestramiento en sistemas de información. VITA promueve el uso de tecnologías apropiadas a pequeña escala, especialmente en el área de la energía renovable. El amplio centro de documentación y el directorio a nivel mundial de expertos técnicos voluntarios le permiten a VITA responder a miles de solicitudes técnicas por año. Así mismo, publica un informativo trimestral y una variedad de manuales y boletines técnicos. Para mayor información contactar a VITA, 1815 North Lynn Street, Arlington, Virginia 22209 EUA.

NOTA DEL AUTOR

Usuarios, Usos y Mea Culpa

Este manual está escrito para todos aquellos que se encuentran planificando, implementando o que son responsables de un proyecto de agua para beneficiar pequeños segmentos de la población pobre en zonas urbanas o rurales del mundo. Dependiendo del nivel de conocimientos del lector, el manual podría ser criticado por una excesiva simplificación de tópicos complejos, o por ser demasiado técnico. Está orientado en realidad a proveer un comienzo para el análisis ecológico y una referencia a los materiales técnicos necesarios. El manual se halla mejor dotado para servir como una guía inicial para el planeamiento y la discusión con los dirigentes de la comunidad.

Al utilizar este manual, se espera que el trabajador para el desarrollo leerá la sección relevante al proyecto propuesto y luego seleccionará una o más referencias técnicas de la bibliografía. El trabajador podrá entonces escribir a los distribuidores (Anexo II), para obtener un ejemplar de las referencias correspondientes.

El autor reconoce con su agradecimiento el fino trabajo editorial de Phillip Quigg, así como la asistencia por parte de Julie Morgan y de la mecanógrafa Phyllis Haight, del Cary Arboretum. Las referencias enlistadas en el Anexo I fueron invalorable. El autor acepta toda la responsabilidad por los pecados técnicos de comisión y de omisión.

G.T., Millbrook, New York

1981



1. AGUA - USUARIOS Y USOS

"El más grande problema de la comunicación es la ilusión de pensar que ya se ha establecido"

Anónimo

Nuestro planeta contiene un estimado de 336 millones de millas cúbicas de agua. Sin embargo, cerca del 95% de este prodigioso abastecimiento lo constituye el agua salada de los mares y océanos que cubren las dos terceras partes de la superficie terrestre. Del 5% restante, que corresponde a agua dulce, el 1% se halla congelado en los casquetes polares o en los vastos glaciares del norte. El remanente de ese recurso, que alcanza aproximadamente a 3.36 millones de millas cúbicas y que

teóricamente se encuentra disponible para uso humano, se distribuye más o menos en la siguiente forma:

Agua subterránea	98.55%
Lagos	1.0
Suelo (entre partículas)	0.2
Ríos y arroyos	0.1
Vapor atmosférico	0.1
Biológicamente (en plantas y tejido animal)	0.05

Si el suministro de agua dulce no estuviera contaminado y se encontrara distribuido equitativamente alrededor del globo, habría poca necesidad de llevar a cabo proyectos de desarrollo de agua, y menos aún de preparar este manual. Sin embargo, el sentido común y numerosos estudios globales nos indican que los suministros de agua no son puros ni están equitativamente distribuidos; de ahí la necesidad de formular proyectos de desarrollo de agua.

De acuerdo con un reciente estudio global de 91 países conducido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 68% de las poblaciones rurales se encuentra sin "acceso razonable a agua segura", lo que afecta a unos 1.100 millones de personas. El número y porcentaje de habitantes rurales, por región, que no tiene acceso razonable a esta clase de agua, es el siguiente:

Africa	136.0 millones	89%
Américas	92.1 millones	76%
Mediterráneo oriental	139.5 millones	82%
Europa	23.3 millones	56%
Sudeste asiático	661.7 millones	91%
Pacífico sudoccidental	59.0 millones	79%
Todas las regiones	1.111.6 millones	86%

(según Feachem, 1977)

En vista de estas estremecedoras estadísticas, la Asamblea Mundial de la Salud fijó una meta aparentemente modesta al comienzo de la década pasada: dar al 25% de las poblaciones rurales de las naciones en desarrollo acceso a aguas no contaminadas para el año 1980. Sin embargo, tan solo para mantener los niveles de 1971, debido al crecimiento de la población mundial, se requerirán nuevos suministros de agua para 297 millones de personas más desde el comienzo de la década. A pesar de los grandes y costosos esfuerzos para aumentar el abastecimiento de agua no contaminada, es probable que un mayor porcentaje de habitantes rurales tenga menos acceso a este tipo de agua en 1980 de lo que tuvo en 1971. Para ganar terreno, los trabajos de desarrollo del recurso agua tendrán que aumentar en cantidad y mejorar en calidad. En esto radica la necesidad principal y el objeto de este manual.

No siempre es posible obtener los estudios y análisis profesionales que podrían desearse. Nuevos proyectos relacionados con el agua están siendo desarrollados en forma creciente para cumplir con las apremiantes necesidades en los campos de la agricultura y de la salud, sin contar con el beneficio que significa el asesoramiento de ingenieros y de otros especialistas en la materia. Se inician proyectos a pequeña escala, se planifican y a menudo se llevan a etapa de ejecución con trabajadores experimentados y altamente motivados, pero que carecen de la suficiente capacidad técnica y experiencia en el desarrollo de recursos hídricos. En condiciones ideales, los trabajadores de campo pueden desarrollar la destreza necesaria para planificar e implementar proyectos hídricos a pequeña escala. Sin embargo, en la realidad las tareas encomendadas son a corto plazo, las necesidades se hallan en un punto crítico, los expertos disponibles se encuentran desbordados trabajando en proyectos a gran escala, y los manuales resultan tan difíciles de obtener como si no existieran.

Para enfrentar esta realidad, este manual fue preparado como guía o ayuda en la planificación y ejecución de proyectos de recursos hídricos a

pequeña escala, que sean ambientalmente seguros. No intenta reemplazar textos técnicos o consejos profesionales, cuando se hallan disponibles, sino que servirá como un sustituto útil cuando aquellas fuentes de información no se encuentren a mano, o como guía para temas sobre los cuales sea necesario contar con más información. Mediante una discusión de los factores ambientales que se relacionan con el desarrollo y el uso de los recursos hídricos, el manual estimula la incorporación de consideraciones ambientales en la planificación del desarrollo de dichos recursos, para aumentar la posibilidad de sustentar proyectos a largo plazo.

¿QUIEN DEBERIA USAR ESTE MANUAL?

- Cualquiera que tenga que planificar, revisar, supervisar o implementar proyectos de recursos hídricos a pequeña escala y:
- quien tenga experiencia limitada en la tecnología de recursos hídricos o poco acceso a los expertos técnicos;
- quien desee aprender más acerca de las relaciones ambientales que afectan los proyectos de recursos hídricos;
- quien tenga que preparar o revisar un informe sobre los aspectos ambientales de los proyectos de recursos hídricos;
- quien tenga que preparar un programa de adiestramiento sobre proyectos de recursos hídricos a pequeña escala.

¿QUE ES LO QUE PROPORCIONA ESTE MANUAL?

- Principios ecológicos básicos que se relacionan con el desarrollo de los recursos hídricos;

Una guía para la planificación de proyectos hídricos a pequeña escala;

Sugerencias sobre técnicas de bajo costo a fin de eliminar impactos adversos que cause el desarrollo de los recursos hídricos;

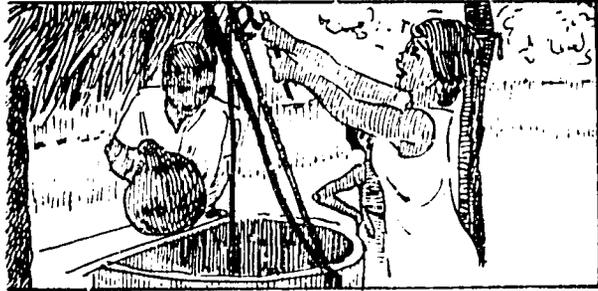
Información básica y recursos para planificar e implementar proyectos en abastecimiento del agua, conservación del agua, sistemas de distribución, tratamiento de aguas servidas, agricultura, energía y salud pública.

ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE

Actualmente, los términos ecología y medio ambiente se utilizan a menudo en forma intercambiable, aunque es preciso decir que no significan lo mismo. Dicho simplemente la 'ecología' es el estudio de las relaciones e interacciones de todo lo que nos rodea, ya sean partes vivas o no vivas. Las partes vivientes incluyen las plantas, los animales y los organismos unicelulares (como por ejemplo las bacterias y las algas), mientras que el estado atmosférico, el suelo, las rocas, la energía, la topografía y el agua son los elementos no vivientes que nos rodean. Todos estos factores están interrelacionados, la mayor parte en formas que nosotros mismos no comprendemos, aunque muchas de las principales relaciones han sido definidas por los ecólogos. Hemos aprendido que es imposible alterar una parte de nuestro medio ambiente sin que se produzcan cambios en algunos otros componentes. Debido a que un proyecto de desarrollo de recursos hídricos alterará algunas partes principales de un sistema ecológico específico, sabemos que también cambiarán otras partes. A través de un trabajo seguro de planificación e implementación, podemos tratar de asegurar que los cambios no producirán fuertes efectos negativos.

El medio ambiente es un término incluso más simple para definir porque puede usarse en forma intercambiable con lo que nos rodea, si se tiene en cuenta que aquello que nos rodea comprende todas las partes vivientes y no vivientes. Dentro de esta definición, es pertinente incluir al hombre y las actividades sociales y culturales relacionadas con la especie humana. De estas definiciones se saca en claro que la ecología es el estudio del medio ambiente; por lo tanto, estos términos no son intercambiables, y en este manual no serán utilizados como si lo fueran.

El medio ambiente natural es un término que se usa para describir sistemas que durante millones de años han evolucionado para alcanzar un equilibrio armónico, o quizá dinámico. En los sistemas naturales, los ciclos hídricos, la fertilidad del suelo y las relaciones planta-animal tienden a ser estables y predecibles, aunque a menudo son perturbadas por catástrofes naturales, tales como terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, o por los rayos que pueden causar incendios. El hombre, que tiene la capacidad de alterar partes importantes de un sistema, produce ambientes artificiales como las ciudades, fincas agrícolas y lagos. Los nuevos ambientes por cierto contienen muchos beneficios, pero también pueden crear muchas condiciones desfavorables; aumento de las enfermedades, suministros contaminados de agua, deforestación, desertificación, suelos erosionados. Mediante la ecología hemos aprendido recientemente que si los ambientes artificiales pueden hacerse para que funcionen más como ambientes naturales, tendrán la tendencia a ser más estables y predecibles. Por lo tanto, es en nuestro mayor interés comprender el funcionamiento de un sistema natural, a fin de que puedan preservarse, por lo menos en parte, las condiciones que aseguran la estabilidad y beneficios duraderos en los proyectos diseñados por el hombre. Los científicos a menudo identifican unidades más pequeñas dentro del sistema natural llamadas ecosistemas, de las cuales se hablará más adelante (capítulo 2).



2. EL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE

*"...porque en el yermo brotarán las
aguas y arroyos en el desierto"*

La Biblia

La meta principal del desarrollo de los recursos hídricos es proporcionar agua confiable y libre de impurezas para el consumo humano. Esto puede implicar el desarrollo de una nueva fuente hídrica, la expansión de una existente, mejoramientos en la recolección y la entrega, o métodos para la conservación del agua. En algunos casos la cantidad de agua puede ser adecuada pero la de calidad inferior requerirá un plan de purificación o para mejorar el saneamiento. Además de mejorar los abastecimientos de agua potable para consumo humano e higiene, las comunidades quieren a menudo más agua para uso agrícola o fabril, con la finalidad de aumentar las oportunidades de empleo y mejorar el nivel de vida.

Incluso cuando los proyectos de desarrollo se llevan a cabo con las mejores intenciones, los factores ambientales no previstos pueden producir efectos negativos, excediendo muchas veces los beneficios de los proyectos. Algunos de los efectos secundarios adversos de los proyectos hídricos mal planificados son: aumento sustancial de las enfermedades relacionadas con el agua; pérdida de la fertilidad del suelo; erosión creciente, y cambios en el balance hidrológico. La tarea más importante que deben encarar los planificadores de proyectos hídricos a pequeña escala es determinar los posibles efectos positivos y negativos. Mediante la selección de una técnica alternativa o de una pequeña modificación de un proyecto propuesto, muchas de las consecuencias adversas pueden ser reducidas o eliminadas totalmente. Un entendimiento de los conceptos ecológicos básicos y el conocimiento alerta de las relaciones ambientales pueden ayudar a los planificadores a juzgar la dirección y magnitud de los cambios ambientales que las diversas alternativas podrían causar, y para evaluar los efectos positivos y negativos de las posibles opciones.

Es en las regiones tropicales, donde se localiza la mayor parte de los países en desarrollo, que encontramos las más grandes desigualdades con respecto a la distribución del agua. Las extensas regiones áridas y semiáridas de los trópicos sufren no sólo escasez de lluvia para los cultivos sino que también están sujetas a variaciones extremas de precipitación pluvial de estación a estación y de año a año. Cuando la precipitación es normal, a menudo está restringida a breves intervalos durante el año, pero no en forma suficiente para las temporadas de crecimiento de las plantas. En el pasado esas tierras estaban ocupadas muy espaciadamente por lo general por tribus nómadas que mudaban sus familias y ganado de un lugar a otro tratando de encontrar agua y vegetación de temporada. Las crecientes poblaciones humanas y de animales domésticos han puesto mucha presión sobre estas pequeñas fuentes estacionales, lo que a menudo dio como resultado la destrucción del recurso como consecuencia del excesivo uso.

Por otro lado, las áreas tropicales húmedas reciben excesivas cantidades de lluvia, mucho más de lo que necesitan los cultivos. El exceso de agua corre sobre el suelo o a través de él para formar inmensos ríos tropicales, como el Amazonas, el Níger, el Congo, el Mekong y el Nilo. La enormidad de estos sistemas hidrográficos ilustra sobre la desigual distribución de agua dulce: un río, el Amazonas, descarga aproximadamente el 20% de la escorrentía mundial de agua dulce. Esta superabundancia de agua puede crear serios problemas, tal como veremos, si la vegetación natural se viera alterada para fines de desarrollo.

Tanto en las regiones áridas como en las húmedas, la cada vez mayor actividad humana ha producido cambios en los ciclos hídricos naturales; algunos de estos cambios han rendido muy claros beneficios agrícolas e industriales, mientras que otros han causado graves e imprevistas consecuencias, que han aumentado el sufrimiento humano.

FUENTES PRINCIPALES DE AGUA PARA PROYECTOS DE DESARROLLO

- La precipitación, en forma de lluvia o de nieve, todavía no ha podido ser controlada efectivamente por el hombre. Los proyectos de recursos hídricos deben ser diseñados en forma de adecuarlos a la muy amplia diversidad de lluvia anual.
- El agua superficial es la más obvia fuente de agua dulce que puede ser usada. Lagos y lagunas, ríos, arroyos, embalses y cuencas son algunos ejemplos de fuentes de agua superficial.
- El agua subterránea se refiere a los abastecimientos que se encuentran debajo de la superficie, y que son alimentados por la precipitación y el agua de superficie. Es un depósito importante para obtener agua dulce. Los abastecimientos de agua subterránea contenidos en acuíferos son relativamente estables a menos que se encuentren influenciados por las actividades del hombre. Cuando el

agua subterránea se encuentra dentro de los tres metros de la superficie terrestre, puede moverse hacia arriba, en contra de la gravedad, a través de pequeños poros del suelo, mediante un proceso conocido como acción capilar. De esa manera llega a las plantas de raíces poco profundas, como la mayoría de los cultivos agrícolas. En algunas áreas, y durante los períodos de lluvias excesivas, el agua subterránea puede estar en la superficie o cerca de ella, inundando de esa manera las raíces y matando a la mayor parte de las plantas. El agua subterránea también puede estar en "bolsas" ubicadas en la corteza terrestre, a mucha profundidad, y puede alcanzarse tan solo mediante la perforación de pozos a través de la roca. Una "bolsa" poco profunda es también un acuífero. Algunos de estos acuíferos, como los que se encuentran en el norte de África, contienen a menudo enormes volúmenes de agua, que en épocas geológicas remotísimas fueron cubiertos por capas de roca impermeable que no permiten la recarga desde fuentes superficiales. Estos acuíferos de "agua fósil" han permanecido en ese lugar durante miles de años, y puesto que no pueden ser realimentados por medios naturales, deben ser considerados como recursos no renovables.

Al nivel superior del agua subterránea se le llama napa freática y en los proyectos de desarrollo de recursos hídricos es tan importante considerar la distancia a que se encuentra debajo de la superficie, como el volumen de agua misma. La altura de la napa freática cambia con las estaciones y con la cantidad de precipitación pluvial. En la figura 1 se muestran las relaciones entre napa freática, agua subterránea, agua superficial, características geológicas y precipitación.

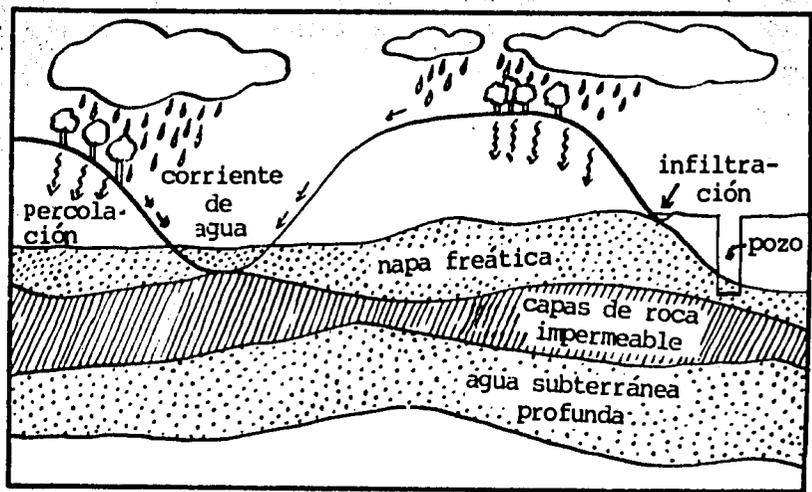


Figura 1. Agua Subterránea y Napa Freática

Destilación y condensación son fuentes menores y costosas de agua dulce. La destilación y condensación de un abastecimiento de agua salina produce agua dulce, pero ello requiere una gran cantidad de energía. Unos alambiques pequeños, accionados a energía solar, pueden proveer agua suplementaria para uso doméstico con materiales poco costosos. La condensación natural del vapor de agua (rocío), es una fuente menor de agua para plantas, pero tiene muy poco o ningún potencial para uso humano.

EL CICLO HIDROLOGICO

El movimiento del agua de la superficie terrestre hacia la atmósfera, y luego de regreso a la tierra, se llama ciclo hidrológico. Esa es la base para todos los proyectos de desarrollo hídrico, grandes y pequeños y un entendimiento sólido del proceso básico y sus variaciones son muy importantes para la planificación de los recursos hídricos.

El ciclo hidrológico comprende la transpiración (emisión del vapor de agua que sale de las hojas de las plantas), la condensación, la formación de nubes, la precipitación, la escorrentía superficial, el almacenamiento de agua y la percolación (figura 2). Estos procesos, a su vez, afectan los patrones, las prácticas y la cantidad y calidad de la vida humana. La mayoría de los proyectos de desarrollo de recursos hídricos tratan de hacer cambios locales menores en el ciclo natural a fin de que provean más beneficios al ser humano en la forma de abastecimientos adicionales de agua o de un mayor movimiento del recurso.

La alteración del ciclo hidrológico no incluye cambios en los procesos básicos, sino más bien en la velocidad de dichos procesos y en el volumen de agua.

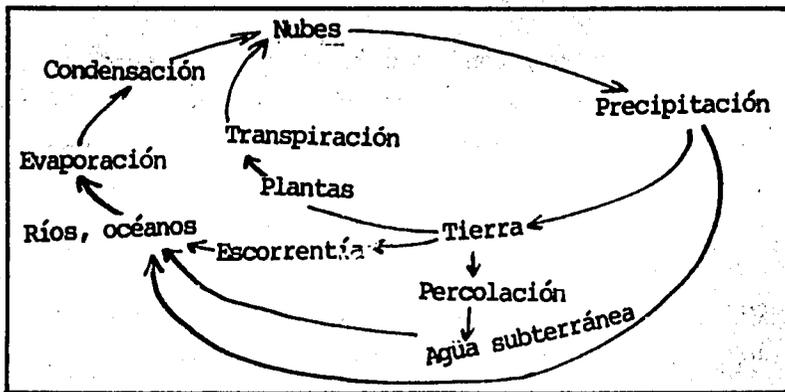


Figura 2. El Ciclo Hidrológico

Cuando la luz solar golpea en una superficie de agua, ya sea en el mar, río o incluso sobre la tierra saturada, las moléculas del agua se tornan más calientes y comienzan a moverse más rápidamente. A medida que el movimiento aumenta, algunas moléculas se desprenden de la superficie líquida y entran en contacto con la atmósfera en forma de gas, en este caso como vapor de agua. Este proceso es conocido como evaporación, y es

reponsable de la mayor parte del vapor de agua que se encuentra en la atmósfera. La mayor parte de la evaporación global de agua tiene lugar sobre los océanos, que comprenden cerca del 70% de la superficie de la tierra. Cuando el agua y otros líquidos de la tierra o de las áreas acuáticas se evaporan, las moléculas más grandes y también más lenta, como por ejemplo sales y metales, se quedan atrás.

La transpiración es el segundo contribuyente de importancia de vapor de agua atmosférico, y también es accionado por la energía que proviene de la luz solar. El agua absorbida por los sistemas de raíces de las plantas pasa internamente a las partes altas de dichas plantas. En las porciones verdes de la planta, principalmente en las hojas, algo de esa agua es utilizada para el proceso de fotosíntesis, aunque la mayor parte del agua pasa a través de pequeños poros o aberturas que hay en las hojas. En la superficie de la hoja, la luz del sol hace que el agua cambie a vapor, el cual se eleva entonces hacia la atmósfera cuando es calentado. La cantidad de agua transportada por el proceso de la transpiración es realmente increíble; por ejemplo, una hectárea de maíz puede transpirar 37.850 litros (10.000 galones) por día, o sea 1.900.000 litros (500.000 galones) por temporada de cultivo. Un solo árbol maduro puede transpirar hasta 378 litros por día, o sea 100 galones. En las áreas donde la humedad del suelo es excesiva, las plantas a menudo se usan, conjuntamente con drenajes artificiales, para remover el exceso de humedad del suelo.

Al analizar la pérdida de humedad o los requerimientos de agua para agricultura, las cantidades de evaporación y transpiración se combinan como pérdidas por evapotranspiración. Debido a que ambos procesos se encuentran directamente afectados por la temperatura, la humedad relativa, el viento y el agua disponible, la proporción de pérdida por evapotranspiración es un indicador importante del clima del área. Más comúnmente, los factores climáticos pueden utilizarse para estimar la pérdida por evapotranspiración para los proyectos agrícolas propuestos.

La condensación del vapor de agua en la atmósfera produce las diversas formaciones de nubes que finalmente llevarán a la precipitación. El vapor se enfría gradualmente a medida que se eleva; luego sus moléculas golpean pequeñas partículas, como por ejemplo las de polvo que se hallan en la atmósfera, y seguidamente se condensan para formar nubes. Las nubes cargadas de humedad pueden enfriarse más al pasar sobre una cadena de montañas o al encontrar una masa de aire frío. El repentino enfriamiento comprime las moléculas de agua formando las gotas que luego caen en forma de lluvia, nieve o aguanieve. La topografía, la altitud de las nubes y la dirección del viento prevaleciente contribuyen a la desigual distribución de la precipitación. Algunas áreas, como las colinas a barlovento de las montañas costeras, pueden recibir más de 3.000 mm por año, mientras que al otro lado de esas mismas montañas es posible que la precipitación sea nula durante todo un año.

La mayoría de los suelos, especialmente si se hallan cubiertos de vegetación, absorben agua y únicamente el exceso de ésta forma parte de la escorrentía superficial. Pero si todos los suelos o partes de éstos son sólo ligeramente impermeables al agua debido a la cubierta rocosa y a la compactación o el cocimiento del mismo suelo, la escorrentía será fuerte.

El agua superficial fluye a los océanos, se filtra en el suelo para convertirse en agua subterránea, o se evapora. Debido a que el agua superficial es tan apreciada en muchos países, puede usarse para varias actividades humanas antes de que llegue al océano. Por ejemplo, el agua superficial podría pasar a través de un generador hidroeléctrico, fluir luego hacia un campo con cultivos con riego, pasar a través de un sistema de enfriamiento industrial, o utilizarse para vaciamiento de aguas servidas en una ciudad ribereña. Cada uno de los usos tendría efectos sobre la calidad del agua, y otros efectos menores sobre las partes del ciclo hidrológico mediante el aumento o la disminución de las tasas de evaporación o percolación.

La escorrentía superficial que corre rápidamente o se halla descontrolada puede causar inundaciones, deslizamientos de tierra o graves problemas de erosión. Aún en una escala menor, la escorrentía puede producir efectos ambientales dañinos. A medida que se mueve sobre la tierra, el agua recoge partículas del suelo y materiales orgánicos que son muy importantes para la fertilidad del suelo. Cuando esos materiales son extraídos de las tierras agrícolas, la productividad disminuye. Por supuesto, si las partículas superiores del suelo son transportadas y depositadas en áreas agrícolas ubicadas agua abajo, esas tierras son mejoradas. Sin embargo, las partículas del suelo son transportadas por lo general a los ríos y arroyos llevadas como sólidos en suspensión hasta que se depositan como sedimentos en cuerpos de agua de movimiento lento, como reservorios, lagos u océanos. Aunque esto puede enriquecer los sistemas acuáticos, representa sin embargo una pérdida seria para la agricultura.

Es mucho más probable que permanezca en su lugar el agua que cae sobre la vegetación que aquella que cae sobre un suelo desnudo. Las plantas no solo disipan la fuerza con que golpea la lluvia sino que además impiden las corrientes sobre la superficie. La vegetación da más tiempo al suelo para que absorba el agua de lluvia y también mejora la estructura de ese suelo, de manera que pueda absorber más agua en forma más rápida.

Una vez que el agua es absorbida en el suelo, comienza a filtrarse hacia los acuíferos que se hallan en la roca o en la grava, o encuentra una capa de roca impermeable, para moverse luego horizontalmente en forma de corriente de agua subsuperficial o de agua subterránea. Un poco del agua subsuperficial será extraída por las plantas. El resto, si no es aprovechada por los pozos, permanecerá como agua subterránea o finalmente irá a alimentar a ríos y arroyos formando parte del sistema de agua superficial. Debido a que las corrientes subsuperficiales son más calmas que las superficiales, el agua queda disponible para uso humano durante períodos mas largos.

A pesar de la aparentemente increíble cantidad de plantas y animales que hay en el mundo, sólo una fracción minúscula de todo el suministro de agua dulce queda en las plantas y en los tejidos de los animales, y puede ser descartada en la planificación para el desarrollo de recursos hídricos. Esta explicación supersimplificada del ciclo hidrológico nos indica aspectos importantes que se deben analizar antes de implementar un proyecto de desarrollo de recursos hídricos. Ello nos sugiere el sitio donde es probable que haya agua y es también la base para determinar los mejores métodos para desarrollar y proteger la fuente.

CONCEPTOS ECOLOGICOS IMPORTANTES PARA EL DESARROLLO DE RECURSOS HIDRICOS

El desarrollo implica un cambio para lograr algo mejor, un cambio de las condiciones existentes o del uso de recursos, a un verdadero sistema, que es más seguro o más productivo. En otras palabras, producir más beneficios para un mayor número de personas. El desarrollo comprende la alteración de recursos o impone una estrategia diferente para usar los recursos que se hallan disponibles. Comprendiendo los principios ecológicos, los promotores del desarrollo pueden aumentar la posibilidad de éxito, o sea que haya más efectos positivos que negativos.

Ecossistemas

Debido a que el estudio de los sistemas ecológicos es tan amplio y abarca tanto, hubo que inventar el término "ecosistema" para definir unidades más pequeñas que los ecólogos quieran estudiar. De esta forma, un científico podría estudiar un bosque de varios miles de hectáreas o un tronco carcomido y aún así investigar los principios que son comunes a ambos sistemas. El término permite al científico colocar límites reconocibles sobre el área de investigación para satisfacer las necesidades de los objetivos de investigación. Tal como ocurre con muchos términos científicos, el vocablo "ecosistema" ha sido ampliamente y muchas veces

erróneamente usado, y ahora tiene una significación mucho más amplia. Por lo general el término se aplica a un área homogénea de una parte específica del sistema natural, tal como al tipo de vegetación, cantidad de precipitación pluvial, topografía o características físicas. Además, los ecosistemas pueden clasificarse como naturales o artificiales. En los ecosistemas naturales el hombre no es el factor dominante y los cambios tienden a ser menores salvo que ocurra una catástrofe. En estudios efectuados en ecosistemas naturales, los científicos han descubierto balances dinámicos logrados mediante continuos ajustes de poca magnitud dentro del sistema. Estos balances aseguran una estabilidad relativa en las poblaciones de plantas y de animales, fluctuaciones menores en el movimiento de las aguas, e insumos de nutrientes casi iguales a las pérdidas. Si se conociera más sobre las razones para la estabilidad y productividad de los ecosistemas naturales, los ecosistemas artificiales creados por el hombre podrían haber sido mucho más productivos. Las bases biológicas de cualquier ecosistema consisten en tres grupos principales: productores, consumidores y desintegradores. Los productores de un ecosistema son las plantas verdes, ya se trate de algas, de pastos, árboles o hierbas. Mediante el proceso de fotosíntesis las plantas combinan bióxido de carbono y agua con la ayuda de la luz solar para producir carbohidratos (azúcares y almidones), y liberan oxígeno como un subproducto. Utilizando los carbohidratos para energía, las plantas pueden tomar otros nutrientes del ambiente para producir ácidos grasos, proteínas y vitaminas, formando la base energética y nutricional para las otras partes biológicas del ecosistema. La meta de muchos proyectos de desarrollo de recursos hídricos es abastecer el agua, que es esencial para estos productores.

Los consumidores de un ecosistema son los animales, incluyendo al hombre, que comen las plantas e incluso a otros animales. A fin de producir energía, los consumidores deben combinar el alimento con el oxígeno, liberando en el proceso pequeñas cantidades de bióxido de carbono y agua. Los animales usan la energía para producir calor, para su crecimiento y movimiento, además para la producción de compuestos

químicos más complejos, tales como grasas y proteínas, que son importantes para el almacenamiento de energía y para formar nuevos tejidos o transmitir materiales genéticos para fines reproductivos. Los consumidores necesitan suministros adicionales de agua para construir los nuevos tejidos que transportarán los varios compuestos químicos dentro del cuerpo, y para regular la temperatura interna.

Las plantas no pueden absorber nutrientes a menos que estén en formas químicas muy simples. Por ejemplo, las raíces de un árbol del bosque no pueden usar los nutrientes de los tejidos de un animal muerto a menos que los complejos carbohidratos, grasas y proteínas estén desmenuzados en moléculas más simples que contengan carbono, nitrógeno, potasio, calcio y fosfato.

Los elementos desintegradores, principalmente bacterias y hongos, descomponen las moléculas de los tejidos de animales y vegetales muertos y de los desperdicios, desintegrándolos en formas más simples que pueden ser asimiladas por las plantas. Estos organismos microscópicos representan un papel fundamental en el ecosistema, porque sin su presencia los productores no serían capaces de construir nuevos tejidos. Los proyectos de desarrollo de recursos hídricos, ya sea para fines agrícolas o de saneamiento, deben confiar en las poblaciones viables de aquellos desintegradores para continuar la recirculación de nutrientes a través del ecosistema.

El papel de las plantas y animales en un ecosistema no está limitado a producción, consumo y descomposición. Existen otras muchas funciones, tales como protección de suelos, retención de agua, modificación del microclima, polinización y dispersión de semillas, etc. De manera que, cuando alguien desea alterar una parte de un ecosistema para hacerlo más productivo (o menos hostil) para el hombre, es necesario examinar otros aspectos aparte de la productividad.

¿QUE SUCEDE CUANDO LOS ECOSISTEMAS SON ALTERADOS?

La característica natural dominante de la mayor parte de los ecosistemas terrestres es la cubierta vegetativa o vegetación. El tipo y densidad de la vegetación influye en la estructura del suelo y su contenido, y en el movimiento del agua, balance de nutrientes, tipo y abundancia de la población animal y en el microclima. Cuando la cubierta vegetal nativa es quitada o cambiada para fines de desarrollo, cada una de estas áreas pueden ser afectadas. Por ejemplo:

- Si se quita la vegetación, el viento puede llevarse todas las partículas de suelo y la materia orgánica de la capa superior, quitando de esa manera la parte más fértil del suelo.
- La acción combinada de viento y sol sobre el suelo aumenta la evaporación; a menudo esto es la causa de que el suelo quede seco y quebradizo, haciéndolo menos propicio o adecuado para la agricultura.
- Las partículas de suelos con contenido de nutrientes pueden ser dispersadas por la lluvia que golpea fuertemente el terreno en vez de las hojas de las plantas. El escurrimiento transporta las partículas de suelos y nutrientes de la tierra, donde son imprescindibles para mantener la fertilidad del suelo, llevándolos a los cursos de agua, donde dichos nutrientes no son necesarios. Estas partículas, en forma de limo y sedimentos, pueden obstruir los cursos de agua, matar los peces, aumentar las posibilidades de inundaciones, y rellenar los embalses.
- Los nutrientes llevados a los cursos de agua pueden aumentar el crecimiento de las algas o de las malezas acuáticas; esto hace que el agua se vuelva inadecuada para animales útiles y más a propósito para los transmisores de enfermedades (vectores).

- Los nutrientes también pueden hacer que el agua superficial sea menos adecuada para el consumo humano.
- La protección contra las inundaciones se reduce cuando la cubierta vegetal desaparece. Las plantas mantienen la porosidad del suelo, que le ayuda a absorber el agua. Además de eso, las raíces y los tallos retardan el flujo del agua superficial. Cuando se quita la vegetación el agua no se filtra fácilmente dentro del suelo si el terreno no está a nivel, sino que tiende a correr sobre la superficie en forma laminar o en forma de arroyuelo, aumentando así la erosión del suelo y el peligro de inundaciones en las áreas ubicadas agua abajo.
- Las fuentes tradicionales de madera, frutas, medicinas y hierbas utilizadas para cocinar pueden perderse si se quita la vegetación nativa o si ésta es reemplazada por cultivos agrícolas.
- La diversidad de la vida animal disminuye. Los animales que dependen de las plantas naturales para obtener alimentos y abrigo se verán forzados a cambiar de lugar si el hombre quita la vegetación. Estos animales a menudo son reemplazados por otros que viven muy confortablemente con los cultivos domésticos o con el ganado, especialmente las plagas agrícolas. La población animal puede disminuir el número de especies diferentes, pero aumentar el número de individuos, que pueden ser del tipo no deseado.

Por supuesto, existen muchos otros efectos sobre el medio ambiente cuando los ecosistemas naturales son alterados, y sería imposible hacer una lista completa. Algunos cambios son complejos y difíciles de predecir; otros, en cambio, son más bien directos. En la planificación de recursos hídricos, es obvio que queremos sacar provecho de los cambios que son beneficiosos y minimizar aquellos cambios que causan daño. Cada proyecto de desarrollo de recursos hídricos causará cambios (impactos

ambientales), y la planificación adecuada comprende un análisis de estos impactos antes de que el proyecto sea implementado. Las siguientes secciones deberían ayudar a desarrollar planes de trabajo e implementar proyectos de recursos hídricos dentro de un marco que identifica impactos o esquemas de alternativas y que ayuda a asegurar la selección de las opciones más adecuadas.



3. AGUA Y SALUD

*"Donde el agua va, las enfermedades
siguen sus pasos"*

Anónimo

Los proyectos de desarrollo de recursos hídricos a pequeña escala llevan la intención de mejorar la calidad del medio ambiente humano. La mayor parte de los proyectos relacionados con la salud están diseñados para proveer agua potable, métodos seguros para disposición de excretas o agua para la agricultura con el fin de mejorar la nutrición. Si los proyectos son bien planificados y diseñados, alcanzarán el éxito deseado y los beneficios buscados para la gente. Sin embargo, si la planificación se deja al azar y los diseños se hacen en forma incompleta, habrá una gran posibilidad de que las enfermedades aumenten. En muchos casos, un proyecto hídrico puede traer una disminución en un tipo de enfermedad, pero causar un aumento en un tipo de afección más severa. Esta desafortu-

tunada consecuencia es más común en los proyectos diseñados para mejorar la agricultura local o para proveer energía adicional a través del uso del agua.

POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD DEL SER HUMANO OCASIONADOS POR LOS PROYECTOS DE DESARROLLO DE RECURSOS HIDRICOS

- El agua conduce organismos microscópicos que pueden causar enfermedades en el ser humano y en el ganado. Estos organismos incluyen bacterias, distintos tipos de virus, hongos y protozoarios unicelulares.
- El agua proporciona un ambiente necesario para el desarrollo de muchos animales (caracoles e insectos) que transmiten enfermedades. Estos animales, llamados vectores, raramente causan enfermedades en forma directa sino a través de los microorganismos que conducen y que son los que causan las enfermedades. Las moscas y mosquitos, especialmente, ayudan a pasar los gérmenes de la gente enferma a la sana, extendiendo de esa manera las enfermedades. En muchos casos, el insecto pasa solamente una parte de su vida o de su ciclo de vida en el agua, pero puede transmitir la enfermedad a los humanos sin su contacto directo con el agua infectada.
- Las fuentes de agua pueden proveer ambientes adecuados para formas de vida que son parásitos muy comunes en el ser humano. Estos parásitos, que pueden ser organismos unicelulares, lombrices planas o redondas, son responsables de las enfermedades más comunes que hay en el mundo y que causan enormes cantidades de gastos en servicios y tratamiento médico, además de un terrible sufrimiento. Ejemplos muy comunes de las enfermedades causadas por estos parásitos son: esquistosomiasis, filariasis y disentería amebiana. El cuadro 1 registra algunas de las principales enfermedades relacionadas con el agua.

- El agua proveniente de las industrias o de la agricultura contaminantes pueden acarrear productos químicos tóxicos que causan graves enfermedades y hasta la muerte si el agua es utilizada para el consumo humano.

- La salud es afectada por la cantidad de agua disponible para el aseo personal: lavado de ropa, baño y lavado de utensilios y de otros instrumentos caseros. Si el suministro de agua se encuentra limitado, la higiene personal a menudo se descuida. Por lo tanto, para la buena salud es preciso contar con un buen suministro de agua limpia para uso personal.

- El agua está directa e indirectamente relacionada con la adecuada nutrición. Cada adulto debe beber por lo menos seis litros (sic) de agua por día para mantener los fluidos corporales adecuados. Además, los productos agrícolas necesitan agua para sobrevivir y poder crecer. Si no hay suficiente abastecimiento de agua, la producción agrícola disminuirá y afectará a la nutrición en forma adversa.

CUADRO 1

AGUA Y SALUD

Enfermedad	Agente Infeccioso	Papel del Agua
Esquistosomiasis (Bilharriasis)	Lombriz intestinal	Transmisión directa penetración en la piel
Diarrea/enteritis	Síntoma de muchos agentes	Transmisión directa/ ingestión
Hepatitis (infecciosa)	Virus	Transmisión directa/ ingestión
Oólera	Bacteria	Transmisión directa/ ingestión
Fiebre tifoidea	Bacteria	Transmisión directa/ ingestión
Ascariasis	Lombriz intestinal	Transmisión directa/ ingestión
Dracontiasis	Lombriz intestinal	Transmisión directa/ ingestión
Disentería amebiana	Protozoario	Transmisión ocasional
Disentería bacilar	Bacteria	Ingestión ocasional
Malaria	Mosquito	<u>Habitat</u> para vectores
Filariasis	Mosquito	<u>Habitat</u> para vectores
Oncocerciasis	Mosca Negra	<u>Habitat</u> para vectores
Fiebre amarilla	Mosquito	<u>Habitat</u> para vectores
Distomatosis/distomiasis	Lombriz intestinal	<u>Habitat</u> de huésped intermediario

ENFERMEDADES COMUNES RELACIONADAS CON EL AGUA Y SU CONTROL

De las enfermedades mencionadas en el Cuadro 1, cuatro enfermedades específicas y una de categoría general son especialmente significativas en función de su incidencia total, su amplia distribución y los impactos a largo tiempo que causan en el ser humano (ver cuadro 2).

CUADRO 2

OCURRENCIA ESTIMADA A NIVEL MUNDIAL DE CIERTAS ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Enfermedad	Ocurrencia
Esquistosomiasis	200.000.000
Filariasis	200.000.000
Oncocerciasis	40.000.000
Malaria	25.000.000
Enfermedades entéricas	Desconocida

Fuente: McJunkin, 1975.

Esquistosomiasis

Esta enfermedad, también conocida como bilhariasias, es causada por lombrices que pasan una parte de sus vidas dentro de caracoles antes de que infecten al ser humano. Existen tres especies de esquistosomas que causan la enfermedad a lo largo de las regiones tropicales y subtropicales del planeta. El Schistosoma mansoni se encuentra en el centro y en el sudoeste de Africa, y está aumentando en las zonas este y norte de América del Sur. El S. haematobium se encuentra a través del Africa, y en muchas áreas se halla sobrepuesto al S. mansoni. El S. japonicum se encuentra confinado en partes del Asia.

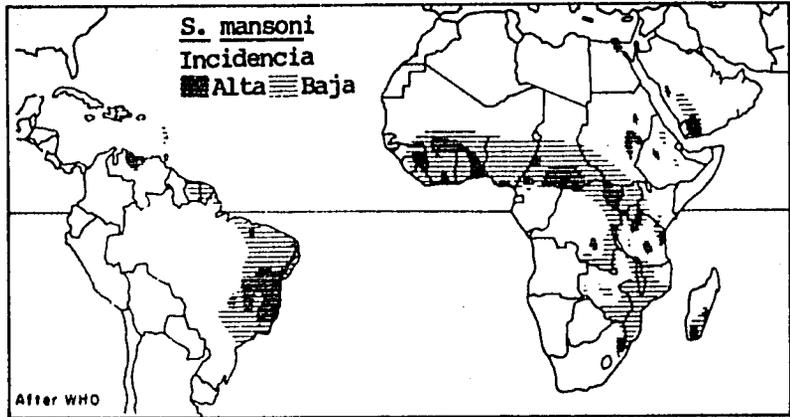


Figura 3. Distribución mundial de S. mansoni.
Fuente: McJunkin, 1975

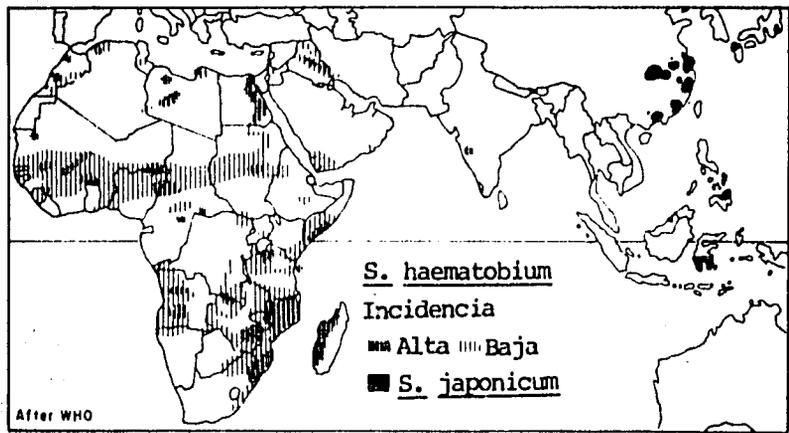


Figura 4. Distribución Mundial de S. haematobium y S. japonicum

Fuente: McJunkin, 1975

Al igual que la mayoría de las lombrices intestinales, (helmintos) los esquistosomas necesitan dos diferentes huéspedes durante sus vidas. Las lombrices adultas, que tienen de 7 a 26 mm de largo, viven en los intestinos (S. mansoni y S. japonicum) o en la vejiga (S. haematobium) del hombre o de otros animales. Después del apareamiento la hembra pone huevos que luego salen fuera del cuerpo humano juntamente con las heces fecales y la orina. Para sobrevivir, los huevos deben llegar al agua dentro del período de un mes, y si lo logran exitosamente, los huevos pasan por un período de incubación dentro de una pequeñas larvas nadadoras llamadas miracidios. Estas larvas deben penetrar la piel de ciertas especies de caracoles de agua dulce dentro de las 24 horas, o de lo contrario se mueren. Una vez dentro del caracol, cada miracidio se reproduce en forma asexual produciendo miles de larvas llamadas cercariae. Estas larvas, cuyas colas tienen forma de tenedor de dos puntas, dejan el caracol y andan vigorosamente en busca de un huésped adecuado en quien alojarse. En estos casos, el hombre es el huésped principal para S. mansoni y el S. haematobium, aunque se han reportado infecciones del S. mansoni y el S. haematobium en monos, perros, vacunos, roedores y otros pequeños mamíferos. En el S. japonicum, los huéspedes no humanos juegan un papel más importante. Estas larvas perecen si no encuentran un huésped dentro de las 72 horas; sin embargo, si logran hacer contacto con la piel del huésped que buscan, penetran rápidamente hasta llegar a la corriente sanguínea. Después de llegar al hígado a través de las venas, las larvas alcanzan su madurez hasta llegar a lombriz adulta; después se aparean y emigran al intestino o al sistema urinario, donde pueden vivir durante años enteros produciendo huevos constantemente (ver figura 5).

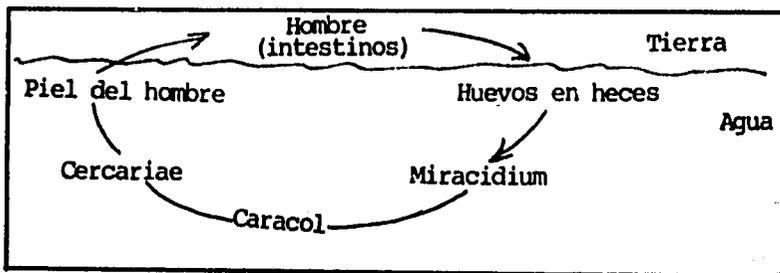


Figura 5. Ciclo de vida del Schistosoma mansoni

Los síntomas de esquistosomiasis causados por el S. mansoni y el S. japonicum son muy similares. Después de la infección aparece una erupción en la piel, sobreviene diarrea y el hígado puede agrandarse. La diarrea continúa y el abdomen crece y se torna doloroso cuando las lombrices adultas comienzan a poner huevos.

En el S. haematobium, la vejiga comienza a infectarse produciendo lesiones internas que por lo general resultan en orina con trazas de sangre. Con este agente infeccioso no es común que sobrevenga diarrea o disentería.

Los medicamentos para tratar la esquistosomiasis son costosos y a menudo causan otros efectos secundarios perniciosos. La enfermedad es mas debilitante que mortal, aunque una infección muy severa puede causar la muerte de la persona. La debilitada condición física de la víctima también aumenta la posibilidad de contraer otras enfermedades.

Filariasis.

Las lombrices redondas parasíticas (nemátodos), que causan la enfermedad conocida como filariasis, también requieren dos huéspedes. Las lombrices adultas viven y se reproducen dentro del tejido linfático del ser humano, que forma parte del sistema circulatorio. La lombriz hembra produce lombrices más pequeñas conocidas con el término latino microfilariae. Estas lombricitas pueden ser ingeridas por los mosquitos en el momento de succionar la sangre cuando pican al hombre. Dentro del mosquito, las larvas pasan por una serie de cambios hasta que alcanzan una etapa infecciosa. Cuando el mosquito se alimenta en otro ser humano, las larvas pasan al sistema circulatorio del nuevo huésped, y de allí siguen al tejido linfático para desarrollarse y alcanzar la madurez. Los síntomas de la filariasis consisten en hinchazón dolorosa de las glándulas linfáticas debajo de los brazos y especialmente en la región de la ingle, de los órganos genitales y de los muslos. Si la infección es muy

severa, puede ocurrir un agrandamiento desproporcionado del pecho, de los testículos o de las extremidades inferiores. Esta enfermedad, llamada elefantiasis, ocasiona un grave debilitamiento y una gran deformación.

El papel del agua en la propagación de la filariasis es proveer un habitat para la cría de muchos tipos de mosquitos que son capaces de transmitir la enfermedad. A diferencia de las condiciones para la esquistosomiasis, no es necesario que el ser humano tenga contacto directo con el agua. Debido a las muchas clases de mosquitos que transmiten la enfermedad, se encuentra diseminada en todas las regiones tropicales (ver figura 6). Como en el caso de la esquistosomiasis, la enfermedad no responde bien al tratamiento médico excepto cuando se trata de infecciones menores.

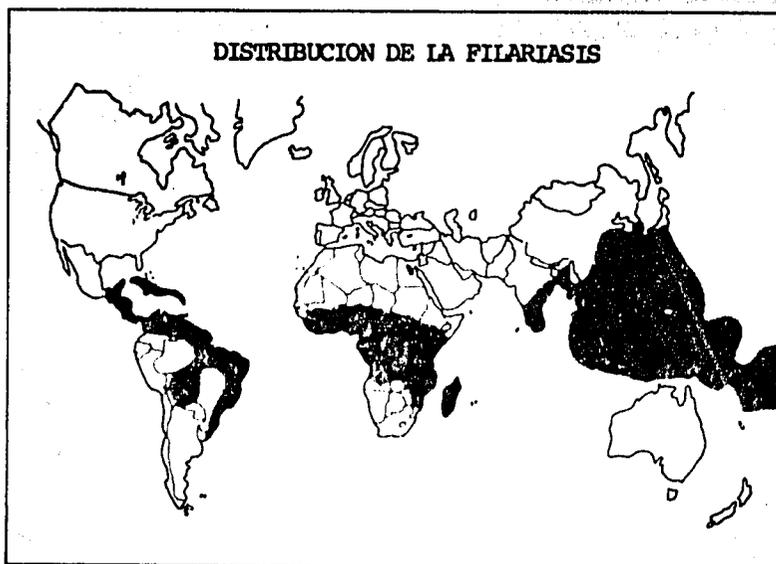


Figura 6. Distribución mundial de la filariasis

Fuente: McJunkin, 1975

Oncocerciasis.

Esta enfermedad, comúnmente llamada "ceguera de río", es causada por otro nematodo, y es transmitida por la picadura de una mosca negra. Es más común en Africa (figura 7), aunque también se encuentra en partes de Centro y Sud América. Las lombrices adultas viven apenas debajo de la piel de los seres humanos, donde las hembras producen las microfilariae. Cuando una cierta especie de mosca negra (Simulium sp.) pica a una persona que está infectada, una parte de las microfilariae pasa a la mosca, donde se desarrolla finalmente una larva infecciosa. Cuando la mosca pica a otra persona, la larva entra en las venas bajo la piel para completar su ciclo de vida.

Al principio las lombrices producen una fuerte picazón en la piel; más tarde, los síntomas más comunes son un engrosamiento y pérdida de pigmentación en las partes afectadas. La enfermedad se hace más grave cuando las lombrices llegan a los ojos, y es ahí cuando puede sobrevenir la ceguera. En algunas áreas, más del 10% de la población puede estar infectada por esta terrible enfermedad, que no responde bien a las medicinas existentes en la actualidad.

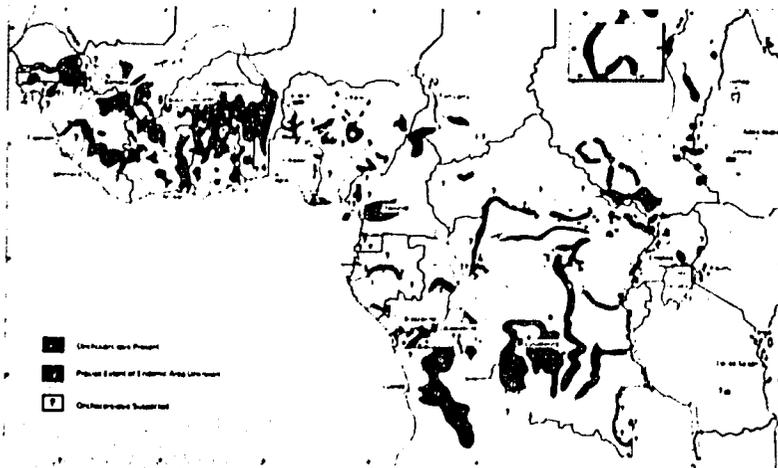


Figura 7. Distribución de oncocerciasis en Africa.
Fuente: McJunkin, 1975

Malaria.

El parásito responsable de esta extendida enfermedad tropical es un organismo unicelular (protozoo) del genero plasmodium (figura 8). Cuatro diferentes especies de este parásito (Plasmodium falciparum, P. vivax, P. ovale, y P. malariae) causan diferentes tipos de malaria diferenciándose en la gravedad y en el tiempo de incubación de las fiebres que producen.

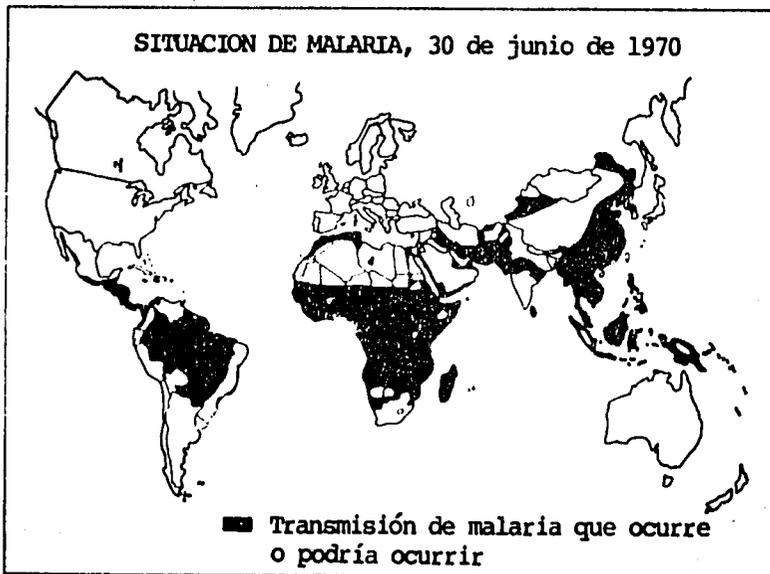


Figura 8. Situación de la malaria en el mundo

Fuente: McJunkin, 1975

El parásito se introduce dentro de la corriente sanguínea del ser humano a través de la picadura de un mosquito infectado, que por lo común pertenece a una de las muchas especies de Anopheles. El parásito se

multiplica en el hígado y en la corriente sanguínea del hombre, y finalmente invade a las células rojas. Después de pasar al mosquito luego que éste ha picado a una persona succionándole la sangre, algunos de los parásitos se reproducen y se hacen infecciosos. Alojados en las glándulas salivares, éstos pueden ser inyectados en el ser humano cuando el mosquito pique otra vez.

Los síntomas de la enfermedad son fiebre intermitente y escalofríos, además de un ensanchamiento abdominal. La enfermedad responde bien a varias medicinas modernas y clásicas, tales como quinina y atabrina. Otros medicamentos han sido descubiertos para prevenir el desarrollo del parásito, pero es necesario someterse a un tratamiento semanal. Sin embargo, recientemente ha habido informes sobre casos de malaria más virulentos que no responden al tratamiento normal ni a medidas profilácticas.

Enfermedades entéricas.

Más por razones de simplificación que por precisión en la terminología médica, actualmente hay varias enfermedades agrupadas bajo el término general de "enfermedades entéricas". Causadas por una variedad de microorganismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios), estas enfermedades comparten características comunes en las que todas ellas envuelven desórdenes intestinales resultantes de la ingestión de agua contaminada con excretas humanas. La gravedad de la enfermedad depende del tipo de infección, variando de las altas tasas de mortalidad del cólera y la tifoidea a otras menos serias pero debilitantes, como las enfermedades diarreicas. También se incluye la disentería bacilar y amebiana, la gastroenteritis y las enfermedades enterovirósicas y rotavirósicas.

Los síntomas varían con las enfermedades específicas, pero todas ellas comprenden grados de diarrea, dolor abdominal y fiebre. Como se

podría esperar con una categoría tan amplia, la duración de los síntomas es variable, como lo es el método de tratamiento. Lo que realmente es importante y uniforme para el trabajador comunitario es el alto grado de infección. Algunos expertos estiman que hasta un 90% de toda la gente que habita en las áreas rurales del trópico sufre algún tipo de enfermedad entérica.

PREVENCIÓN DE LA ENFERMEDAD EN LOS PROYECTOS HIDRÍCOS

Debido a que la mayoría de las enfermedades relacionadas con el agua no responden bien a los costosos medicamentos modernos, ya que además el tratamiento de dichas enfermedades produce efectos secundarios, la mejor manera de controlar esas enfermedades es prevenir su propagación a través de proyectos orientados a mejorar la calidad del agua. El cuadro 3 muestra el potencial de control de dichas enfermedades mediante varios tipos de proyectos para el mejoramiento del agua. Para controlar la enfermedad se necesita conocer muy bien la forma en que es transmitida. Por ejemplo, si la enfermedad la causa un parásito transmitido por un vector no humano, ayuda mucho conocer el ciclo de vida completo de ese parásito, la biología del vector, y los más probables puntos de contacto entre el ser humano y el vector. Dentro de este complejo ordenamiento pueden identificarse los puntos débiles en el ciclo de transmisión y alterarse el medio ambiente para hacer menos probable la transmisión de la enfermedad.

CUADRO 3

REDUCCION EN PORCENTAJES DE LAS ENFERMEDADES
COMO CONSECUENCIA DEL MEJORAMIENTO DEL AGUA

Enfermedad	Reducción estimada por el mejoramiento del agua (%)
Cólera	90
Tifoidea	80
Hepatitis (infecciosa)	10?
Disentería bacilar	50
Disentería amebiana	50
Gastroenteritis	50
Sarna	80
Frambesia (mal de pinto)	70
Lepra	50
Enfermedades diarreicas	50
Ascariasis (Ascáride)	40
Esquistosomiasis	60
Lombriz de Guinea	100
Enfermedad del sueño	80
Oncocerciasis	20?
Fiebre amarilla	20?

Fuente: Bradley, en Feachem, 1977

Prevención de la esquistosomiasis.

Los sistemas dobles de manejo de agua son una forma excelente pero muy costosa para limitar el contacto caracol-hombre. Excepto en el

caso de los pescadores y de la gente que trabaja en sistemas de riego, el contacto humano más frecuente con el agua en las aldeas rurales es cuando se recoge el líquido como abastecimiento doméstico para beber y cocinar, para el aseo personal y para lavar la ropa, etc., todo lo cual envuelve un riesgo grande de exposición a la esquistosomiasis. Si un suministro de agua es desarrollado solamente para beber, cocinar y lavar la ropa, mientras el otro se deja para fines agrícolas o para la eliminación de desperdicios, es mucho menos probable que ocurra la infección. Esto puede ser muy simple en el trópico húmedo, donde es muy fácil encontrar nuevos abastecimientos de agua. En efecto, en el trópico húmedo pueden construirse depósitos y cisternas a fin de juntar el agua de lluvia y protegerla hasta que sea utilizada. En muchas regiones áridas, las nuevas técnicas de pozos entubados y las tuberías hechas con polivinilo, que es muy barato, están proveyendo agua no contaminada para uso de las aldeas.

• Eliminación del habitat del caracol. Aunque los diferentes vectores del caracol prefieren sitios ligeramente diferentes, todos ellos buscan las aguas estancadas. Por lo tanto, si se quita el sedimento y las malezas acuáticas y se aumenta el ritmo de las corrientes en los cursos de agua, se ayudará bastante a controlar las poblaciones de caracoles. Los canales y cauces sin revestimiento son más atractivos para juntar caracoles que aquellos que están revestidos con cemento, plástico u otro material. El revestimiento evita las horadaciones, elimina el crecimiento de las plantas y mejora las velocidades de las corrientes. Las tuberías o conductos recubiertos constituyen el mejor pero también el más costoso medio para eliminar el habitat del caracol.

• Drenaje eficiente. Los caracoles pueden reproducirse en pequeñas áreas de aguas quietas, como por ejemplo las pozas formadas por los canales no revestidos, las zanjás obstruidas o los pozos que han sido excavados. Mejorando el drenaje de estas áreas se reducirá el habitat disponible del caracol.

Las barreras físicas entre los probables medios ambientes del caracol y la actividad humana reducirán las posibilidades de infección. Si se ponen vallas o se deja la distancia necesaria para separar las zanjas o drenajes de los lugares poblados, los habitantes, y especialmente los niños, no querrán hacer uso del agua para fines recreativos o para bañarse, ni tampoco harán sus necesidades fisiológicas dentro de los canales.

- Mejorar el saneamiento. Si los huevos de los esquistosomas no llegan al agua, su ciclo vital puede ser interrumpido. El mejoramiento del saneamiento puede reducir el número de huevos en el agua infestada por caracoles. Las letrinas simples y el tratamiento de desperdicios eliminan un gran porcentaje de los huevos de la lombriz intestinal que llegan a las masas de agua.

- Varios moluscocidas han sido desarrollados para el control de los caracoles, los cuales pueden ser muy eficaces si se usan en forma apropiada. Si se echan al agua cuando hay una gran cantidad de caracoles, precisamente antes de que comience el principal período de reproducción, el moluscocida puede ser altamente eficiente. Debido a que estos productos son muy caros y que sus efectos sobre otros organismos no son totalmente conocidos, su uso debe ser restringido a los momentos y sitios de alta densidad de caracoles y en la cantidad especificada en la etiqueta del envase. El control químico con productos naturales es otra posibilidad. Por ejemplo, en Etiopía, un astuto observador notó que en la costa de un río, aguas abajo en un lugar utilizado para lavar ropa, había relativamente pocos caracoles. Una investigación posterior reveló que un tipo de baya local que se utilizaba para jabón, y llamada apropiadamente jabón de baya (Phytolaca deocodandra) contenía un producto químico que resultaba mortal para los caracoles. Este campo de la investigación ha sido lastimosamente descuidado, aunque queda la promesa de que los trabajadores para el desarrollo y los científicos puedan dedicar algo de su tiempo a este tipo de estudios.

El control biológico es una de las alternativas preferidas. En algunos lugares se pueden utilizar ciertas especies de caracoles que se comen a los caracoles con esquistosomas aunque no llevan la enfermedad. Sin embargo, este tipo de programa necesita gente entrenada que esté familiarizada con la biología de las diferentes especies de caracoles. También han habido investigaciones muy alentadoras con respecto a ciertas moscas de pantanos que tienen larvas que comen caracoles. Esta mosca no pica al hombre, y hasta donde se sabe, no transmite ningún tipo de enfermedad al ser humano. Otras investigaciones han descubierto ciertas especies de peces que comen caracoles y podrían ser introducidos en el habitat de éstos. El desarrollo de los programas de control biológico requerirá del apoyo de una organización de asistencia técnica o de una universidad local.

El control de la esquistosomiasis depende del uso de todas las técnicas disponibles. El control exitoso basado en un sólo método es muy improbable, o en el mejor de los casos sería sólo temporal. Tampoco es probable que un programa completo y amplio pueda ser instituido inmediatamente. Es preciso seleccionar opciones que sean posibles de llevar a cabo, e implementarlas lo mejor que se pueda y paso a paso. Sobre todo debería tenerse en cuenta que un nuevo proyecto no aumenta el riesgo de enfermedad por causa de una mala planificación.

Prevención de la oncocerciasis

El control de la oncocerciasis o "ceguera de río" es un problema que causa frustraciones. La enfermedad no responde bien al tratamiento médico y tampoco se la puede controlar químicamente ni por medio de cambios ambientales. El vector de esta enfermedad es la mosca negra, y crece en agua rápidas y turbulentas, como las cataratas y los rápidos de agua. Más aún este insecto es un consumado volador, capaz de trasladarse a distancias de más de 50 km. desde su sitio de cría. La enfermedad no se ve afectada por el mejoramiento del saneamiento o por programas de

de educación sobre la salud. Los únicos programas de control comprenden reasentamientos y la aplicación de productos químicos. Cuando la enfermedad ocurre con frecuencia hay que tomar las siguientes precauciones:

Evitar los diseños de proyectos que puedan crear sitios de reproducción y cría de la mosca negra, como los vertederos abiertos rápidos y canales turbulentos.

Cuando sea posible, eliminar las aguas turbulentas rápidas mediante la construcción de pequeños diques o barreras.

Usar insecticidas en las áreas críticas durante los períodos de cría de la mosca negra y cuando el ser humano haga uso de esos lugares.

Hasta donde sea posible, proveer protección contra la picadura de la mosca negra. Los mosquiteros o el asentamiento en lugares donde corra brisa puede reducir la incidencia de la enfermedad.

Prevenición de la malaria y la filariasis

Las medidas para controlar eficazmente la malaria y la filariasis en los proyectos de desarrollo de recursos hídricos dependen de la eliminación de los sitios donde se crían los mosquitos. Las larvas de estos insectos buscan las aguas estancadas en las cuales maduran. Las áreas extremadamente pequeñas serán suficientes para ofrecer un habitat de cría; esto puede ocurrir en una lata de alimentos que ha sido desechada, o incluso en una llanta abandonada.

• El agua estancada no cubierta deberá eliminarse de los lugares de trabajo y alrededor de las áreas donde habita el ser humano. Esto es preciso tenerlo en cuenta especialmente en las áreas de trópico húmedo, húmedo, donde las lluvias frecuentes pueden producir lagunillas pequeñas

pero persistentes, que ofrecen las condiciones ideales para la cría del mosquito. Los envases y vasijas, como baldes, cacerolas, etc. no deberían dejarse a la intemperie para acumular agua.

- Las zanjas y obras de drenaje deberán mantenerse en condiciones de permitir que el agua fluya en forma constante. Las malezas acuáticas proporcionan un excelente habitat al mosquito. Es necesario proover esfuerzos comunitarios para quitar las malezas acuáticas que se crían en las pozas, zanjas y desaguaderos.

- Todos los mecanismos utilizados para almacenamiento de agua en las regiones áridas deberían ser cubiertos para evitar que los mosquitos adultos pongan sus huevos. Un inventario de los sitios potenciales de la cría de mosquitos casi siempre revelará la existencia de agua estancada, la que podría cubrirse con mucha facilidad, o desaguarse para evitar menos lugares para la cría de los mosquitos.

- Las medidas de control químico funcionan mejor cuando los productos químicos pueden dirigirse directamente a las larvas. Los larvicidas son menos tóxicos para otros animales, y pueden aplicarse a las superficies con las crías en forma de capa fina cuando se mezclan con aceite. Los pesticidas para el control del mosquito adulto son relativamente tóxicos, más persistentes y más costosos. Estos productos pueden ser aplicados a las viviendas y a los edificios públicos sólo en las proporciones y concentraciones especificadas en la etiqueta del envase. Estos insecticidas son muy costosos y causan mucha contaminación para utilizarlos al aire libre. Los programas coordinados de rociamiento de larvicidas sobre los sitios de cría y el rociamiento periódico en las viviendas, han sido muy eficientes en el control de la malaria en muchas comunidades.

Prevención de enfermedades entéricas

La clave para controlar las enfermedades entéricas es la interrupción de la ruta que lleva la contaminación por la vía fecal-oral. Esto requiere mejoramientos en el suministro de agua para fines domésticos y eliminación de heces humanas.

- La implementación de sistemas dobles de agua, uno para consumo doméstico y el otro para uso no potable, es uno de los métodos preferidos. El agua subterránea extraída de pozos profundos por lo general es más sana para beber que el agua superficial. Si este tipo de agua o la que se extrae de pozos poco profundos es utilizada para fines domésticos, deberán pasar por un proceso de desinfección o por sistemas de filtración, tal como se describe más abajo.
- Los métodos para la eliminación de heces deberán ser desarrollados a fin de suprimir la contaminación fecal del agua para uso doméstico. Esto no significa necesariamente que tenga que usarse un sistema de alcantarillado muy costoso, sino más bien controlar la eliminación de materias fecales en los lugares donde el agua potable debe ser protegida.
- Es imprescindible contar con programas de educación para el control de las enfermedades entéricas. Si se puede convencer a la gente de que las enfermedades tienen causas que pueden ser corregidas y que no tienen que ser una condición natural de la vida, ella se valerá de los suministros de agua y de las medidas sanitarias para reducir las infecciones entéricas. Sin un programa de educación y sin el apoyo de la comunidad, no es probable que los proyectos sean eficaces.

Si el proyecto comprende abastecimientos de agua para uso doméstico o para fines agrícolas, o para el desarrollo de estaciones sanitarias para las comunidades, dicho proyecto debe ser planificado en forma tal que elimine el incremento del nivel de enfermedades en la comunidad, y preferiblemente para que dicho nivel se reduzca. Siempre que sea posible, el proyecto deberá tener como objetivo la reducción de una enfermedad

prevaleciente relacionada con el agua, ya sea en un porcentaje dado de la población global o en un cierto grupo de edad. Dadas las limitaciones de tiempo y dinero, esto puede que no sea realista en lugares donde el riego es el objetivo principal. A menudo, los que trabajan en asuntos de desarrollo sólo pueden esperar que se mantengan los niveles existentes de enfermedades, mientras que al mismo tiempo prevén beneficios sanitarios a más largo plazo a través de una mejor nutrición, niveles de vida más elevados o reducción de las cargas de trabajo.

PURIFICACION DEL AGUA

El agua para beber y cocinar puede ser mejorada a un costo relativamente pequeño y con un gran beneficio para la salud. El método más eficaz para matar los gérmenes patógenos transportados por el agua es un clorador muy preciso y poco costoso; sin embargo, puede que no esté disponible o no sea realístico su costo en las áreas remotas y poco pobladas. En estos casos, ningún otro proceso puede igualar el mejoramiento que se consigue en la calidad física, química y biológica del agua superficial producida por una filtración lenta de arena o por un filtro biológico. Estos sistemas simples y poco costosos no requieren productos químicos, energía o excesivos costos de mantenimiento. Lo ideal es que el agua superficial reciba filtración y cloro administrado con precisión, aunque el agua subsuperficial requiere solamente cloro. La filtración lenta de arena es favorecida debido a que puede hacerse con materiales conseguidos localmente y utilizando también mano de obra local; la calidad en el abastecimiento de agua utilizando este método es mejorada en forma muy significativa.

Las partes esenciales de un filtro de estas características son: 1) un recipiente de agua bien sellado (un barril de 55 galones - 200 litros - es un buen tamaño); 2) una pequeña cantidad de grava y 3) arena lavada (ver figura 9).

Después de asegurarse que el recipiente o tambor se encuentra libre de impurezas químicas, deberá limpiárselo muy bien utilizando una escobilla y seguidamente se procederá a su desinfección con polvo blanqueador. Una vez que el tambor está aseado y desinfectado se coloca en el fondo una capa de grava limpia de 5 cm., cubriendo el orificio de salida. Sobre la grava se coloca una capa de arena limpia de 70 a 75 cm., dejando un espacio de 10 a 15 cm. hasta la parte superior del tambor. El tubo de entrada del agua cruda pasa cerca de la parte superior del tambor. Una roca plana o un plato pequeño es colocado debajo de la entrada del agua y sobre la capa de arena para evitar que ésta se perturbe. Se colocan una llaves simples en los tubos de entrada y de salida, y una tapa en la parte superior del filtro, el cual queda listo entonces para entregar agua filtrada a una velocidad de un litro por minuto. El filtro no será totalmente eficaz hasta que la capa biológica quede activa, lo que toma unos pocos días.

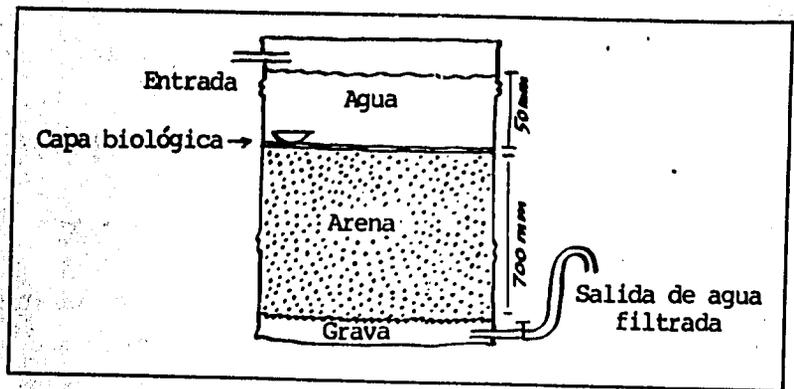


Figura 9. Filtro lento de arena
Fuente: Cairncross y Feachem

La capa biológica es una película fina de algas, bacterias y otros microorganismos que se desarrollan sobre la parte superior de la arena y es muy importante en el proceso de purificación. Los microorganismos descomponen materias orgánicas en el agua, y la arena cuele muchas de las partículas inorgánicas. Mientras el agua pasa a través de la arena, otros microorganismos siguen quitando impurezas. Cuando el agua llega a la grava y al orificio de salida, las bacterias y larvas de esquistosomas habrán sido eliminadas en más de un 99% siempre que al filtro se le haya dado el mantenimiento adecuado.

Afortunadamente el mantenimiento es una tarea muy simple. Cuando se nota que el agua fluye más despaciosamente por el orificio de salida, es hora de limpiar la capa biológica. Después de permitir que el agua baje al nivel de la arena, es preciso entonces cambiar la capa biológica y también unos pocos milímetros de arena. Este es el tipo de mantenimiento que hay que dar, el que se llevará a cabo con una frecuencia de dos a cuatro semanas. Cuando se ha quitado más de la mitad de la arena, será necesario entonces reemplazar toda la arena y la grava con materiales nuevos cuidadosamente lavados. Esto puede hacerse una o dos veces al año.

El filtro lento de arena puede ser mejorado más aún agregándole otros dos artefactos: un recipiente para asentamiento y un aparato para aeración. El recipiente puede ser otro tambor, colocado de manera que el agua tenga que entrar en él antes de pasar por el filtro. Los sólidos suspendidos en el agua del primer tambor se asientan antes de llegar al filtro. La ausencia de materiales suspendidos prolonga la vida útil de la capa biológica del filtro, disminuyendo, por tanto su mantenimiento.

Durante el proceso de filtración, el oxígeno es eliminado del agua por los microorganismos que hay en el filtro. El agua sabe mejor cuando tiene oxígeno; por lo tanto, al sistema de filtración puede agregársele el aerador. El agua que sale por el tubo puede ser aerada haciéndola pasar sobre un plano inclinado o por una serie de cascadas en el recipiente de almacenamiento, o el agua puede pasar sobre los vertederos contruidos a propósito, tal como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Asentamiento, filtración, sistema de aeración

Otro método para purificar el abastecimiento de agua para fines domésticos es la desinfección. Las dos formas más comunes son el hervido y la cloración. El hervido del agua durante 20 minutos destruye los gérmenes patógenos en su gran mayoría, pero esto altera el gusto del agua y además hay que utilizar una gran cantidad de combustible, que muchas veces escasea.

La cloración es eficaz y relativamente barata. Las soluciones de cloro pueden prepararse con polvo blanqueador o con hipocloritos de alta concentración. Para mantener la eficacia de los productos químicos, ambas fórmulas deben ser guardadas en un lugar fresco y oscuro, utilizando recipientes no corrosivos. Las soluciones para almacenar pueden hacerse añadiendo 40 gramos de polvo blanqueador o 15 gramos de hipocloritos de alta concentración o 150 ml de líquido blanqueador a un litro de agua. Estas soluciones pueden utilizarse para desinfectar agua potable añadiéndoles tres gotas de cualquiera de las tres mezclas antes mencionadas por cada litro de agua que tenga que ser desinfectada. Si la

materia orgánica que se encuentra en el agua es lo suficientemente abundante como para que se note el color, la dosis deberá ser doble. El agua deberá ser mezclada y es necesario dejarla reposar durante 30 minutos antes de utilizarla.

Para purificar agua de pozos pueden diseñarse aparatos para cloración utilizando materiales locales.

a) Clorador sencillo de barro cocido (figura 11). Se llena una vasija de barro cocido de 12 a 15 litros, con dos agujeros de 6 mm, se llena con una mezcla de 1.500 gramos de polvo blanqueador y 3 kg. de arena gruesa. Después de sellar la parte superior con una cubierta bien apretada (goma o polietileno), la vasija es suspendida a un metro por debajo del nivel de agua del pozo. Esto será suficiente para desinfectar un pozo que contenga hasta 1.200 litros por día durante siete días.

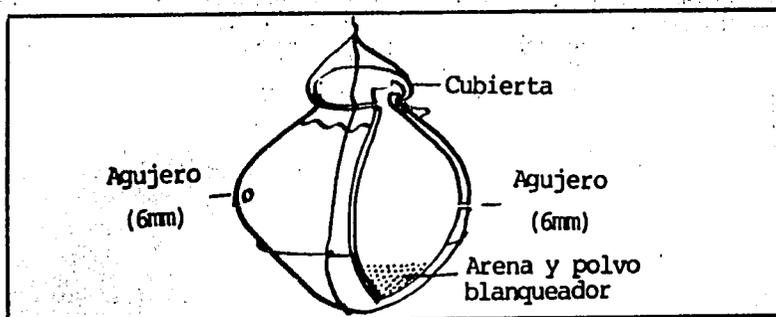


Figura 11. Clorador sencillo de barro cocido

Fuente: Rajagopalan y Schiffman

Otra versión de este clorador puede hacerse con un coco grande. Se le hace un corte en forma horizontal, y se vacía su interior. Se perforan o se le queman tres agujeros de 0.5 cm, desde la mitad hasta la parte más baja de la cáscara. En una bolsa plástica se pone un Kg. de arena y

otro Kg. de polvo blanqueador, se cierra bien, y luego se hacen dos agujeros de 0.8 cm cerca de la parte superior. La bolsa es colocada dentro del coco y luego se unen las dos mitades, las cuales se atan fuertemente con un hilo resistente. Se cuelga el coco a unos 30 cm por debajo del nivel del agua; este sistema de cloración puede desinfectar hasta 90 litros por día durante unas tres semanas.

b) Clorador doble de barro cocido (figura 12). Este sistema de cloración, resulta más eficaz para períodos más largos. Está compuesto por un recipiente que contiene 1 Kg. de polvo blanqueador y 2 Kg. de arena, el cual se coloca dentro de otro recipiente más grande. El recipiente interior deberá tener un agujero de 1 cm de diámetro a unos 3 cm por encima de la mezcla de arena y polvo blanqueador. El recipiente exterior deberá tener una cubierta bien apretada, y un agujero de 1 cm de diámetro a unos 4 cm por encima del fondo. El clorador es colocado a 1 metro por debajo de la superficie del agua. La mayoría de los pozos familiares (los que tienen menos de 500 litros) pueden ser desinfectados con este sistema de cloración durante dos o tres semanas.

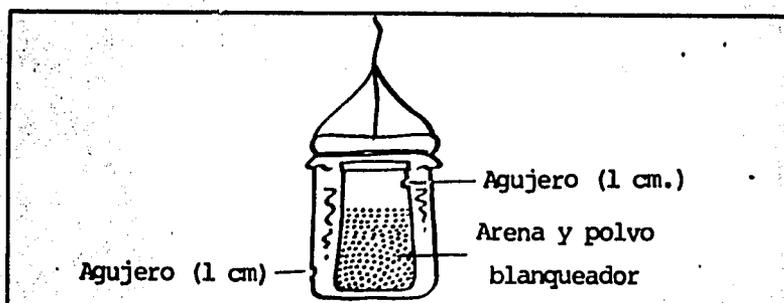


Figura 12. Clorador doble de barro cocido

En el cuadro 4 se dan algunos lineamientos sobre las proporciones de cloro que podrían ser utilizadas para desinfectar grandes cantidades de agua para uso doméstico. Sin embargo hay que recordar que éstas son sólo pautas para agua que tiene una cantidad "promedio" de materias orgánicas; por lo tanto es preciso hacer análisis para determinar si la cantidad indicada es la más correcta para un abastecimiento específico de agua.

CUADRO 4

CANTIDAD DE CLORO NECESARIA PARA DESINFECTAR EL AGUA POTABLE

Agua	<u>MAS</u>	Polvo Blanqueador	<u>O</u>	Hipoclorito de calcio de alta concentración	<u>O</u>	Líquido blanqueador (Hipoclori- to de sodio 5%)
1 metro cúbico		2.3 gramos		1 gramo		14 mililitros
1.2	MAS	3	O	1.2	O	17
1.5		3.5		1.5		21
2		5		2		28
2.5		6		2.5		35
3		7		3		42
4		9		4		56
5		12		5		70
6		14		6		84
7		16		7		98
8		19		8		110
10		23		10		140
12		28		12		170
15		35		15		210
20		50		20		280
30		70		30		420
40		90		40		560
50		120		50		700
60		140		60		840
70		160		70		980
80		190		80		1100
100		230		100		1400
120		280		120		1700
150		350		150		2100
200		470		200		2800
250		580		250		3500
300		700		300		4200
400		940		400		5600
500		1170		500		7000

Fuente: Ram, 1979

Ni el filtro simple ni los primitivos cloradores serán suficientes para hacer que el agua potable resulte absolutamente segura para beberla, porque incluso los más modernos sistema de purificación no pueden eliminar totalmente la transmisión de las enfermedades transportadas por el agua. Sin embargo, estos simples instrumentos harán que el agua sea más segura a un bajo costo, y para las poblaciones rurales pobres del mundo, éstas son las más importantes consideraciones.

Para los proyectos que tienen lugar en pueblos más grandes y con más recursos, los planificadores pueden seleccionar cloradores de bajo costo que se encuentran disponibles en el mercado y que son mucho más seguros que los de tipo casero. Estos nuevos cloradores son confiables y durables y requieren muy poca atención para su operación y mantenimiento.

La decisión sobre qué sistema de tratamiento de agua sería el más apropiado dependerá del número de personas a ser servidas por cada unidad y de la cuantía de los fondos disponibles.



4. MEJORAMIENTO, DESARROLLO Y PROTECCION

"El agua es el conductor de la vida"

Leonardo da Vinci

La meta de los proyectos hídricos es casi siempre incrementar la cantidad de agua disponible para una comunidad. El abastecimiento puede incrementarse en varias formas:

1. Hacer un uso más eficiente del agua existente. En la mayoría de los sistemas que existen en la actualidad, una gran cantidad de agua se pierde a través de usos poco apropiados o por malos métodos de recolección.
2. Mejorar los sistemas de entrega del agua para reducir las pérdidas a través de la evaporación o la filtración.

3. Ampliar las fuentes existentes.
4. Desarrollar nuevas fuentes de agua.
5. Proteger las cuencas, vertientes y otras fuentes de agua a fin de aumentar al máximo la capacidad hídrica y evitar las fluctuaciones.

La lista dada aquí está arreglada en orden de prioridades para el trabajador de la comunidad, pero no estrictamente por orden de preferencia de tipo ambiental. La quinta alternativa es la que tiene el mejor enfoque ecológicamente hablando para el manejo del agua. Los proyectos hídricos tienen mejores oportunidades de ganar el apoyo de la comunidad si los beneficios son inmediatos y claros. La protección de cuencas o los proyectos de mejoramiento se hacen a largo plazo; los beneficios son vagos o se dan para las generaciones futuras. Por lo tanto, estos proyectos probablemente reciban menos apoyo por parte de estas comunidades a menos que se lleven a cabo programas de educación acerca de la importancia de estos proyectos y de su valor futuro.

Las primeras tres alternativas reciben alta prioridad porque: 1) los beneficios para la comunidad son inmediatos y claros; 2) la inversión es relativamente baja; 3) los impactos ambientales no son significativos; y 4) los ajustes culturales son muy reducidos.

Cuando existen deficiencias en los suministros de agua para la comunidad, ya sea por insuficiencia o por los altos índices de enfermedades transportadas por el agua, por lo general la primera reacción es localizar y explotar una nueva fuente hídrica sin considerar antes el mejoramiento del sistema existente. Por razones económicas, sociales y ambientales, los que trabajan en proyectos para la comunidad deberían rechazar las propuestas para nuevas fuentes hasta que las primeras tres alternativas antes mencionadas, una por una o en combinación, sean juzga-

das como insuficientes o defectuosas. En verdad, todas las alternativas deberían ser examinadas antes de seleccionar el mejor método para incrementar el abastecimiento de agua que reúna los objetivos buscados.

ESTIMACION Y USO DE LA CAPACIDAD DE AGUA Y DE LA INFORMACION SOBRE SU CONSUMO

El primer paso de este proceso es calcular los requerimientos de agua de la comunidad y medir la capacidad del sistema existente.

En los pueblos pequeños que tienen un número limitado de fuentes hídricas, tales como pozos comunitarios o depósitos de agua, el consumo puede medirse registrando la cantidad de agua que se saca de cada fuente en un período de dos o tres días. De estos datos puede estimarse el uso anual de agua. Es importante recordar que si se dispone de agua más fácilmente, es probable que el consumo anual aumente. Otro método es emplear normas mínimas para uso doméstico del agua como lo proponen varias organizaciones internacionales. Por ejemplo, la UNICEF recomienda un mínimo diario per cápita de 38 litros para beber, cocinar y aseo personal. Esta cifra, multiplicada por la población de la comunidad, proporcionaría una cifra estimada sobre los requerimientos de agua para consumo doméstico. Con respecto a los suministros de agua para fines agrícolas y comerciales, los estimados pueden sacarse de manuales técnicos o de asesores cuando se encuentren disponibles. Para evaluar la capacidad del sistema existente es preciso hacer un poco de trabajo de campo y de investigación. Debería hacerse un mapa de cada fuente de agua de la comunidad, y tomar notas sobre la capacidad, calidad y tipo de uso de cada fuente, como por ejemplo para beber, lavar la ropa y para agricultura. El rendimiento de un manantial puede determinarse midiendo el tiempo requerido para llenar un recipiente de un volumen dado. El rendimiento de los pozos puede medirse sacando baldes de agua o bombeando un volumen dado después de marcar el nivel inicial. El tiempo que necesita el pozo para volver al nivel original es luego utilizado para calcular el

rendimiento por unidad de tiempo. El volumen de agua en un manantial o en un cauce puede estimarse midiendo el área del corte seccional del flujo de agua en el cauce, calculando la velocidad del flujo y tomando el tiempo que demora un flotador en trasladarse a una distancia que ya ha sido medida. Un manual de VITA, Village Technology Handbook y la excelente referencia que ofrece Peter Stern en su trabajo titulado Small-Scale Irrigation (ver Apéndice I) ofrecen métodos de evaluación para cada fuente hídrica.

Los planificadores no deben pasar por alto las oportunidades educacionales que ofrecen los ejercicios cartográficos y de medición. Los maestros locales podrían aprovechar la ocasión para enseñar matemáticas, salud pública y cartografía. La participación del estudiantado aumentará también el nivel de participación del resto de la comunidad, ya que los estudiantes pueden relatar sus propias experiencias y las lecciones aprendidas de sus padres y demás familiares.

Por supuesto, también hay que tener en cuenta la variación estacional de las fuentes hídricas. Las personas más ancianas de un pueblo pueden dar la información necesaria para este ajuste. Los más ancianos sabrán cuáles son los pozos que se secaron y podrán también describir los bajos flujos de agua de manantiales y cauces durante la estación seca. A menos que se disponga de instalaciones para almacenamiento, la capacidad de la estación seca debería ser utilizada para evaluar las alternativas del proyecto.

Si los abastecimientos de agua de la comunidad son mayores que las necesidades, como es el caso muchas veces en las áreas del trópico húmedo, entonces el interrogante puede ser cómo proteger el agua de la contaminación o cómo utilizarla en la forma más sabia posible. Si la capacidad en la estación de lluvia excede las necesidades de la comunidad y existe escasez en la estación seca, el mejor proyecto de desarrollo de recursos hídricos puede ser algún tipo de sistema de almacenamiento, a fin de que pueda usarse el agua más eficientemente durante todo el año.

En las regiones áridas, el máximo abastecimiento de agua estacional puede ser adecuado o escasamente adecuado; para el resto del año el producto puede caer bien por debajo de las necesidades mínimas. Si el consumo mínimo requiere más de un 100% de incremento en el abastecimiento del agua, es probable que se necesiten nuevas fuentes hídricas. De otro modo, el objetivo puede lograrse mediante un programa de conservación de agua, mejorando la entrega o los sistemas de almacenamiento, o expandiendo las fuentes existentes. En efecto, estas tres alternativas son provechosas, incluso si se hace necesario desarrollar nuevas fuentes.

PROGRAMA COMUNITARIO DE CONSERVACION DEL AGUA

El derroche más obvio de agua es el que procede de una fuente que está corriendo continuamente, esté o no en uso. El agua también es malgastada cuando su flujo no puede ser restringido para ajustarse al ritmo en el cual deben llenarse los recipientes. Las fuentes hídricas deberían estar equipadas con dispositivos tales como válvulas o tuberías de reducción, las cuales pueden hacer variar el flujo y la presión del agua entregada.

El uso excesivo de agua es más común en el campo, donde los agricultores tienen la tendencia a usar más agua que la que requiere el ganado, o a regar con más cantidades que las necesarias para obtener una producción óptima.

Las pérdidas por evaporación y filtración pueden reducirse y de esa manera podrá contarse con más agua disponible. Los depósitos y acequias que se encuentran a la intemperie pierden grandes cantidades de agua. La utilización de cubiertas para las unidades de almacenamiento o para las acequias puede reducir la pérdida por evaporación hasta en un 50%. Haciendo más profunda la excavación de depósitos y acequias, puede ser almacenada más agua con menos superficie expuesta a la evaporación. La filtración también es responsable de inmensas pérdidas. Los pozos exca-

vados, los manantiales y los canales de riego sin revestimiento permiten que el agua se filtre en el suelo. El revestimiento con materiales impermeables, como cemento o rocas, puede reducir las pérdidas en gran medida. Si se utilizan tuberías en vez de canales abiertos sin revestir, el agua recibida puede ser perfectamente el doble, simplemente mediante la reducción de las pérdidas por filtración. Además, los canales revestidos y las tuberías bien selladas no ofrecen un buen habitat a los caracoles y mosquitos.

La conversión a sistemas cerrados puede ser programada en un período de varios años mientras se tornen disponibles la mano de obra, materiales y fondos. Cada sección de canal abierto o sistemas de almacenamiento que pueden ser cubiertos o revestidos reducirá las pérdidas de agua, hasta que el sistema haya sido completamente convertido.

MEJORA EN LA DISTRIBUCION O SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Muchas veces el abastecimiento de agua a una comunidad podría ser adecuado si estuviera equitativamente distribuido durante todo el año. Cuando esto no ocurre, los sistemas mejorados de almacenamiento pueden captar más agua cuando haya disponibilidad de ella, para los tiempos en que haya escasez.

La construcción de cisternas o de otros contenedores cubiertos para almacenar agua puede ser una tarea muy eficaz. El Village Technology Handbook ofrece detalles de construcción para varios tipos. Las cisternas requieren un área de recolección para juntar agua durante la estación lluviosa. Un método común, utilizado en el Caribe, es juntar la lluvia que cae de los techos directamente a un tanque cubierto (figura 13). Posteriormente el agua puede ser purificada con pequeñas cantidades de cloro.

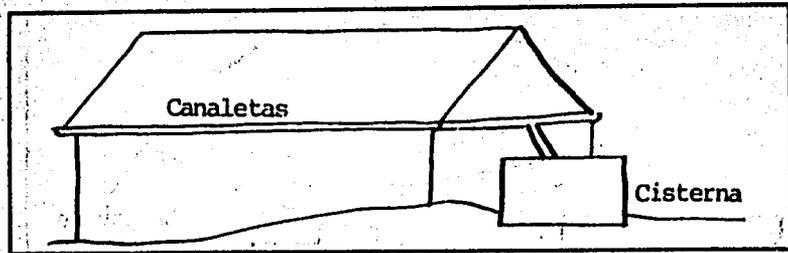


Figura 13. Cisterna con sistema de recolección de agua desde el techo.

Los sistemas de recolección en cisternas usadas en agricultura fueron una práctica común en el árido Oriente Medio. Los canales o zanjias eran puestos a lo largo de las colinas improductivas que conducían a las grandes cisternas o depósitos abiertos ubicados en la base de la colina. El agua superficial que corría colina abajo era desviada por los canales hacia el depósito o cisterna (figura 14). Esta práctica, que tiene más de 2000 años, se está utilizando nuevamente en Israel con excelentes resultados. La recolección puede mejorarse durante la estación seca compactando bien las zanjias o revistiendo los canales con rocas, cemento, o membranas de plástico. A todas las áreas de recolección se les ha aplicado hormigón asfáltico para poder captar aún más el precioso líquido. La Academia Nacional de Ciencias dedica todo un capítulo en su libro More Water for Arid Lands a la recolección de agua para usos doméstico y agrícola (ver Apéndice I).

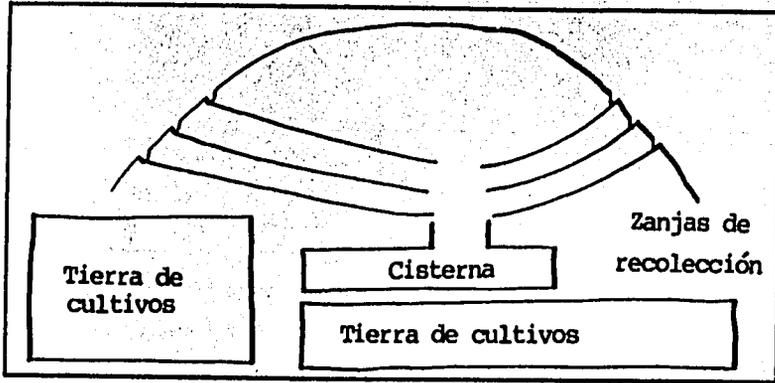


Figura 14. Recolección en colinas improductivas.

En todos los tipos de sistemas de almacenamiento se prefieren las cisternas cerradas a los depósitos abiertos. Mediante el cierre de un tanque de almacenamiento, las pérdidas por evaporación y filtración son mantenidas a un mínimo y los tanques no ofrecen habitat para la cría de caracoles y mosquitos. Las cisternas deberían ponerse lo más cerca posible al lugar donde se va a usar el agua a fin de reducir al máximo los gastos y complejidades de los sistemas de entrega del líquido. En los sistemas públicos, el área que ocupan los techos de varias casas puede alimentar una sola cisterna, reduciendo así los costos de construcción.

A menudo el agua pura se encuentra a gran distancia de un pueblo o comunidad, y en estos casos las mujeres y los niños se ven obligados a recorrer varios kilómetros para asegurarse el abastecimiento para la casa. Si este sacrificio se hace muy pesado, muchas veces acuden a otra fuente insalubre que queda más cerca. El mejoramiento del sistema de entrega es siempre una obra costosa, a menos que puedan utilizarse mano de obra y materiales locales. Las ventajas del revestimiento y de las tuberías son muy apreciables, pero hasta ahora el alto costo del cemento,

de la fibra de vidrio y del polivinilo ha sido prohibitivo. Los mejoramientos recientes y la transferencia de tecnología del polivinilo han dado nuevas posibilidades muy prometedoras. En países donde se dispone de tecnología, la tubería ligera y flexible de polivinilo es relativamente poco costosa y se adapta muy bien a las condiciones rurales. Muchos sistemas públicos han sido construidos con este tipo de tubos utilizando mano de obra local para cavar zanjas y para transportar estas tuberías, que resultan durables.

Obviamente, existen prerequisites para sistemas de tuberías. A menos que la fuente hídrica se encuentre en un lugar más elevado que el pueblo a donde va dirigida, será necesario contar con sistemas de bombeo que son costosos. La tubería debe ser enterrada, ya que la luz del sol hace que el material se resquebraje. Desafortunadamente, los roedores parecen ser atraídos por el polivinilo, y a menudo mordisquean la tubería haciéndole agujeros. Por lo tanto es necesario hacer inspecciones frecuentes en el sistema, y naturalmente las reparaciones del caso. Se espera que el uso del polivinilo aumente a medida que los países en desarrollo vayan adquiriendo instalaciones para fabricar las tuberías.

El hormigón es lo que se usa más comúnmente para el revestimiento o para los conductos en los países en desarrollo. La ventaja del hormigón es que puede ser vaciado en el lugar, y los trabajadores locales pueden desarrollar fácilmente las habilidades necesarias para la construcción con él. El Village Technology Handbook ofrece información técnica, además de diseños para formas y moldes que pueden utilizarse para el vaciado de los revestimientos o de conductos para los sistemas de abastecimiento de agua.

El revestimiento de hormigón armado permite la construcción de canales angostos y profundos con más alta velocidad del agua para reducir la cría de mosquitos y caracoles, y menos área superficial para minimizar la evaporación. El flujo hídrico es más fácilmente regulado en las cañerías y en los canales revestidos, de modo que se desperdicia menos agua

al evitarse el flujo descontrolado. Las pérdidas por filtración en ambos casos son prácticamente eliminadas.

En las áreas de trópico húmedo pueden utilizarse tuberías de madera para conducir el agua. El bambú puede hacer una excelente cañería cuando están en juego pequeños volúmenes de agua. Los pobladores locales saben cómo quitar las barreras internas del bambú. Los extremos pueden ser desbastados o ensanchados para formar conexiones firmes una vez que se hayan atado con una cuerda alquitranada. El bambú es ligero, firme y algo flexible, lo que lo convierte en un excelente material para transportar el agua de una vertiente o cisterna a las viviendas o a una plaza céntrica.

AMPLIACION DE LAS FUENTES EXISTENTES

Cualquier fuente hídrica que no es utilizada durante algunos años ve reducida su eficiencia y capacidad por la formación de sedimentos y desperdicios. Los pozos excavados y los tubulares se llenan lentamente a medida que las paredes se van desintegrando. Cuando la tierra desprendida de las paredes del pozo es extraída de las paredes de dicho pozo, éste puede ser ensanchado ya sea en profundidad o en diámetro. Con los pozos revestidos o con los tubulares que tienen revestimiento no se recomienda ensancharlos en diámetro debido a que habría que quitar dicho revestimiento. Sin embargo, el pozo puede agrandarse por debajo del revestimiento o del entubamiento, y a menos que haya una capa de roca impermeable, también puede hacerse más profundo.

Los depósitos abiertos y las cisternas a nivel de agua superficial acumulan sedimentos y requieren limpieza periódica. Los depósitos pueden ampliarse durante la limpieza mediante la remoción del material acumulado en la parte de adentro y alrededor del mismo. Deberá ponerse cuidado para no quebrar ninguna parte de la capa impermeable ni tampoco excederse del volumen de agua que en forma segura pueda soportar una presa.

DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE AGUA

Si han sido exploradas todas las alternativas para mejorar las fuentes existentes y una comunidad todavía tiene escasez de agua, debería llevarse a cabo la búsqueda de nuevas fuentes con el entendido de que ya se ha hecho la parte fácil o la más obvia; el descubrimiento de nuevas fuentes puede ser difícil de efectuar o más caro para desarrollar. Ya se han discutido algunas posibilidades, como por ejemplo el caso de las cisternas. Las nuevas fuentes más probables podrían ser varias clases de pozos.

- En las áreas rurales, la excavación de pozos constituye un método muy común de provisión de agua. Si se dispone de materiales de revestimiento como cemento y mampostería, los pozos excavados pueden resultar poco costosos y muy durables. Los pozos de un metro y medio de diámetro pueden ser excavados por dos hombres y pueden colocarse en su lugar las secciones del revestimiento de cemento. Después de hacer el vaciado de una sección, los excavadores simplemente quitan la tierra que hay debajo del revestimiento, y a medida que éste baja se van agregando nuevas secciones de concreto, hasta que el pozo llega bien por debajo de la napa freática del estiaje.

- Los revestimientos se recomiendan para los pozos excavados a fin de prolongar la vida de éstos y reducir la contaminación. El revestimiento debería elevarse por lo menos un metro por encima del nivel del suelo. Esta práctica previene que los niños e incluso los animales domésticos caigan dentro del pozo, y también reduce la cantidad de agua contaminada que ingresa desde la superficie del suelo.

- Lo ideal es que el pozo sea cubierto y que el agua sea extraída con la ayuda de algún tipo de bomba de mano en vez de utilizar bombas motorizadas, que son caras y difíciles de reparar. En realidad, en muchas áreas remotas incluso las bombas de mano crean

problemas insuperables cuando se descomponen, por lo que el diseño más factible incorpora mecanismos muy simples, como por ejemplo el balde. Este instrumento debería ser parte integral del pozo, de manera que la gente no utilice sus propios recipientes para sacar el agua, los cuales pueden estar contaminados. Existen varios diseños de baldes para este propósito, que se describen en la literatura sobre tecnología apropiada, entre los cuales se incluyen los de inclinación automática para vaciar el agua.

• En áreas de suelos sueltos, arenosos o calizos, pueden barrenarse pozos usando taladros de mano o sondas. En el momento en que el taladro penetra las capas de un acuífero portador de agua se insertan en los agujeros hechos por el taladro unas tuberías de pequeño diámetro, con filtro, y en seguida se coloca un mecanismo de bombeo. El pozo debe cubrirse para evitar la contaminación. El Village Technology Handbook contiene indicaciones sobre cómo construir equipos simples de barrenamiento y consejos sobre técnicas. El libro también ofrece diseños técnicos para máquina de baldosas de hormigón para hacer revestimientos de pozos. Los pozos barrenados o tubulares se utilizan por lo común para abastecimiento de agua para uso doméstico y agrícola. Si los suelos son favorables y si se dispone de equipo de barrenamiento, los pozos barrenados serán una fuente de agua ambientalmente sana siempre que se puedan usar bombas sin motor y que sean fáciles de reparar.

• Los pozos clavados se hacen hincando en los suelos sueltos o arenosos un tubo perforado terminado en punta. Se entierran a golpes unos tubos especiales conectados al tubo perforado antes mencionado hasta que llegan al acuífero portador de agua. Los tubos proveen un buen revestimiento cuando son metidos en el terreno. Los pozos clavados requieren una bomba especial, y esto puede presentar problemas de mantenimiento. Un problema común a todos los tipos de pozos es la filtración de agua contaminada que vuelve a la fuente. Incluso los mejores revestimientos no pueden

evitar todas las filtraciones, de modo que deben diseñarse métodos para reducir este problema. Los pozos deben ser rodeados por revestimientos de concreto con zanjas de drenaje. El agua derramada en el pozo será entonces dirigida hacia afuera en vez de desviarse hacia el revestimiento. Los surcos de grava suelta alrededor del borde del revestimiento eliminarán las pozas de agua que atraen a los caracoles y mosquitos. Capas de arcilla mezcladas con agua limosa alrededor del revestimiento reducirán también las filtraciones (figuras 15 y 16).

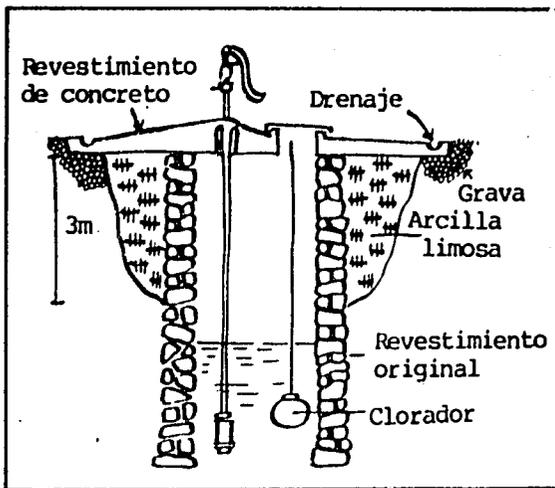


Figura 15. Pozo con bomba
Fuente: Wagner y Lanoix

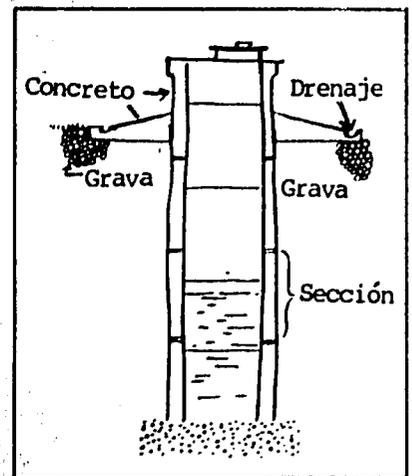


Figura 16: Pozo con pared
Fuente: Rajagopalan y Shiffman

- Para mantener el ganado lejos de los pozos, el agua deberá ser llevada por conductos a los abrevaderos ubicados a una distancia más o menos apartada. La grava puesta debajo y alrededor de abrevaderos y bateas eliminará el problema del agua estancada.
- Hay que alentar a la gente a que haga el lavado de ropa o el aseo personal en lugares alejados del pozo, mediante la construcción de una lavandería de cemento a unos 20 ó 25 metros de distancia. En esas áreas también deberían incluirse zanjas de drenaje con grava.
- En las regiones áridas pueden construirse depósitos en arena para proveer nuevas fuentes de agua. Puede instalarse una barrera o represa de alrededor de un metro frente a vertientes estacionales. Si la carga de sedimentos de la vertiente es de arena, se asentará detrás de la barrera. La presa puede elevarse en secciones de un metro para los siguientes 3 ó 4 años si la topografía lo permite. El agua permanecerá en los espacios entre los granos de arena, y puede utilizarse haciendo un pozo clavado (figura 17). Los depósitos en arena pueden mantener una gran cantidad de agua sin mucha pérdida por evaporación, y no crean habitats para gérmenes patógenos.

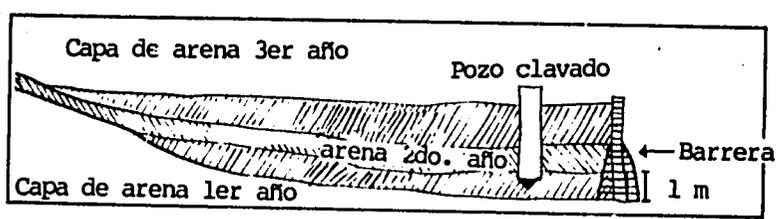


Figura 17. Corte transversal de un depósito en arena

Los depósitos abiertos no constituyen una alternativa preferida en las zonas áridas porque la evaporación es excesiva y los riesgos para la salud son muy altos. Sin embargo, los recolectores de agua al aire libre sirven como áreas temporales de abrevadero. Los depósitos abiertos pueden ser útiles también para recargar acuíferos a fin de elevar la napa freática, y por lo tanto recargar los pozos excavados.

PROTECCION DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA

Una vez que se descubren fuentes de agua deben ser protegidas de los daños causados tanto por el hombre como por los animales. Una tarea útil podría ser la instalación de tuberías subterráneas o la construcción de cercas alrededor de los pozos. El valor de estas medidas de protección pueden demostrarse fácilmente. Sin embargo, la protección de la cuenca a menudo es descuidada porque su valor no se manifiesta inmediatamente. La protección de cuencas es una inversión a largo plazo que sólo mejora el abastecimiento de agua en forma gradual. Es difícil ver que muchos problemas actuales de agua son el resultado de un mal manejo de cuencas registrado en un pasado no muy lejano.

Si el agua superficial de las regiones áridas se pierde como escurrimiento superficial antes de que pueda ser utilizada, ocurre entonces una pérdida de magnitud. Los ecosistemas naturales previenen el escurrimiento excesivo y la erosión proporcionando una capa vegetativa amortiguadora entre la lluvia y el suelo. A fin de mantener esta protección natural, la cubierta de las plantas debe ser retenida en las áreas de acopio de agua o en los lugares adyacentes a los abastecimientos de agua. La vegetación puede ser una mezcla de pastos, arbustos y árboles. El primer paso para desarrollar esta protección es llevando a cabo proyectos de reforestación. Los árboles jóvenes pueden ser plantados y atendidos hasta que sus raíces alcancen capas húmedas más profundas. Cuando los árboles comienzan a apretarse al suelo y a dar sombra, pueden introducirse otros tipos de plantas para la protección del suelo.

Los proyectos de desarrollo de proyectos hídricos deberían incluir estrategias para protección mediante algunas formas de plantas que haya en la cuenca. El primer paso es educar a la gente enseñando a todos los habitantes de la comunidad la necesidad de proteger las fuentes hídricas con plantas. Si la comunidad no comprende o aprecia esta necesidad, el proyecto estará destinado al fracaso.

Para proteger las cuencas no es necesario crear reservas con prohibición de uso sino más bien un área de manejo restringido. Pueden cosecharse plantas o productos madereros siempre que el promedio natural de reemplazo sea igual o mayor que las cantidades cosechadas. Sin embargo, el área de manejo debería ser muy bien definida y recibir niveles más altos de protección que las áreas que no contribuyen al abastecimiento de agua.

En las cuencas no protegidas por vegetación, el desarrollo de recursos hídricos debe comenzar con forestación, ya sea con árboles de rápido crecimiento o con otras clases de plantas. Las especies de árboles que deben plantarse pueden seleccionarse con el asesoramiento sobre la base de su utilidad a la comunidad, pero también teniendo en cuenta las características de rápido crecimiento para proteger las cuencas. Por ejemplo, los árboles frutales o los nogales quizá puedan plantarse como suplemento alimenticio o para desarrollar cultivos comerciales. Si el combustible escasea, los árboles pueden ser seleccionados por su valor en función de la leña que den. La llave del éxito para la plantación de árboles es el mantenimiento del futuro crecimiento. No es suficiente plantar cientos de árboles y luego no controlar el progreso de crecimiento de los mismos o no proveerles con cierto grado de protección. Aunque sean plantados adecuadamente, los árboles no sobrevivirán a menos que reciban suficiente cuidado durante los primeros años. Los árboles que nacen de semillas son vulnerables al daño causado por animales y además son susceptibles a la sequía hasta que las raíces queden bien establecidas. Un programa de plantación de árboles debe incluir medidas para la protección temporal contra animales, construyendo cercas o algún tipo de barreras, y pueden necesitar agua adicional por lo menos durante

dos años. Si la comunidad apoya el proyecto, pueden nombrarse "guardianes de árboles" para cuidar de ellos y suministrarles el agua que necesitan cuando haya síntomas de sequía.

La recompensa que ofrece un manejo de cuencas bien ejecutado no es muy obvia. A menos que se mantengan registros, los mejoramientos son tan sutiles que los habitantes de las aldeas no verán los resultados ni recordarán las condiciones que existían antes de comenzar el proyecto. Al igual que muchos cambios ambientales, esos mejoramientos son pequeños y se extienden durante largos períodos, pero pueden producir resultados muy significativos. Los esfuerzos para proteger las cuencas son una de las mejores inversiones para el futuro.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

La tarea de mejorar o crear abastecimientos de agua es algo muy agradable y alentador, pero eso constituye sólo la mitad del proyecto. A menos que se tomen medidas para asegurar un mantenimiento eficaz, el abastecimiento de agua puede volver rápidamente a los niveles anteriores del proyecto, pero al mismo tiempo se espera cubrir una demanda que se hace cada vez mayor. Antes de que comience el proyecto deberían establecerse planes y una organización para el funcionamiento y el mantenimiento del mismo. El apoyo de la comunidad y la aceptación de la responsabilidad para el proyecto son importantes para que el proyecto comience a funcionar y para mantenerlo en marcha. Los proyectos de desarrollo de recursos hídricos en los cuales los habitantes de las aldeas son adiestrados y asignados para desempeñar funciones de vigilancia en operación y mantenimiento han tenido un gran éxito. Una comunidad que "cuida el agua" puede ser de mucho beneficio para los proyectos hídricos. Estos proyectos comprenden el desarrollo de nuevas técnicas y experiencias para trabajar con metales, mampostería, equipos de bombeo, y también en el mantenimiento preventivo cuando sea necesario. Esto contribuirá a sostener el proyecto después de la partida del equipo encargado de los trabajos.

La tecnología local debería ser la base del proyecto, pues si depende de técnicas o de piezas de repuestos extranjeros, tendrá éxito únicamente según la disponibilidad de los materiales y servicios. Antes de aceptar un equipo de bombeo u otros artefactos mecánicos habrá que asegurarse de que se dispondrá de los repuestos necesarios, y de que el servicio podrá ser realizado por miembros de la comunidad.

El aumento o el mejoramiento de los suministros de agua son tareas difíciles y costosas. La meta de las Naciones Unidas de proveer agua sana para todos en 1990 es algo que parece difícil de alcanzar. Sin embargo, el hecho de hacer más llevadero el diario vivir de aquellas personas para quienes 38 litros de agua por día constituyen un lujo, es un logro que no puede medirse solamente en números. Pequeños proyectos de desarrollo de recursos hídricos en miles de aldeas son mucho más eficaces que proyectos gigantescos en unos pocos lugares.



5. SANEAMIENTO Y TRATAMIENTO DE DESECHOS

"En muchas ocasiones es un caso de vida o muerte, para no hablar de la dignidad humana y del respeto a uno mismo. No se puede enseñar a leer a un niño si se encuentra debilitado por la diarrea, o esperar que una persona tenga interés en mejorar su vivienda si tiene que pasar a través de su propia inmundicia, la de su vecino y la de sus animales"

Grava

Un problema común en todos los países del mundo es contar con una adecuada recolección de desperdicios y eliminación de desechos. Sin embargo, ciertos desechos hay que considerarlos más como un recurso que como desperdicios. Los excrementos humanos son considerados en muchos países del mundo como un artículo valioso que es cuidadosamente recogido y se vende para piscicultura y agricultura. Sin embargo, con estas prácticas están asociados muchos peligros para la salud. En otras áreas, los excrementos humanos y otros desperdicios humanos orgánicos se utilizan para proveer energía con fines domésticos a la vez que satisfacen los siete criterios utilizados por Wagner y Lanoix.

Los problemas de recolección y eliminación están lejos de hallarse resueltos en los países en desarrollo. Las mejoras en la eliminación de los desechos son muy importantes para poder elevar los niveles de salud pública. La tecnología de eliminación de desperdicios a pequeña escala ha quedado detrás de los recientes avances conseguidos con respecto al abastecimiento de agua. No obstante, ambas tecnologías son igualmente importantes, porque si se aumenta el abastecimiento del agua y no se mejora la sanidad, los nuevos abastecimientos proveerán un vehículo para la propagación de enfermedades. A menudo, la respuesta típica a los problemas de eliminación de residuos es aplicar tecnología industrializada, que es costosa y malgasta los recursos naturales. Los sistemas de alcantarillado o sépticos en base al uso de agua y que funcionan bien en los países industrializados de zonas templadas, son muchas veces inadecuados en áreas tropicales. Afortunadamente se han obtenido algunos logros recientemente para determinar cuáles son las tecnologías de eliminación de residuos a pequeña escala que resultan eficaces por su menor costo para el trópico rural.

OBJETIVOS PARA LOS SISTEMAS DE ELIMINACION DE AGUAS NEGRAS

La publicación de la Organización Mundial de la Salud de 1958, preparada por Wagner y Lanoix (Apéndice I), es todavía la mejor fuente de información sobre la eliminación de excretas humanas en los países en desarrollo, aunque el Village Technology Handbook ofrece muchos de los mismos consejos y recomendaciones. Wagner y Lanoix ofrecen siete criterios bastante estrictos para utilizar en cualquier sistema de eliminación de aguas negras:

El sistema debería ser simple y barato en su construcción y funcionamiento;

La manipulación de las materias fecales frescas deberá ser mantenida en un mínimo estricto;

Estas materias no deberían estar en lugares de fácil acceso para las moscas y otros animales;

Deberá prevenirse la contaminación de pozos y manantiales;

El agua superficial deberá ser protegida contra la contaminación;

El suelo superficial no deberá ser contaminado;

El sistema deberá estar libre de malos olores y de condiciones poco agradables a la vista.

Estos criterios han sido mencionados en orden de prioridades, aunque algunas personas puedan no estar de acuerdo con su ordenamiento. Si se logran satisfacer algunos de los criterios, los otros quedarán en su sitio automáticamente o por lo menos se satisfecerán en parte. Además de estos criterios, el sistema deberá ser culturalmente aceptable y apoyado por la comunidad. La recolección, así como el almacenamiento y el tratamiento del agua y los residuos no debe ser incompatible con las costumbres locales o con las prácticas religiosas.

MÉTODOS BÁSICOS PARA LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Los muchos métodos utilizados para la eliminación de residuos son variaciones de tres tipos básicos:

• Remoción. Del lugar donde el excremento es juntado y transportado, ya sea en forma manual o automática, a un sitio de descarga para su posterior procesamiento. Este es un método común en áreas urbanas.

Infiltración. Absorción y dispersión de las materias residuales en el suelo o en el agua subterránea. Constituye un método común en áreas rurales y es una fuente de grave contaminación.

Destrucción. Las excretas y otros residuos son convertidos en sustancias útiles e inofensivas.

La relación de estos tres métodos se presenta en la figura 18.

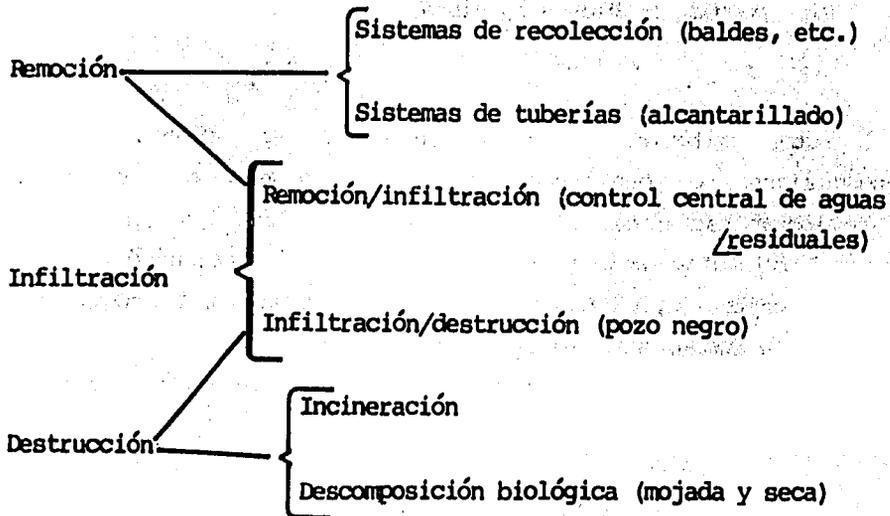


Figura 18. Clasificación de sistemas de eliminación.

Fuente: Winblad

Fuera de las letrinas en base a baldes, lo más común con respecto a los métodos de eliminación de excretas es una combinación de los tres sistemas básicos. El uso de combinaciones de técnicas nuevas y antiguas puede ser la mejor vía de acceso para diseñar sistemas sanitarios a

pequeña escala para su utilización en aldeas, debido a que no es probable que un método reúna criterios económicos, sociales y ambientales para todo un pueblo. Una ligera diferencia en la textura del suelo, en el agua subterránea o en la proximidad al agua superficial o a los cultivos en un lugar, puede hacer que un método sea menos aceptable de lo que podría serlo en otro sitio.

Los sistemas de remoción por medio de tuberías para las excretas humanas por lo general son muy costosos para los proyectos rurales. En las áreas urbanas, donde se dispone de grandes sistemas de alcantarillado para su conexión, puede ser muy apropiada la utilización de tuberías. Los sistemas de alcantarillado requieren grandes capitales y cuantiosos volúmenes de agua para su funcionamiento, lo que los hace menos adecuados para las regiones áridas.

La remoción utilizando baldes es una opción común y viable para la eliminación de las excretas. Esto ocurre especialmente en los pueblecitos y ciudades que se encuentran cerca de las áreas agrícolas donde las excretas humanas han sido tradicionalmente utilizadas para fertilizar cultivos. En muchas comunidades asiáticas hay individuos que compran los desperdicios, los cuales son transportados en camiones tanques a las zonas agrícolas para ser vendidos a los agricultores. El sistema es barato y no requiere agua, aunque puede crear algunos peligros para la salud al ser expuesta la carga a las moscas y otros insectos, y también produce mal olor. En los sistemas considerados mejores, los baldes se limpian minuciosamente, y luego de desinfectados se les equipa con una cubierta contra insectos.

En áreas más urbanizadas, una cámara ventilada puede reemplazar al balde. La cámara es vaciada utilizando una bomba de vacío colocada en un camión, y las materias fecales son extraídas y transportadas a una central para el proceso de tratamiento, o llevadas directamente a las granjas para venderlas a los agricultores. Este es un sistema mejorado con respecto al empleado con los baldes, ya que el manipuleo y la presencia de olores son reducidos.

El inodoro con agregado de productos químicos es una modificación del pozo negro. Al balde o pozo se le agregan productos químicos para matar las bacterias, como el aldehído fórmico; esto reduce los olores y los riesgos que emanan de la manipulación. El costo inicial del inodoro químico es bajo, pero depende de un constante suministro de costosos productos químicos. Más aún, estos productos pueden causar daños ambientales en los sitios de disposición de los desechos, pues pueden matar los peces y la vegetación. También pueden destruir las bacterias naturales de los excrementos y demorar el proceso de descomposición. El inodoro químico no se recomienda para utilizarlo como un medio para la eliminación de excretas en áreas rurales.

La letrina hidráulica (figura 19) en base a una técnica empleada en la remoción/infiltración, elimina algunos de los problemas de las letrinas con baldes, pero a un costo mayor. La unidad consiste en una cámara o tanque bien sellado en el cual se mantiene el agua a un nivel constante gracias a un desagüe para prevenir el desbordamiento. Los desechos que quedan debajo de la superficie del agua son descompuestos por anaerobios (bacterias que no necesitan oxígeno para desarrollarse) las cuales por lo general se encuentran en las materias fecales. El sedimento resultante tiene que quitarse periódicamente mediante bombeo o utilizando sistemas de vacío. Si el sedimento no queda expuesto a gérmenes patógenos frescos durante tres semanas, puede esparcirse sobre las tierras de cultivo con muy poco riesgo para la salud. Los líquidos desbordados, casi siempre orina y aguas contaminadas, se infiltran en el suelo y pueden introducir gérmenes; por lo tanto, estas letrinas hidráulicas no deberían estar situadas a distancias menores de 15 ó 20 metros de un pozo u otra fuente de agua para uso doméstico. El suelo que rodea a estas letrinas debería ser permeable para permitir la rápida percolación de los efluentes. Para evitar una rápida concentración de estos líquidos, las unidades deberían estar situadas por lo menos a 15 metros de distancia una de otra.

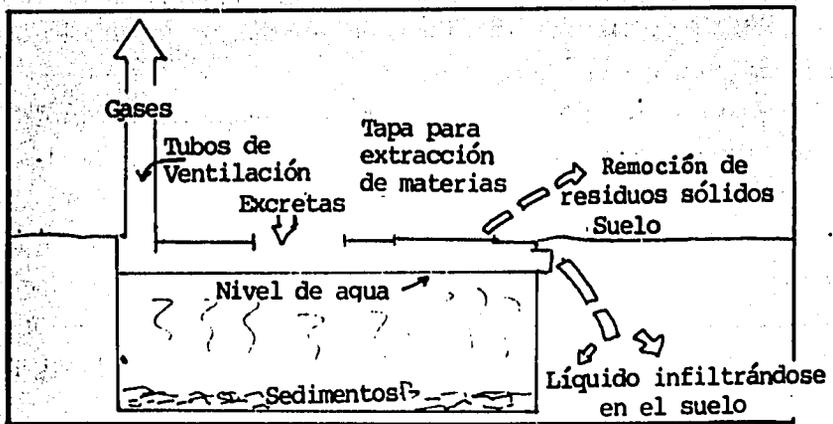


Figura 19. Letrina hidráulica.

La reducción de olores y de los peligros para la salud pueden valer la pena el mayor costo que significan las letrinas hidráulicas, siempre que se disponga de los materiales localmente. A menos que se cubran muy bien con telas metálicas las aberturas para la ventilación y otras, los insectos podrían utilizar el agua allí depositada para propósitos de cría. La ventilación es necesaria puesto que la descomposición anaeróbica produce gases combustibles. Los tubos para la ventilación no deberán estar ubicados cerca de lugares donde puede haber llamas, y deberán tener por lo menos dos metros de altura. En algunos sistemas, el gas puede ser atraído por el fuego de las casas que se usa para cocinar y también por el de la calefacción.

El tanque séptico es otro enfoque de la remoción/infiltración utilizado en las áreas industrializadas templadas (figura 20). En este sistema el agua es agregada a las materias fecales antes de entrar al tanque de infiltración. Los líquidos se infiltran en el suelo por medio

del desagüe hecho para evitar el desbordamiento, el cual puede ir directamente al suelo o ser dirigido a un pozo de absorción o a drenajes de filtro. Los sólidos son retenidos en el tanque, y la descomposición anaeróbica se hace en forma lenta. Los residuos, o sedimentos, deben removerse cuando el tanque se llena con material sólido. Este sistema es muy parecido al mencionado anteriormente, con la diferencia de que gasta una cantidad mucho mayor de agua, lo que es una clara desventaja para las regiones áridas. El tanque séptico requiere suelo permeable o un extenso campo de drenaje con grava y tuberías. En áreas donde la napa freática es alta o los suelos son impermeables, los líquidos que se infiltran en el suelo pueden elevarse a la superficie proveyendo un habitat para gérmenes patógenos.

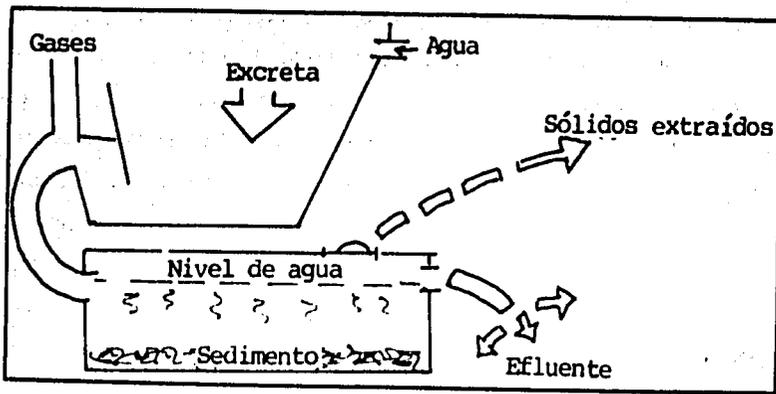


Figura 20. Sistema de tanque séptico.

El pozo negro, el cual puede ser tan sólo un agujero excavado en el suelo, es utilizado comúnmente como método temporal para la disposición, o como el primer paso en el desarrollo de sistemas sanitarios de una aldea. Con algunas mejoras, el pozo negro puede ser menos temporal y más sanitario.

Esta letrina simple y barata consiste en un agujero o zanja, cubierta a menudo con una losa. Los desechos líquidos se escurren en el suelo y los sólidos se acumulan, descomponiéndose lentamente hasta que el pozo se llena. Después que esto ocurre se excava un nuevo pozo, y el antiguo es cubierto con tierra.

Los diseños para este tipo de letrina se encuentran en Village Technology Handbook y en la publicación de Wagner y Lanoix. El pozo negro tiene inconvenientes, desde luego. Algo del suelo es contaminado por los desechos, y el agua de las inmediaciones puede contaminarse también. Las letrinas no deben estar situadas en lugares cercanos a fuentes de agua. Los problemas de olores y moscas no pueden ser resueltos con el uso de pozos negros. Algunos de los cajones sanitarios que tienen muchas letrinas tienen tapas, pero a éstas muchas veces las dejan levantadas. Las tapas de cierre automático no han tenido mucho éxito, aunque existen algunos diseños disponibles. Las cajas sanitarias pueden hacerse de madera, bambú o cemento. Algunos diseños para este tipo de cajas, con instrucciones para su construcción, se encuentran en Village Technology Handbook.

Las más recientes innovaciones de eliminación de desechos a pequeña escala utilizan métodos de destrucción. En realidad, destrucción es un término poco apropiado porque la meta es producir algo útil. La incineración es una excepción debido a que la tarea de quemar los desechos requiere costosos equipos, sin provisiones para que pueda capturarse la energía liberada. Para proyectos a pequeña escala, no se recomienda la incineración. alguna de las siguientes alternativas son mejores.

Las técnicas para elaborar abono de mezcla orgánica seca (compostado seco) no sólo destruyen los desechos sino que proveen un acondicionador para el suelo, estable e inofensivo. Para elaborar este abono seco se necesita un compostador seco (o Multrum) consistente en un recipiente bien sellado a prueba de agua, equipado con una entrada de aire y unos conductos de ventilación y dos canales de acceso, uno para las excretas y el otro para los desperdicios orgánicos provenientes de la cocina (figura 21). Antes de comenzar la operación se pone en el fondo del recipiente una capa de materias orgánicas parcialmente descompuestas (hojas, pasto o sedimentos) mezclada con tierra. Las bacterias aerobias (que requieren oxígeno) que se encuentran en el material parcialmente descompuesto, junto con las que se hallan en las excretas continúan con el proceso de descomposición del contenido hasta convertirlo en un humus enriquecido que luego puede agregarse a las tierras de cultivo. El agua y el anhídrido carbónico, subproductos de la descomposición, escapan a través de los conductos de ventilación. Cuando los desechos se asientan en capas, se reducen a menos del 10% del volumen original. La capa del fondo, la mezcla llamada "compost" o abono orgánico, está totalmente descompuesta y puede ser extraída por una pequeña puerta. El calor generado por la descomposición destruye la mayor parte de los organismos patógenos, incluyendo los huevos de las lombrices intestinales y otras bacterias. A fin de que los insectos se mantengan alejados de las capas superiores deberían usarse cubiertas y trampas de ventilación.

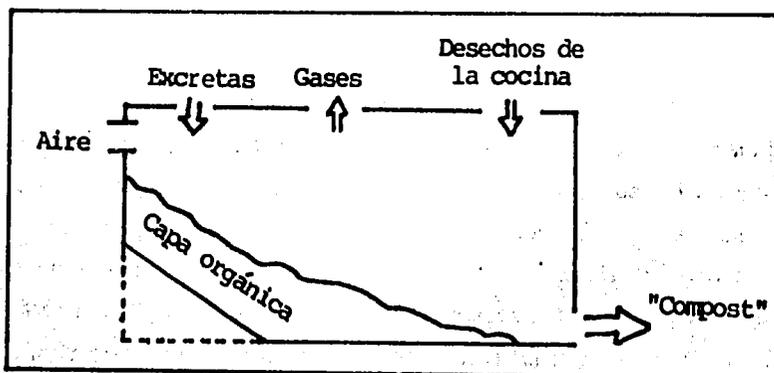


Figura 21. El Multrum o tanque para elaboración de compostado seco (mezcla orgánica seca)

El equipo para la elaboración de compostado seco reúne los criterios necesarios para los sistemas de eliminación de desechos. Los costos iniciales son altos, pero si el valor de los nutrientes recirculados se sustrae de los costos originales, la razón beneficio/costo se torna muy favorable. La técnica de elaboración de abono seco es simple y económica y constituye uno de los métodos ecológicos más sanos para la eliminación de excreta humana.

En Vietnam se construyó una letrina de doble bóveda para la elaboración de compostado seco utilizando excreta humana (figura 22). Se construyeron por encima del nivel del terreno dos bóvedas revestidas de cemento con puertas de acceso para cada bóveda. Las bóvedas están cubiertas con cajones sanitarios, con una abertura en cada una. Una de las bóvedas se usa hasta que se llena y luego se la sella, y posteriormente se comienza a usar la otra. Después de 45 días se abre la bóveda que había sido sellada, de la cual se extrae por la puerta de acceso un fertilizante rico, inocuo y sin ningún olor. La orina se separa de las materias fecales por una canaleta hecha en la caja sanitaria. Este diseño de letrina está siendo promovido por UNICEF en otros países asiáticos.

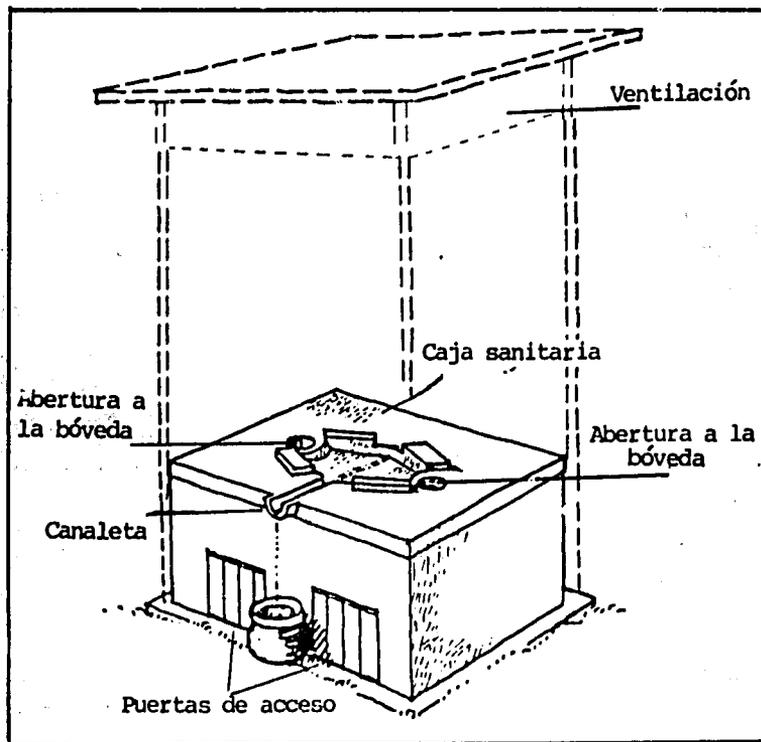


Figura 22. Letrina de doble bóveda para elaboración de compostado.
Fuente: UNICEF

Los métodos para la elaboración de compostado húmedo ofrecen igualmente buenas alternativas para la eliminación de desechos y se están haciendo más y más comunes, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. La República Popular China ha tenido mucho éxito con un método de tres etapas para la eliminación de desechos, método que ha resultado muy eficaz en la reducción de la incidencia de esquistosomiasis. En este diseño, un recipiente con tres compartimientos internos es utilizado para extraer los desechos menos peligrosos para la salud humana y producir un valioso subproducto (figura 23). Los desechos son introducidos a través de una abertura con agua. Los desechos son sometidos a la descomposición anaeróbica, y los huevos de los esquistosomas, que son más pesados que el agua, comienzan a hundirse. Los excrementos diluidos se mueven hacia el segundo compartimiento mientras la descomposición continúa. Cuando las materias alcanzan el tercer compartimiento, la descomposición puede haber alcanzado ya su grado máximo y todos los huevos de los esquistosomas habrán sido removidos o estarán inactivos por los cambios químicos del líquido. Los residuos extraídos del tercer compartimiento son un recurso valioso para esparcirlo sobre tierras de cultivo o para agregarlo a las lagunas para piscicultura.

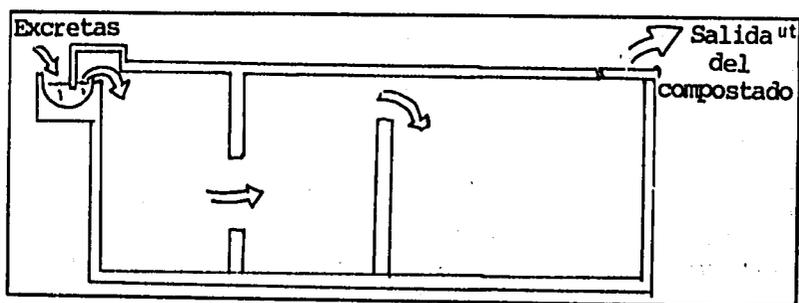


Figura 23. Corte transversal de una cisterna china de tres etapas.

Al igual que en el método de elaboración de abono seco, los costos iniciales para la elaboración del compostado húmedo son altos, y es muy probable que los residuos contengan otros gérmenes patógenos además de

esquistosomas. La descomposición anaeróbica se hace a una velocidad mucho más baja que la de tipo aeróbico y no genera tanto calor; por consiguiente, las bacterias sobrevivirán en el proceso. La descomposición anaeróbica también puede crear una capa gruesa sobre la superficie, la cual se endurece lo suficiente como para que sea preciso hacer una limpieza completa regularmente.

Otro método de eliminación de desechos explota otra característica de descomposición anaeróbica. Cuando la bacteria deshace los desechos sin oxígeno se produce un gas que contiene metano. Este biogás es combustible y produce entre el 30 y el 60% de la energía contenida en el gas natural. En el mundo se han construido plantas pequeñas de biogás con el fin de suplementar los cada vez menores abastecimientos de leña y productos derivados del petróleo. Se estima que hay más de 10.000 de estas plantas en la India, 29.000 en Korea, 7.000 en Taiwan, y 80.000 en la República Popular China.

La cantidad de gas producido de los desechos depende de varias condicionantes, y las más importantes son la temperatura y el tipo de desecho utilizado. Por ejemplo, el estiércol de un animal de mediano tamaño (vaca, buey o búfalo) puede producir entre 500 y 600 litros de gas por día, mientras que la producción diaria de los excrementos humanos es sólo de 30 litros. La temperatura óptima se encuentra entre una mínima de 30 a 40°C y una alta de 48 a 60°C. Cuanto más lejos se esté de estos rangos de temperatura, más grande será la reducción en la producción de gas. El rango de 48-60°C por lo general no se lo considera práctico en proyectos a pequeña escala pues requiere calor adicional. El libro de Peter-John Meynell, Methane: Planning a Digester tiene todos los elementos para la planificación y diseño de una planta de biogás.

Si bien la meta de este libro no es describir los varios tipos de producción de biogás o de digestores anaeróbicos, de todas maneras puede ofrecerse un diseño simple para uso a pequeña escala (figura 24). Este digester utiliza tres barriles (200 litros, 160 litros y 120 litros) sin

tapas, de los que se utilizan comúnmente para productos químicos o petróleo, algunas varillas metálicas, una simple válvula y ciertos tubos flexibles, de goma o de polietileno. El barril más pequeño es colocado dentro del más grande y se rellena con desechos (estiércol, aserrín, hojas, desperdicios provenientes de la cocina, orina), y se llena parcialmente con agua, y el barril mediano se invierte sobre el más pequeño. Se le agrega agua al barril más grande a fin de sellarlo completamente. Las varillas sirven para evitar que el barril se incline hacia un lado cuando se eleva por la presión del burbujeo del biogás al salir de los desechos.

Los digestores no tienen olor, como lo tiene el gas, el cual puede quemarse sin necesidad de procesos adicionales. Los agujeros de los quemadores tendrán que agrandarse si el quemador fue diseñado para gas envasado o para gas natural. Es conveniente derramar un poco de aceite sobre el agua contenida en el barril más grande a fin de eliminar la posibilidad de que se acumulen larvas de mosquitos.

Después que el gas comienza a esparcirse, por lo general entre los 20 y los 28 días, el material de desecho debe ser reemplazado. Cada vez que se llena el barril se produce una demora en la producción de gas de dos a tres días, hasta que las bacterias quedan bien establecidas. Qué ocurre posteriormente con los residuos después que se ha efectuado la descomposición? Se convierten en un excelente acondicionador para suelos, el cual puede agregarse a la tierra de cultivo y también puede utilizarse en piscicultura, e incluso una vez secado puede darse al ganado como alimento.

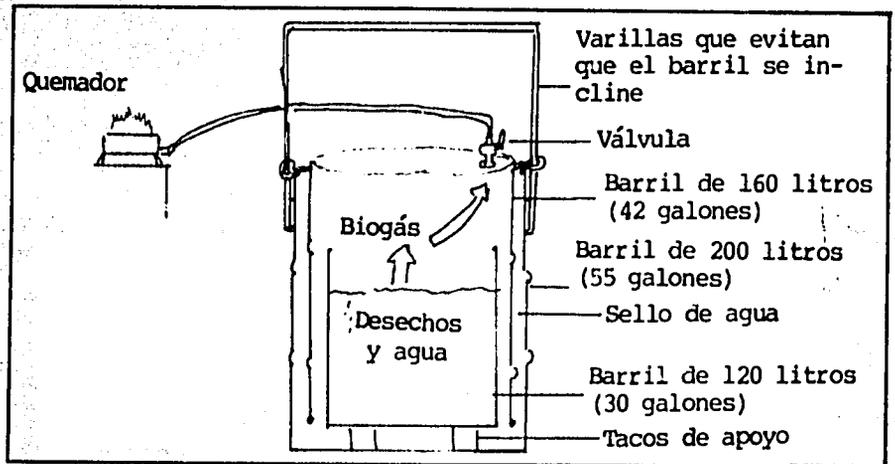


Figura 24. Barril generador de biogás.

Fuente: Tillman, Livellara y Vose. No publicado.

Si bien no están libres completamente de gérmenes patógenos, todos los huevos de esquistosomas quedarán inactivos. Los digestores de biogás necesitan más refinamiento, pero incluso en una etapa primitiva, absorberán los desechos de una comunidad devolviéndolos como productos muy útiles.

Los digestores, que no son otra cosa que sistemas de descomposición microbiana, ofrecen un gran potencial para los países en desarrollo. La experimentación con este tipo de unidades en una aldea o en un nivel multifamiliar mejorará la tecnología y reducirá los costos de construcción. La práctica generalizada de descomposición controlada podrá aliviar la escasez de energía, devolver al suelo valiosos nutrientes, mejorar la capacidad de retención de agua en los suelos porosos, reducir la contaminación del agua superficial y subterránea, y bajar la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua. Los altos costos iniciales valen muy bien la pena para obtener beneficios múltiples a largo plazo, tanto en su aspecto ambiental como económico.



6. EL AGUA Y LA AGRICULTURA

*"Y del agua salieron todos los seres
vivientes"*

El Corán

El papel que desempeña el agua en la agricultura es bien conocido, especialmente por los agricultores de las regiones áridas y semiáridas del mundo. El buen crecimiento de los cultivos depende de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, de luz, de sol y agua suficientes para la germinación de la simiente, del crecimiento, la floración y la maduración. Los países en desarrollo tienen, casi todos ellos, mucha luz solar y grandes áreas vírgenes de tierras potencialmente arables. En las partes más húmedas de los trópicos la práctica más común es el cultivo a base de agua de lluvia. En estas áreas, el factor limitante para la productividad de los cultivos es la baja fertilidad del suelo. El agricultor debe controlar muy de cerca el movimiento del agua sobre el terreno a fin de minimizar la pérdida de los nutrientes del suelo y los cambios en la estructura del mismo.

En las regiones áridas y semiáridas existe poca duda de que el agua constituye el factor limitante, por lo que los agricultores deben seleccionar los cultivos que necesitan menos cantidades de agua y desarrollar técnicas para conservarla, y descubrir métodos que proporcionen a los cultivos otro tipo de agua que no sea la proveniente de la lluvia. En términos generales, los suelos en las regiones áridas y semiáridas tienden a ser más fértiles que los del trópico húmedo. Las excepciones serían los suelos aluviales de las planicies inundables en los grandes sistemas hídricos tropicales. Estos suelos son fértiles tanto en los trópicos húmedos como en los secos.

Históricamente, el tipo de agricultura que se practica en los trópicos ha reflejado la naturaleza del medio ambiente. En el trópico húmedo los agricultores han desarrollado la práctica de "corta y quema", sembrando en las manchas que quedan después que el bosque es cortado y quemado. Las nuevas plantas sacan el beneficio de los nutrientes que se desprenden de las cenizas durante dos o tres años. Cuando esos nutrientes se agotan el agricultor se muda a un nuevo sitio repitiendo el mismo proceso de corta-quema-siembra, permitiendo que la parcela abandonada recupere los nutrientes lentamente hasta convertirse nuevamente en bosque. Este sistema, que todavía es empleado extensamente en los trópicos húmedos, provee vastos cultivos si las densidades de poblaciones humanas son bajas y si las parcelas abandonadas tienen suficiente tiempo para formar otro bosque antes de que sea cortado otra vez. Las presiones agrícolas cada vez mayores y los cambiantes patrones de propiedad de la tierra han acortado el período de barbecho (tiempo para la regeneración natural), de modo que no hay tiempo suficiente para que los suelos se surtan de los nutrientes necesarios para buenos cultivos. Además, mientras se corten más y más bosques nuevos para fines agrícolas, los servicios ambientales ocultos realizados por los mismos bosques naturales se pierden irremisiblemente. Dichos bosques, además de acumular y almacenar nutrientes, protegen los suelos, retienen agua (en las plantas y en el mismo suelo), proveen habitat para animales silvestres y plantas autóctonas, ofrecen refugio para las poblaciones aborígenes, purifican el

aire, moderan el microclima y mantienen un depósito para la información y características genéticas contenidas en los miles de especies de plantas y animales; algunas de estas especies se encuentran solamente en los bosques húmedos, y muchas de ellas incluso no han sido todavía descubiertas por la ciencia. La velocidad de remoción de bosques húmedos naturales es causa de alarma en todo el mundo; por lo tanto, estas prácticas agrícolas deberán ser modificadas a fin de que se pueda obtener un máximo de producción de cada hectárea cortada, si se pretende que los bosques sobrevivan.

En los trópicos secos los patrones agrícolas eran diferentes, pero tenían el mismo concepto básico de agricultura de barbecho. Las tierras eran ocupadas a menudo por tribus nómadas que llevaban el ganado de un área a otra para aprovechar los pequeños abastecimientos estacionales de agua y forraje. En las regiones menos áridas, podría desarrollarse algún tipo de agricultura con un patrón de cultivo y barbecho, pero en este caso, se haría para obtener el beneficio de la humedad que se acumula en el suelo debajo de la vegetación natural o la producida por las tierras en barbecho. Si el período de barbecho fue suficientemente largo, la humedad del suelo aumentaría a un punto donde un cultivo podría ser sostenido durante más de una estación. Al igual que en los trópicos húmedos, las condiciones han cambiado debido a los aumentos de la población y las presiones de tenencia de tierras, lo que da como resultado períodos de barbecho más breves e inadecuados. Para cumplir con las necesidades agrícolas de las regiones áridas ha sido preciso introducir prácticas de riego, las cuales producen obvios beneficios, aunque también pueden crear muchos problemas complejos de tipo ambiental y social.

Muchos de los problemas de la agricultura tropical radican en la mala aplicación de tecnología agrícola. Los agrónomos de los países desarrollados pretenden que las tecnologías que producen grandes excedentes de cultivos en zonas templadas podrían utilizarse en los suelos de climas tropicales. En un alto y penoso grado, los resultados de estas prácticas han sido desastrosos tanto en la esfera económica y social,

como en la ambiental. Aunque todavía hay algunos que intentan llevar a la práctica estas medidas, hemos llegado a la conclusión que los métodos para la agricultura en zonas templadas probablemente no van a tener éxito en los países tropicales en vía de desarrollo. A pesar de sus orígenes recientes, la investigación en zonas agrícolas tropicales ha producido resultados muy auspiciosos. Entre otras cosas, los estudios han estado orientados al desarrollo de recursos hídricos para fines agrícolas que causen el mínimo daño posible al medio ambiente.

EL AGUA COMO TRANSPORTE

Una rápida revisión de las relaciones agua-agricultura nos dará una base común para la discusión de proyectos que causen el mínimo daño posible al medio ambiente. Para bien o para mal, y a menudo en ambos casos, el agua moviliza cosas sobre las tierras agrícolas y dentro de las plantas. Sin tener en cuenta el tipo de fuente, el agua transporta materias a y desde los sitios agrícolas, tanto química como físicamente.

Transporte de sustancias químicas

Muchos minerales, nutrientes, pesticidas y otros productos químicos son disueltos y transportados por el agua mediante el escurrimiento superficial, los flujos subsuperficiales o la percolación.

Con la escorrentía superficial, el agua corre por gravedad hacia cauces y arroyos, recogiendo a su paso sustancias químicas, nutrientes y partículas de suelos. Según la magnitud de la escorrentía, la clase de materiales transportados, y la cantidad de partículas disueltas en el agua, el transporte de productos químicos puede dar como resultado un número de efectos negativos. El incremento de nutrientes puede promover un crecimiento descontrolado de algas y malezas acuáticas en las masas de agua. Estas plantas son capaces de cortar la luz solar a las plantas,

reduciendo así su capacidad para el proceso de fotosíntesis. A medida que las algas y malezas van muriendo, la descomposición de éstas hace que el oxígeno existente en el agua disminuya, lo cual, al juntarse con la disminución de la fotosíntesis, trae como consecuencia la muerte de peces y de otros seres acuáticos. Los pesticidas que transporta el escurrimiento también son mortales para los organismos acuáticos aún en concentraciones muy bajas. El exceso de nitratos y fosfatos provenientes de los fertilizantes utilizados en agricultura constituye un peligro para la salud cuando se mezcla con los abastecimientos de agua doméstica, pues la contaminan.

La percolación puede movilizar los nutrientes debajo de la zona de las raíces de las plantas, donde resultan inútiles para la agricultura. Esta es la razón principal de la falta de fertilidad de los suelos tropicales en áreas que reciben más de 2.000 mm de lluvia anual. La cantidad y frecuencia de la percolación profunda depende de la estructura de los suelos, de la cantidad de materiales orgánicos que hay en ellos, de la cubierta vegetativa (cantidad y tipo), de la cantidad de lluvia, y de la formación geológica subyacente.

Sin embargo la percolación tiene también efectos beneficiosos. La percolación es necesaria para que el agua subterránea pueda recargarse. Otro de los beneficios es la movilización de sales disueltas que entran profundamente en el suelo, en lugares donde no causan ningún daño a las plantas. Un gran porcentaje de los suelos áridos contiene altos niveles de sal, y la percolación es necesaria para eliminar esas sales antes de que las semillas sean plantadas.

Transporte físico

Las gotas de lluvia que caen sobre suelos sin protección golpean con fuerza increíble; esta fuerza es suficiente para desalojar partículas y llevarlas a otros lugares. En cierta forma, este movimiento -- o erosión -- es un proceso natural y necesario dentro del ecosistema. Es necesario

tener un flujo de nutrientes en el medio ambiente acuático para mantener los sistemas biológicos. Los ricos valles y planicies de los suelos se derivan de la erosión de una era geológica antigua, y la fertilidad de las planicies inundables es enriquecida por los incrementos anuales de las altiplanicies aguas arriba. La erosión, por lo tanto, es una parte importante de los ecosistemas naturales, pero puede tener resultados desagradables cuando el hombre toma parte en ella en forma excesiva.

El agua que lleva las partículas de suelo suspendidas se va deteniendo cuando la topografía se hace más empinada. Cuando la velocidad disminuye, las partículas más pesadas se asientan formando sedimentos en los lagos y arroyos, las que pueden obstruir o desviar los cursos de agua, aumentar el potencial para las inundaciones, ensucian las turbinas y los instrumentos de enfriamiento, y matan la vida acuática. Los materiales suspendidos más ligeros no sólo disminuyen el paso de la luz solar, sino que además presentan un problema de filtración para los abastecimientos de agua para usos doméstico y comercial.

Desafortunadamente, algunos programas de desarrollo no han cumplido con las medidas necesarias para el control de la erosión y en realidad han aumentado la velocidad de la misma, causando por lo tanto un empobrecimiento aún mayor de la gente que se suponía iba a verse beneficiada con el proyecto. Casi en todos los casos, un examen más minucioso ha mostrado que el aumento de erosión constituía un costo innecesario que podría haberse evitado mediante una planificación cuidadosa y un pequeño gasto adicional.

FUENTES DE AGUA

Los que buscan desarrollar fuentes de agua para uso agrícola pueden guiarse por la presentación hecha en el Capítulo 4. Sin embargo, existen algunas diferencias que vale la pena hacer notar, ya que influyen en la planificación de proyectos. Por ejemplo, aunque no debería suponerse que

en los cultivos podría usarse sin peligro cualquier tipo de agua, los abastecimientos para uso agrícola no tienen que reunir normas tan altas como las que debe tener el agua potable. La presencia de pesticidas y nutrientes, y las altas poblaciones de bacterias y algas no perjudica necesariamente la utilización de este tipo de agua para la agricultura. En realidad, la presencia de aditivos puede resultar beneficiosas para la producción agrícola.

A diferencia de los requerimientos de agua para uso doméstico, las necesidades para uso agrícola son estacionales y se limitan a toda la temporada o a partes de una época de cultivos. Por lo general los proyectos a pequeña escala no proveen agua para riego durante todo el año. Los cultivos pueden seleccionarse con el fin de que aprovechen las ventajas que trae la temporada de lluvias, y podría necesitarce agua suplementaria solamente por cortos períodos al comienzo o al final de la época de crecimiento de los cultivos.

Los recursos hídricos para fines agrícolas pueden ser intermitentes. A diferencia de los requerimientos para el ser humano y para la industria, las plantas y otros cultivos no necesitan, en su gran mayoría, un flujo constante o grandes volúmenes de agua. Las necesidades de las plantas varían según el tiempo que requieren sus ciclos de vida (por ejemplo germinación, crecimiento, floración, maduración) y durante algunas etapas las plantas son capaces de sobrevivir con muy poca o prácticamente ninguna lluvia. Al utilizar el mismo suelo como un depósito de agua, las plantas pueden resistir largos períodos entre una lluvia y otra o entre riego y riego.

Debido a las diferencias existentes entre el uso agrícola y otros usos, el planificador tiene un campo de fuentes más amplio para desarrollar. Por ejemplo, una fuente superficial que es inaceptable para consumo humano a causa del florecimiento de algas o como consecuencia de contaminación fecal, puede ser sin embargo utilizada para riego. Por otro lado, el agua puede contener niveles de boro, por ejemplo, que pueden no

ser nocivos para el ser humano pero que resultan tóxicos para las plantas, o lo que es más común todavía, en las tierras áridas el agua puede contener sales que afectan el gusto pero que no son necesariamente dañinas para el ser humano; sin embargo pueden acumularse en el suelo y matar las plantas. De manera que mientras el tema del abastecimiento y de la calidad del agua es menos exigente para la agricultura, todavía existen importantes limitaciones.

UTILIZACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Debido a que la precipitación pluvial no puede incrementarse excepto mediante la utilización de tecnología costosa, que no siempre es confiable, deberán encontrarse formas para aumentar la utilidad agrícola haciendo uso adecuado de la cantidad de lluvia que cae. Existen varias posibilidades que pueden producir excelentes resultados.

Incremento de la Retención del Agua

El mejor método para retener la humedad en el suelo es mantener una buena cubierta vegetativa. El escurrimiento superficial es mayor cuando los terrenos se encuentran descubiertos de vegetación. A fin de que esta pérdida sea mínima, se está utilizando con buenos resultados la agricultura "sin labranza". Con este método la vegetación no es quemada ni pisoteada bajo el arado cuando se hace la preparación para la siembra. Sólo se abren ligeramente las áreas que reciben las nuevas semillas, y mientras comienza la germinación, las malezas son quitadas a mano. Una cubierta de plantas protege el suelo de los rayos directos del sol y evita durante todo el año la alta evaporación, al principio por las malezas y pastos, y más tarde por los mismos cultivos que van creciendo. Mediante esta técnica son controladas la pérdida de agua y la erosión.

Cuando sea necesario hacer tareas de labranza, el agua podrá mantenerse por más tiempo si los surcos siguen las curvas de nivel, cortando a través de las laderas en vez de ir arriba y abajo de las lomas. De esta forma los surcos actúan como barreras para contener el flujo del agua superficial. Las fajas de tierra no labradas también acumulan humedad para el siguiente cultivo. Si las fajas no labradas son cultivadas con legumbres (una gran familia que incluye alfalfa, trébol, frejoles y cacahuete) el suelo se enriquece con nitrógeno y puede cosecharse un cultivo. World Neighbors publica instrucciones baratas y fáciles de entender para hacer curvas de nivel (ver Apéndice I). Las terrazas constituyen otro medio para detener el escurrimiento superficial, aunque para ello es necesario un diseño cuidadoso y habilidades de construcción mayores que para las otras opciones.

Aumentando el contenido orgánico del suelo se obtiene una mayor retención de agua, y añadiendo humus al suelo o los residuos en el compostado, es retenida mayor cantidad de agua entre las partículas de dicho suelo. Para mejores resultados, el humus y el compostado deberían mezclarse en el suelo en forma muy ligera.

Un método muy bueno para retener el agua y reducir la erosión es cubrir el suelo con una capa orgánica, o cubrirlo también con los desechos provenientes de la agricultura. Los tallos, hojas y otras partes no comestibles de los cultivos, además de otros materiales que quedan de las cosechas y que quedan sobre la superficie del suelo, ayudan a reducir la evaporación y proveen una barrera física contra la erosión geológica e hídrica, a la vez que liberan nutrientes que el suelo aprovecha.

Selección de cultivos

En la mayor parte de las áreas los cultivos son seleccionados por otras razones que las de su eficiencia hídrica. Como resultado, dichos cultivos utilizan mucho más agua que otros que podrían producir la misma

cantidad de nutrientes. Algunos cultivos transpiran grandes cantidades de agua durante su período de crecimiento. Seleccionando cultivos con tasas más bajas de transpiración, como cebada, sorgo, mijo y frejoles, se pierde menos agua del pequeño abastecimiento que ofrece la precipitación pluvial. El cuadro 5 da un resumen del agua que necesitan algunas plantas.

CUADRO 5

NECESIDADES DE AGUA DE DISTINTOS CULTIVOS

Requerimiento de agua	Cultivo
Bajo	Cebada Frejoles Mijo Cebollas Papas Sorgo Tabaco Tomates
Moderado	Maíz Lino Soya Remolacha Batatas
Alto	Alfalfa Cítricos Algodón Uvas Arroz Henequén
Más alto	Bananas Cocoa Café Dátiles Caña de azúcar

Debido a que el agua utilizada la reglamenta en parte el período de crecimiento, los planificadores pueden conservar agua seleccionando los cultivos que maduran más rápidamente y que requieren menos agua. Con buenas lluvias, estos cultivos producirían cosechas más pequeñas que los tradicionales, o sea las variedades de alto rendimiento. Sin embargo, durante los años de limitada precipitación, dichos cultivos producirán rendimientos relativamente altos.

Muchas variedades han sido desarrolladas especialmente porque requieren muy poca agua para su crecimiento. Por ejemplo, el trigo de tallo corto se usa en tierras áridas debido a que transpira menos agua que las variedades de tallo más largo. En muchos casos se han desarrollado variedades que crecen mejor en zonas de clima más seco sin que reduzcan los rendimientos.

También hay cultivos que pueden seleccionarse por su capacidad de crecimiento con aguas de baja calidad. Las aguas salinas de algunas regiones áridas no se pueden utilizar en variedades que crecen bien en zonas templadas, pero existen algunas clases que toleran dichas aguas. Ciertas variedades de algodón, cebada, pasto, remolacha, aceitunas, dátiles y pistachos se han venido cultivando exitosamente en áreas que serían demasiado salinas para otros cultivos.

Otra posibilidad muy interesante y que puede dar muy buenos resultados, es cultivar plantas que no han sido explotadas tradicionalmente en la agricultura, pero que pueden prosperar en una gran diversidad de climas y suelos. La publicación de la National Academy of Sciences, Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value describe 36 posibles cultivos entre los que se incluyen cereales, raíces y tubérculos, hortalizas, frutas, oleaginosas, forrajeras y otros cultivos no comestibles. Algunas de las plantas son adaptadas para zonas de trópico húmedo, otras para el trópico seco, y otras más para ambientes salinos.

Tiempo para la plantación.

En la mayor parte del mundo todavía se determina la época de la plantación por otros métodos que no son precisamente los científicos. La plantación por medio de "señales" y "mensajes espirituales", o por fechas predeterminadas, es todavía una costumbre muy arraigada entre nosotros. Afortunadamente, algunas de las prácticas de plantación que parecen estar basadas en casos tradicionales o en sucesos supernaturales en realidad se fundamentan en el conocimiento obtenido a través de siglos de ensayos y pruebas y no pueden ser mejoradas. En otros casos, estos métodos no científicos pasan por alto los momentos más oportunos para plantar. Seleccionando la fecha más temprana de plantación, cuando la temperatura es más baja y la humedad del suelo más alta, los cultivos obtienen el máximo beneficio de la reducida evaporación y de la humedad residual del suelo. El planificador perspicaz tendrá en cuenta estas prácticas tradicionales para ver si maximizan la retención de humedad del suelo.

AGRICULTURA CON RIEGO

La agricultura con riego comprende una interrelación suelo-agua muy compleja, y esto no debería ser ignorado ni tomado a la ligera. Los beneficios agrícolas pueden ser altos, pero las repercusiones ambientales podrían reducirlos hasta el punto donde los costos excedan los mencionados beneficios, y a veces perduran hasta mucho después que el proyecto ha dejado de rendir utilidades.

El riego ha sido practicado desde hace más de cinco mil años. Algunos sistemas de riego practicados en Mesopotamia, Egipto, India, China y Perú que datan de miles de años, todavía están utilizándose. En la actualidad la tecnología del riego se está expandiendo rápidamente mediante ensayos, y los nuevos conocimientos permiten la introducción del riego en tierras submarginadas y a escalas más pequeñas. Sin embargo, las consecuencias ambientales de un sistema que ha sido mal planeado o mal

manejado siguen siendo peligrosas. Un libro reciente de Peter Stern, Small Scale Irrigation (ver Apéndice I), constituye la referencia más útil para cualquiera que desee planificar o implementar proyectos de riego a pequeña escala.

No existe ningún método de riego que sea "mejor". Un método adecuado, dependiendo de su situación, tendrá ventajas y desventajas, y la mejor selección tendrá que considerar un adecuado equilibrio entre ellas. El método más apropiado dependerá de varios factores, entre los cuales se incluyen:

Abastecimiento y calidad del agua

Distancia entre la fuente hídrica y las tierras que van a ser regadas

Topografía del lugar

Tasas de infiltración y percolación de los suelos

Capacidad de retención de agua del suelo

Características químicas del suelo

Requerimientos de humedad de los cultivos

Clima

Cantidad de fondos disponibles

Cantidad de mano de obra especializada y de mano de obra sin especialización

Prevalencia de enfermedades relacionadas con el agua

Experiencia en agricultura con riego

Costo de la energía.

A pesar de su extensión, esta lista no es exhaustiva ni está arreglada en orden de prioridades, pero ayuda a ilustrar la complejidad de las decisiones sobre riego.

Los proyectos de riego pueden tener efectos ambientales de largo alcance muy significativos sobre un área mayor que la del sitio del proyecto. Los programas de riego han causado fuertes incrementos en las enfermedades relacionadas con el agua, especialmente la esquistosomiasis y la malaria. Las tasas de infección por esquistosomiasis han saltado de un 10% hasta un 80% de la población local en algunas áreas donde se han hecho programas de riego. Las poblaciones de insectos, que normalmente tienen niveles bajos durante la estación seca, aumentan notablemente en sitios donde hay agua todo el año, incrementando, por lo tanto, el uso de costosos pesticidas para controlar la plaga. El riego también puede tener un fuerte impacto sobre la profundidad de la napa freática, la calidad de al agua, la productividad del suelo, y también puede influir en las consecuencias para la sociedad en términos de estructura familiar, patrones de movilización de seres humanos, nivel económico de agricultores y patrones de tenencia de la tierra con respecto a la propiedad de la misma. Como consecuencia de disputas sobre agua y prácticas de riego han habido hostilidades entre vecinos de un área, entre comunidades adyacentes e incluso entre países.

Así como los proyectos de riego afectan el medio ambiente, algunos factores ambientales pueden tener un impacto devastador sobre el riego. La deforestación y el mal manejo de las cuencas pueden inutilizar un sistema de riego bien diseñado. Los desechos industriales de fuentes situadas aguas arriba pueden matar los cultivos y hacer que los suelos resulten inadecuados para la agricultura. El aumento en la salinidad del suelo y los anegamientos pueden inutilizar las tierras agrícolas debido al mal control del agua, y esto sucede con frecuencia en proyectos a pequeña escala. Los planificadores deben tomar muchas precauciones para asegurar que los cambios ambientales fuera del área del proyecto no tengan efectos negativos incontrolables.

EFFECTOS DEL USO DE AGUA SUPERFICIAL PARA RIEGO

El agua para riego obtenida de fuentes superficiales, que por lo general es desviada a través de canales, zanjas o conductos cerrados, es comúnmente utilizada para proyectos a pequeña escala. La desviación del agua puede afectar los ambientes acuáticos y terrestres.

Ambientes acuáticos.

- La remoción de agua de ríos y arroyos reduce las corrientes aguas abajo, lo que disminuye el habitat para plantas y animales acuáticos.
- Después del riego, el agua que regresa a las fuentes superficiales es de calidad más baja que el agua original, y a menudo contiene sustancias mortales para los organismos acuáticos.
- Los ríos y arroyos con pendientes más bajas que entran al mar sufren una mayor intrusión de agua salada.
- Las corrientes reducidas de agua pueden causar mayor sedimentación en los ríos aguas abajo.

Ambientes terrestres.

- El riego puede aumentar la cantidad de agua subterránea hasta el punto en que la napa freática sube al área donde se hallan las raíces de las plantas. La napa freática alta inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos agrícolas a causa del anegamiento del suelo, de modo que no puede tener lugar el necesario intercambio de oxígeno entre las raíces y los poros del suelo.

La napa freática alta puede dejar agua estancada en la superficie, lo que ofrece sitios ideales para la cría de pestes que afectan a los cultivos, así como de microorganismos de caracoles y mosquitos transmisores de enfermedades.

Cuando aumenta la evaporación de las napas freáticas altas se forman residuos de sales, a menos que el agua se encuentre excepcionalmente libre de dichas sales. Estas pueden permanecer a niveles tóxicos durante un largo período, salvo que se tomen medidas al respecto. La salinización ocasionada por el riego inadecuado es la causa más común de cultivos abandonados en regiones áridas o semi-áridas.

LOS EFECTOS DE LA UTILIZACION DE AGUA SUBTERRANEA PARA RIEGO

Los efectos de utilizar agua subterránea para fines de riego son similares en muchos aspectos a las consecuencias de usar agua superficial, especialmente en el ambiente terrestre. Si el agua subterránea se aplica con exceso y se escurre para juntas con el agua superficial, los efectos serán similares a los que causa el regreso de los flujos provenientes de las fuentes superficiales, aunque el volumen de las corrientes podría incrementarse.

Sin embargo existe una diferencia significativa. La extracción de agua subterránea para riego causa el descenso de la napa freática, aunque no necesariamente en los campos regados. La napa freática más baja ocasiona efectos secundarios, los cuales deben ser considerados por los planificadores:

- Los pantanos, manantiales y vertientes pueden secarse. Estas áreas proporcionan un habitat para la vida silvestre.
- Las corrientes de ríos y arroyos pueden ser reducidas.

Los pozos excavados que se utilizan para abastecimiento doméstico podrían secarse.

La vegetación autóctona, sin poder llegar a la napa freática, podría morir. Los animales que dependen de las plantas nativas para su subsistencia desaparecerán o se convertirán en una peste para los cultivos. Las plantas raras o únicas en su género que se encuentran en el área podrían desaparecer.

PROBLEMAS PRINCIPALES DE RIEGO

Los efectos más frecuentes y negativos provenientes del riego son el anegamiento, la salinización y la alcalinización de los suelos, y el aumento de enfermedades.

El anegamiento es causado por la infiltración proveniente de los canales de riego o por la abundancia de agua cuando no hay un drenaje suficiente. Para corregir este problema habría que construir sistemas artificiales de drenaje, ya sea abriendo zanjas interceptoras colocadas a intervalos regulares en el campo o juntando y drenando el exceso de agua proveniente de los terrenos, o establecer drenajes subterráneos, consistentes en una serie de tejas perforadas o de tuberías plásticas o de concreto. El drenaje subterráneo aunque es más costoso, tiene la ventaja de que no ocupa el espacio de los cultivos, requiere menos mantenimiento y no provee habitat para microorganismos transmisores de enfermedades.

Muchos agricultores piensan que si un poco de agua es bueno, más agua es aún mejor; por lo tanto tienen la tendencia de regar utilizando más agua de la necesaria. Una de las formas de incrementar la eficiencia del riego es estableciendo un gravamen sobre el agua. Incluso si se impone una contribución mínima, los agricultores estarán menos inclinados a malgastar el precioso líquido. Las contribuciones podrían utilizarse para pagar los servicios rutinarios de mantenimiento del sistema.

La salinización es la acumulación de sales minerales - sodio, calcio, magnesio o potasio - en las capas superiores del suelo, incluyendo la zona de raíces de la planta. Una corteza o polvillo blancuzco sobre la superficie es una característica de salinización severa, aunque el rendimiento de los cultivos declina antes que aparezca dicha corteza. La llamada salinización secundaria tiene lugar cuando el agua subterránea sube de nivel, llevando las sales hacia las raíces, y la evaporación en la superficie deja las sales debajo. Si los terrenos están bien drenados y se les aplica suficiente agua, las sales por lo general se filtrarán fuera de la zona de las raíces sin afectar el crecimiento de la planta. Es una lástima que el drenaje para riego no reciba el mismo grado de atención que tiene el desarrollo de abastecimientos de agua.

La alcalinización es un problema menos común, pero mucho más serio que la salinización. El agua subterránea alcalina o las aguas para riego ricas en sodio, pueden aumentar los iones de sodio en las capas superiores del suelo mediante los mismos procesos que causan la salinización. Los iones de sodio cambian la estructura de los suelos haciéndolos más difíciles para la labranza y casi impermeables al agua. La alcalinización puede ser disminuida por medio de drenajes profundos en forma horizontal, con la aplicación de grandes dosis de abonos orgánicos y por el uso permanente de ácidos, pero un cuidado eficaz requiere análisis experto y tratamiento adecuado.

En el Capítulo 3 ya se ha hablado sobre las enfermedades asociadas con el riego y con otros proyectos hídricos.

MÉTODOS DE RIEGO

El tipo de riego seleccionado para un proyecto a pequeña escala depende de muchas variables; cada método tiene sus ventajas. Algunos tienen requerimientos específicos de sitios, agua y materiales. En un breve resumen de los diferentes métodos se pondrán de relieve algunos de los beneficios y limitaciones de cada tipo.

Método de regadera

La forma más simple de riego es la utilización de una lata o regadera. En esta forma un hombre puede regar una huerta de unos 500 metros cuadrados si la fuente hídrica se halla a una distancia cercana a la parcela. En cambio, si se encuentra a 500 metros, sólo podría regar 250 m². Esto demuestra la clara desventaja que ofrece el método.

Marmitas de arcilla enterradas

Al igual que con la regadera, este método exige mucho trabajo pero requiere muy poca inversión de capital. Se entierran en el suelo, cerca de las semillas que han sido sembradas, unas marmitas elaboradas con arcilla cruda y sin barniz. Los recipientes se llenan con agua y se cubren con sus tapas. La humedad se va infiltrando lentamente a través de los lados de la marmita en cantidades suficientes para mantener varias plantas. Las marmitas se van llenando cuando es necesario.

Las marmitas pueden ser construidas por trabajadores inexpertos, y los niños pueden ayudar a mantener el sistema. Como los recipientes están cubiertos, no proveerán sitios de cría para caracoles y mosquitos. El agua es conservada porque la infiltración no excederá los requerimientos de las plantas y la evaporación es mínima. Tampoco hay peligro de anegamiento o de salinización, y la técnica se adapta muy bien a la agricultura que no requiere labranza. También pueden utilizarse otros materiales en lugar de las marmitas, como por ejemplo tubos de bambú, calabazas o latas con cubiertas de malla fibrosa, siempre que los recipientes tengan pequeñas aberturas.

Ambos métodos son económicos en cuanto al gasto de agua pero exigen mucho trabajo. Se utilizan mejor con cultivos frutícolas y hortícolas, donde las plantas tienen alto valor y se encuentran bien espaciadas, a fin de que la humedad de los recipientes alcance el sistema de raíces.

Riego por inundación.

Este método es ampliamente utilizado y resulta fácil de operar. Las cuencas o depresiones del terreno, que varían en tamaño desde un metro cuadrado a varias hectáreas, se hallan rodeadas por terraplenes bajos de 30 a 50 cm. El tamaño de la cuenca dependerá de la propiedad de las tierras, de la topografía y de las características de los suelos. Debido a que estas cuencas deben estar a nivel, el movimiento de tierra puede reducirse si se utilizan cuencas más pequeñas. Cada una de éstas recibe el agua de tuberías o de acequias hasta que se empapa el suelo. Cultivos como arroz, algodón, cereales, maíz, cacahuate, hortalizas y árboles frutales pueden ser regados con este método. En realidad, si cada huerto frutal tuviera una cuenca de este tipo se doblaría su función como pequeña cuenca de captación del agua de lluvia.

El ingreso del agua deberá ser cuidadosamente regulado a fin de que no sature la zona radicular de las plantas durante períodos prolongados. Para otros cultivos, excepto el arroz, no se debería permitir que el agua quedara por más de 24 horas.

Las cuencas son ordenadas en lugares adyacentes a los canales de abastecimiento y el agua pasa a través de compuertas o sifones en cada una de ellas según las necesidades. Lo ideal es que las cuencas se construyan en forma de rectángulos angostos con el largo eje perpendicular al canal de abastecimiento a fin de que el mayor número de agricultores pueda beneficiarse con un sólo canal (figura 25).

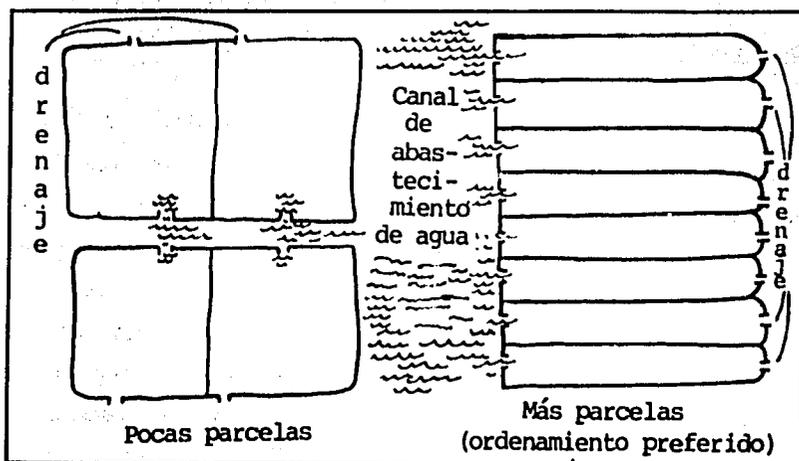


Figura 25. Ordenamiento de cuencas

El riego por inundación no requiere mayor capital y se necesita muy poco equipo para desarrollarlo. La nivelación de tierras puede hacerse a mano o utilizando animales de tiro. Los terraplenes también pueden construirse y mantenerse con herramientas de mano.

Este tipo de riego plantea peligros para la salud, ya que ofrece sitios para la cría de caracoles y mosquitos. El anegamiento y la salinización constituyen también una amenaza a menos que se le provea de drenaje. Los terraplenes pueden ser destruidos por las bestias de tiro o por los animales silvestres. La erosión no constituye un problema serio.

Riego con rebordes.

Este método de riego utiliza terraplenes paralelos de unos 20 a 25 cm de alto para guiar el agua hacia abajo de una larga y ligera pendiente, regando así la faja de tierra entre dos terraplenes (figura 26). El ancho entre los terraplenes (3-30 metros) y la extensión de los mismos (100-800) dependen del abastecimiento de agua, de la permeabilidad del

suelo y del grado de la pendiente. Periódicamente se hace pasar el agua por la entrada, la que correrá pendiente abajo infiltrándose en el suelo. Si se deja pasar una cantidad adecuada de agua, toda ella se habrá infiltrado cuando la línea de agua que va adelante alcance la otra orilla, con lo que el riesgo de anegamiento, salinización y enfermedades será muy pequeño. Los drenajes construidos en la parte más baja, al final, eliminarán todo exceso de agua. El éxito de este sistema depende de que se comprenda la relación entre pendiente y tasa de infiltración, de modo que esto no es adecuado para proyectos a pequeña escala.

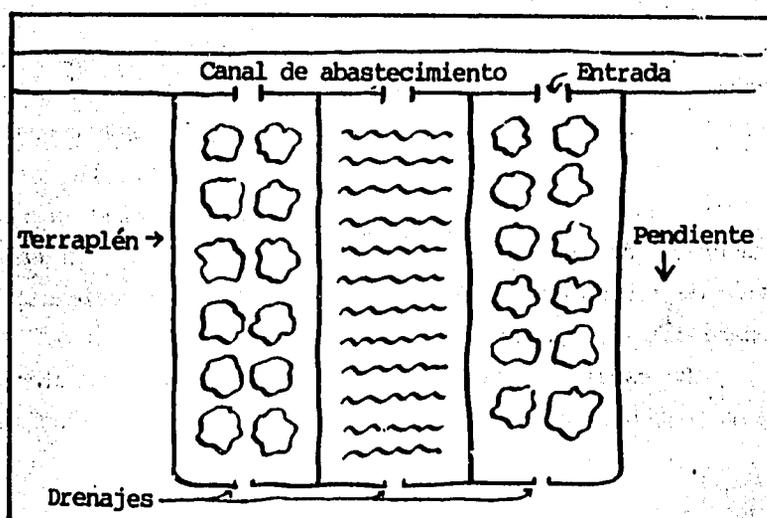


Figura 26. Riego con rebordes

Riego libre.

Este método consiste en soltar agua a través de las compuertas de un canal ubicado en el borde superior de un campo con pendiente. El agua corre libremente campo abajo, a menos que sea desviada por la intercepción

de algún dique. Este método se aprovecha mejor en pastos o cultivos para forraje, donde el suelo expuesto es mínimo. La eficiencia es baja ya que el agua que se suelta no está precisamente controlada.

Riego por surcos.

Este método consiste en llevar agua a través de pequeños canales (surcos) entre hileras de cultivos. El agua corre hacia abajo en pendiente ligera hacia una zanja de drenaje. Con frecuencia se usa para cultivos de hortalizas o frutales de alto valor y constituye el método de riego más complejo de canal abierto. Es necesario hacer nivelación del terreno y los surcos requieren atención constante. El riego por surcos puede producir excelentes resultados y puede adaptarse a trabajos de pequeña escala. En sistemas de magnitud, los canales son con frecuencia profundos y el agua es controlada mediante compuertas. En los pequeños sistemas, los canales de abastecimiento pueden excavarlos a mano y es posible hacer la desviación de aguas mediante aberturas en cada surco. La extensión de los surcos puede determinarse por la experiencia debido a que dependerá del flujo del agua y de la porosidad del suelo. Para proyectos a pequeña escala, el método se utiliza mejor para cultivos de alto valor que no pueden tolerar condiciones variables de precipitación.

Riego por aspersión

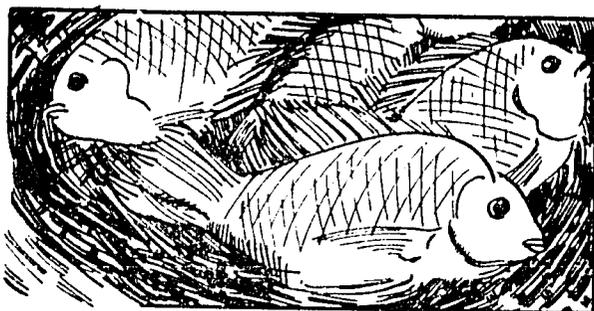
Este método de riego es ampliamente usado en los países desarrollados, pero por lo general no es apropiado para proyectos a pequeña escala. El agua es rociada sobre los cultivos o debajo de ellos utilizando pulverizadores de alta presión. Los materiales, por lo general

importados, son costosos y requieren reemplazos frecuentes. El sistema es muy eficiente y elimina la mayoría de los riesgos para la salud. Debido a que los volúmenes de agua pueden ser regulados con mucha precisión, es muy poco probable que haya problemas de anegamiento o de salinización. Desafortunadamente, es poco probable que este método pueda utilizarse en proyectos rurales de pequeña escala debido a su alto costo.

Riego por goteo

Este método es una versión más técnica del sistema conocido como marmitas de arcilla, aunque es muy costoso de instalar y mantener. Con este método se lleva pequeñas cantidades de agua a través de mangueras o tuberías. Las pequeñas aberturas de las tuberías se tupen fácilmente, por lo que el agua debe ser filtrada con antelación. Es posible que pueda usarse algún material local, como el bambú, pues de otro modo el costo sería prohibitivo. Esto es una de las desventajas, ya que este tipo de riego puede ser muy eficiente y elimina los problemas ambientales que tienen otros sistemas.

Nota del autor: Antes de embarcarse en un proyecto de riego debería consultarse la obra titulada Small Scale Irrigation, de Peter Stern, ya que se trata de una fuente de información sumamente útil.



7. PRODUCTOS ACUATICOS

*"Y El ha fijado el equilibrio a fin
de que ellos no puedan transgredirlo"*

El Corán

El cultivo de productos acuáticos puede proveer complementos importantes para la nutrición y para la economía de áreas locales. Los proyectos dedicados al cultivo de peces de rápido crecimiento han sido muy exitosos y tienen un gran potencial en países donde hay deficiencia de proteínas. En varios países se han hecho recolecciones anuales de más de mil kilogramos por hectárea, y la tecnología es adecuada para uso en otras áreas. Sin embargo, el éxito de las técnicas de cultivo artificial, como por ejemplo los estanques de peces, no debería opacar otras alternativas, como las que incluyen la cosecha de plantas naturales o de productos animales y para otros usos que no sean las necesidades de nutrición. Pueden explotarse muchas plantas y animales sobre la base del rendimiento sostenido para proveer materia prima para artesanías, como joyería, ropas de vestir o muebles. Si además de eso, el animal o la

planta pueden proveer alimentos, la tarea resulta mucho más provechosa aún. Es obvio que si un proyecto de acuicultura depende del agua dulce, estará mucho más adecuado a los trópicos húmedos que a las regiones áridas.

LINEAMIENTOS AMBIENTALES PARA PROYECTOS DE RECURSOS NATURALES

- A pesar del valor económico que tengan, las especies raras o aquellas que se encuentren en peligro de extinción no deberían explotarse. A pesar de que las restricciones internacionales van en aumento, todavía es una práctica generalizada el comercio de animalitos y de pieles y cueros de estas especies. Desafortunadamente, cuando las especies se van tornando raras o escasas, su valor económico aumenta, lo que hace que el comercio ilegal sea mayor. La gente que trabaja en proyectos de desarrollo debería desalentar este tipo de actividad.
- Los proyectos deberían estar orientados al rendimiento sostenido. La proporción de los beneficios de las cosechas, tanto en lo que respecta a plantas como animales, no debería exceder a la tasa de reproducción natural de los recursos.
- El proyecto no debe poner en peligro la existencia de animales en la cadena alimentaria. Si una planta o un animal dado constituye una fuente de alimentos para animales más grandes, no debería quitarse de modo que no sufran otros animales de ese ecosistema.

TIPOS DE PRODUCTOS NATURALES PARA PEQUEÑOS PROYECTOS

La producción de pesca nativa está generalmente bien establecida, aunque en muchas áreas no se pescan ciertas especies debido a que no existen mercados para ellas. Los que trabajan en este tipo de desarrollo deberían examinar la forma en que operan los pescadores locales a fin de

determinar si algunas clases de peces son desechadas en forma rutinaria, y si es posible que con nuevos métodos de procesamiento o preparación como harina de pescado, se logrará ganar la aceptación de la comunidad y agregar así una fuente proteínica a la misma.

Los mariscos son frecuentemente ignorados como fuente alimenticia, y esto ocurre simplemente porque ciertas personas tienen muy poca o ninguna experiencia con respecto a su preparación o utilización. Las almejas y mejillones, e incluso los caracoles, constituyen una excelente fuente de alimentos y sus conchas pueden utilizarse en joyería o para fabricar adornos que pueden venderse en las áreas urbanas. Sin embargo es preciso hacer una advertencia: Los moluscos acumulan sustancias tóxicas y bacterias que transportan enfermedades. El agua no debe estar contaminada si los moluscos van a ser utilizados como alimento.

Las plantas nativas también pueden utilizarse como alimentos y como materiales para artesanías. Las plantas conocidas normalmente como malezas a menudo producen hojas, tubérculos o semillas que pueden ser muy nutritivas. Hay que tener cuidado porque a veces puede haber en ellas algunos componentes venenosos, aunque casi todas las plantas se vuelven inofensivas después de cocinadas.

Las semillas de plantas nativas han sido utilizadas para confeccionar artículos decorativos o para joyería. Las fibras de hojas y tallos pueden usarse en mueblería y para hacer artículos para el hogar, cordones, etc. Otros productos de plantas pueden incluir resinas para combustibles, tinturas y sustancias pegantes. Las plantas autóctonas, incluyendo algunas muy dañinas como las malezas que obstruyen las vías acuáticas, pueden utilizarse como cobertura para cultivos, paja para establos y para forraje. Las características de insecticida que tienen algunas plantas pueden reducir las infecciones de insectos de los animales si dichas plantas se utilizan en los establos del ganado.

PROYECTOS DE ACUACULTURA

Los proyectos de acuicultura bien planificados para la producción de pescado, algas marinas, tortugas o mariscos, pueden rendir muchos beneficios para la comunidad sin que afecte la calidad del medio ambiente.

La antigua práctica conocida como piscicultura es más común que la del cultivo de tortugas y de mariscos y pueden utilizarse como modelo para discusión.

Las variedades más populares de peces para cultivo son la carpa y la tilapia, una especie proveniente de África. La popularidad de la carpa se debe a su rápido crecimiento y a la alta productividad en estanques bien manejados y fertilizados con excrementos humanos. La especie más común de carpa incluye la plateada (Hypophthalmichthys molitrix) y la cabezona (Amstichys nobilis), que se alimenta de plancton; la carpa común (Cyprinus carpio); la carpa de lodo (Corrhina molitcrella), que se alimenta de detrito, y la carpa de pasto (Ctenopharyngodon idella), que se alimenta de las malezas que crecen en los estanques y lagunas. Los chinos mezclan con frecuencia estas especies con el fin de aumentar al máximo la producción de las diferentes fuentes de nutrientes de las lagunas.

Las tilapias son muy prolíficas, con rendimientos posibles de más de 2.000 Kg/ha en lagunas fertilizadas. Las más comunes (rebautizadas Sarotherodon sp.) para piscicultura son las pertenecientes a las especies S. mossambicus y S. niloticus, que se alimentan de algas.

Para preparar un proyecto de piscicultura habrá que tener en cuenta varios factores de tipo ambiental, y en primer lugar la cantidad de agua de la que dispondrán las lagunas. El abastecimiento de agua deberá ser adecuado para llenar los estanques o albercas, y además habrá que reponer el agua que se pierde a través de la evaporación o la filtración. El agua deberá estar libre de elementos tóxicos y si los estanques

no se hallan revestidos, el suelo deberá ser relativamente impermeable al agua.

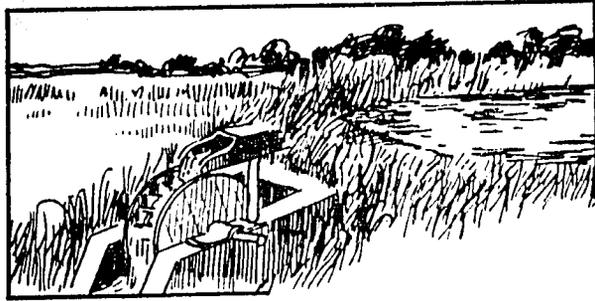
Para evitar los grandes trabajos de nivelación, la topografía del lugar donde estará el estanque deberá ser considerada con mucha atención. Los sedimentos acumulados en el fondo y los desechos orgánicos no deberían descargarse en los cursos de agua, pues llevarían contaminación; en lugar de eso habría que quitarlos y depositarlos en las tierras agrícolas - si se encuentran cerca - donde servirán como valiosos nutrientes.

La piscicultura también puede ser practicada en cursos de agua naturales. En Indonesia se contruyen unas jaulas (karambas) con espaciamiento de uno a cuatro centímetros entre barras. Las jaulas contienen carpas pequeñas y se hallan ancladas en los ríos. Después de dos a tres meses los peces doblan su peso y pueden extraerse de una karamba 5075 kg de pescado, con un volumen de tan sólo un metro cúbico. Este tipo de piscicultura es apropiado para ríos y estuarios ricos en nutrientes.

Existen grandes peligros de enfermedad para el ser humano en la mayoría de los proyectos pisciculturales, especialmente donde los estanques se hallan fertilizados con excretas. La amenaza aumenta si la gente come el pescado crudo o parcialmente cocinado.

La incidencia de trematodos del hígado (Clonorchis sinensis) y del pulmón (Paragonimus) y la tenia de pescado (Diphyllbothrium sp.) aumenta, ya que cada uno de estos parásitos busca el pez para depositar las larvas infectadas. El cocimiento o el secado destruyen la mayor parte de los parásitos alojados en el pescado, pero esto no reduce los niveles de esquistosomiasis o de malaria, enfermedades que se encuentran asociadas con la cultura acuática.

En Freshwater Fish Pond Culture and Management, de Marilyn Chakroff, se puede encontrar una descripción más completa y técnica sobre piscicultura (ver Apéndice I).



8. AGUA Y ENERGIA

*"Los tontos corren en los sitios
donde los genios temen andar despacio"*

Anónimo

El desarrollo de energía barata y descentralizada utilizando recursos renovables está comenzando a atraer una considerable atención para proyectos a pequeña escala. Los adelantos recientes logrados con dispositivos accionados por energía solar, generadores utilizando molinos de viento y biogás, están estimulando su uso a pequeña escala. Es natural, que el agua sea considerada también como una fuente de energía barata. Desgraciadamente, los dispositivos accionados por agua no son tan seguros como las otras alternativas.

El agua puede utilizarse para activar una bomba, como en el caso de un ariete hidráulico. Se usa para bombear agua a lugares más altos que los de la fuente original, siempre que la topografía le permita tener una caída libre entre la fuente y la bomba. Este tipo de bomba no puede

sacar toda el agua que cae debido a que más del 80% de esa agua es usada para energía y menos del 20% es realmente bombeada a un lugar más alto. Por esta razón, este tipo de bomba es útil solamente en áreas donde hay agua abundante o en los casos en que el agua cae para otros fines.

Durante siglos el agua ha sido usada para accionar ruedas hidráulicas. Los diseños no han cambiado de manera apreciable desde entonces y lo que es más, no han sido adaptados a las grandes fluctuaciones de las corrientes encontradas en el trópico. Por lo general las ruedas no son suficientemente firmes para soportar las corrientes turbulentas de las estaciones lluviosas, y puede que no tengan suficiente agua para funcionar durante la estación seca. Las acequias o canales que podrían dirigir parte de las corrientes de un río a una rueda hidráulica llevan todos los impactos negativos de la desviación de los cursos de agua y son muy costosos.

Los proyectos hidroeléctricos de poca caída son mencionados muchas veces como obras a pequeña escala, pero resultan pequeños únicamente en relación con los gigantescos proyectos que cuestan millones de dólares. El costo de turbinas hidroeléctricas para baja caída, transformadores y facilidades de distribución, está todavía más allá de la meta de los proyectos discutidos en este manual.

Cualquier tipo de proyecto que se lleve a cabo en los trópicos enfrentará problemas de desarrollo. En las regiones áridas, el agua por lo general está muy limitada para proyectos a pequeña escala. En el trópico húmedo, las corrientes muy fuertes son difíciles de contener a bajo costo. Con la rápida expansión de los programas de electrificación rural en los países en desarrollo, los pueblos podrían presionar para obtener del gobierno central una expansión de la distribución eléctrica y concentrar sus esfuerzos de desarrollo hídrico en otros sectores, tales como tratamiento de agua y saneamiento. Por otra parte, a menos que la comu-

nidad haya tenido experiencia con maquinaria de tipo hidroeléctrico, es difícil obtener apoyo comunitario para esta clase de proyectos.

La maquinaria hidroeléctrica también requiere mantenimiento constante y especializado. En la mayoría de los casos no vale la pena el esfuerzo, fondos y materiales para obtener una pequeña cantidad de energía derivada de artefactos eléctricos rudimentarios, sobre todo cuando esa energía viene en una forma que no es la más útil, como calefacción o electricidad. Para proyectos de energía a pequeña escala es más aconsejable mirar hacia fuentes energéticas más promisorias, como por ejemplo la producción de energía solar, eólica o de biogás.



9. PLANIFICACION¹

"¿Por qué interesarse en la gente? Porque la gente es el recurso principal y final de toda riqueza, cualquiera que sea. Si la gente es dejada de lado o ignorada por aquellos que se autodenominan técnicos y por planificadores arbitrarios, entonces nada podrá rendir verdaderos frutos"

E.F. Schumacher

El término planificación, como es usado en este manual, se refiere al proceso de pensar, a través de un proyecto de desarrollo hídrico, en función de todos sus componentes y en la forma en que se relacionan. Incluye la determinación de objetivos, selección de estrategias para cumplirlos sobre una base sostenida, evaluación de costos y beneficios (incluyendo los costos ambientales), y el desarrollo de medios orientados a proteger el proyecto en una proyección hacia el futuro.

(1) Adaptado de "The Planning Framework", de Laurel Druben, Proyectos Agrícolas en Pequeña Escala y Ambientalmente Consistentes, 1979.

El propósito de este capítulo no es reemplazar las muchas metodologías para la planificación de proyectos que se encuentran disponibles, sino más bien ofrecer un proceso de planificación que ponga énfasis en los proyectos hídricos que resulten ambientalmente seguros. Los planificadores de desarrollo con experiencia no necesitan ser convencidos de la necesidad de bosquejar algunos de los pasos seguidos aquí, aunque es posible que algunos de los materiales que se relacionan específicamente con los proyectos hídricos sean de interés y puedan ser incorporados dentro de otras metodologías. El proceso de planificación se describe aquí para beneficio de aquellos planificadores que quieran hacer una revisión de todo el proceso.

La adecuada planificación de proyectos de desarrollo de recursos hídricos de pequeña escala no requiere, necesariamente, mucho tiempo. Se sabe que en muchos casos se necesitan estos procesos para hacer frente a una grave crisis que exige soluciones inmediatas y que pueden surgir algunos riesgos ambientales que podrían ser ineludibles. Sin embargo, incluso los objetivos a corto plazo pueden cumplirse más existosamente si el planificador conoce algunos de los métodos de planificación realmente básicos y sabe hacer las preguntas más adecuadas.

UN PROCESO DE PLANIFICACION

En la figura 27 se muestra un proceso de planificación seguro y flexible. Examinando el diagrama en una perspectiva general del proceso de planificación, podemos ver los componentes en forma más detallada cuando se aplican a proyectos de desarrollo de recursos hídricos.

LINEAMIENTOS PARA PROYECTOS HIDRICOS DE PEQUEÑA ESCALA
AMBIENTALMENTE SEGUROS Y MANTENIBLES

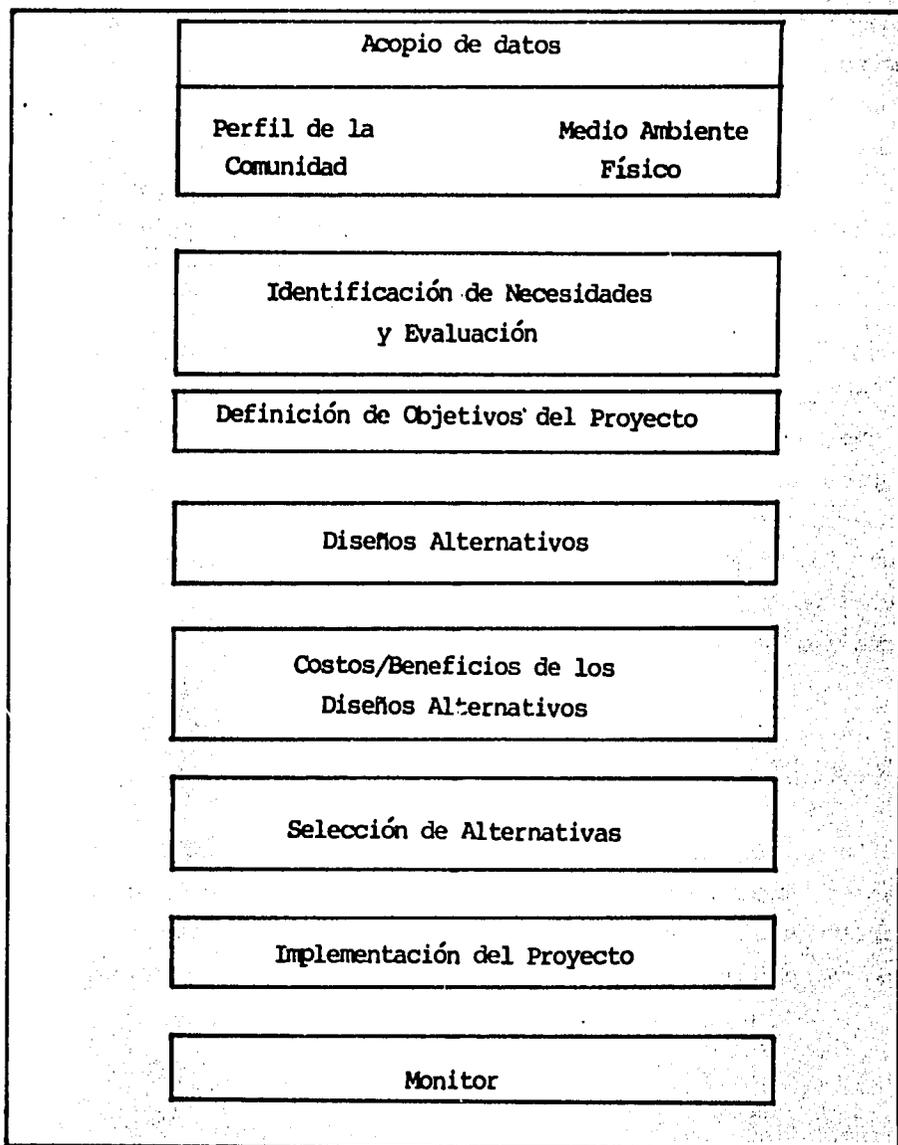


Figura 27. Un Proceso de Planificación

LINEAMIENTOS PARA PROYECTOS HIDRICOS DE PEQUEÑA ESCALA AMBIENTALMENTE SEGUROS Y MANTENIBLES

La fijación de lineamientos es el primer paso de la planificación. Dichos lineamientos proveen normas para el diseño y la evaluación de opciones alternativas de proyectos. Estos lineamientos pueden ser desarrollados para consideraciones ambientales, sociales, económicas y culturales. Debido a que este manual se encuentra principalmente relacionado con temas ambientales, los lineamientos para proyectos mantenibles ecológicamente recibirán más atención. Los lineamientos ambientales requieren que los proyectos observen lo siguiente:

- Mantener o mejorar la calidad del agua;
- Usar eficientemente el agua;
- Proteger las plantas y animales nativos;
- Usar las organizaciones sociales y valores culturales existentes para la rehabilitación y conservación del medio ambiente;
- Incluir planes para la protección de especies nativas y áreas silvestres que no han sido alteradas.
- Mantener o aminorar los actuales niveles de enfermedades transmitidas por el agua.
- Asegurar un mantenimiento a largo plazo de los recursos hídricos.

Si fuere necesario podrían añadirse otros lineamientos ecológicos más específicos, tales como el mantenimiento de especies en peligro de extinción, o la conservación de un habitat considerado único en su género.

Además de los criterios ambientales, la persona que trabaja en este tipo de desarrollo podría utilizar criterios o lineamientos que reflejen

los principios del adecuado desarrollo tecnológico. Por lo tanto, el proyecto debería tener en cuenta lo siguiente:

- Hacer un uso óptimo de los materiales y recursos humanos disponibles localmente;
- Contar con el apoyo y la participación de la comunidad;
- Tener como base la identificación de la comunidad y/o las necesidades de la misma;
- Aumentar el potencial para la autoconfianza de la comunidad tanto a corto como a largo plazo;
- Ser compatibles con los fondos disponibles;
- Usar y adaptar tecnologías tradicionales;
- Hacer que la comunidad tenga un marco de tiempo razonable a fin de que pueda tener responsabilidad en el proyecto.
- Mostrar potencial para ser mantenido y controlado por la comunidad.

Estos lineamientos no son definitivos; deberían ser adaptados y expandidos a proyectos específicos por el planificador del desarrollo.

Otros lineamientos podrían también reflejar metas de una entidad auspiciadora o de limitaciones financieras. Como es natural, el proyecto será gobernado por lineamientos culturales sacados de un perfil de la comunidad y de discusiones con líderes de la misma.

Luego que hayan sido acordados los lineamientos, no deberían cambiarse durante el proceso de planificación a menos que haya razones muy poderosas. Los planificadores tienen que adaptar las opciones del proyecto para cumplir con los criterios en vez de alterar éstos con la idea de satisfacer los diseños del proyecto.

PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD

Los proyectos de desarrollo a pequeña escala deberían originarse en un problema de la comunidad o de las necesidades percibidas por ésta. Resulta imperdonable planificar para una comunidad en lugar de hacerlo con ella. De todos los sectores de desarrollo pueden citarse innumerables ejemplos para enfatizar la importancia que tiene el hecho de que la comunidad participe en la planificación e implementación de proyectos. Los planificadores deben tener en cuenta que la gente, no el agua, es el factor más importante en la planificación del desarrollo hídrico.

Un prerequisite para una planificación eficaz es la interacción continuada con la comunidad. Sin la participación de ésta, un proyecto no será apoyado, necesariamente, por el pueblo. Ese tipo de proyecto podría rendir beneficios a corto plazo, pero finalmente habrá de fallar. La participación de la comunidad es la única base para que una planificación segura pueda seguir avanzando.

ACOPIO DE DATOS

La participación de la comunidad debería comenzar en el mismo principio de la planificación, cuando se empieza a hacer el acopio de datos. La información recolectada debería producir: un perfil de la comunidad y un inventario del medio ambiente físico.

Los líderes de la comunidad puede ayudar a los que trabajan en los proyectos de desarrollo preparando el perfil de la comunidad. El perfil es una herramienta sumamente importante de la planificación si se encuentra estructurado para proveer datos de uso fácil sobre características económicas, sociales y culturales de la comunidad. Pueden agregarse o refinarse datos a través de todo el proceso de desarrollo del proyecto.

El perfil puede incluir muchos temas, pero lo mínimo que debe incluir es lo siguiente:

- Estructura social y relaciones familiares de la comunidad;
- Tradiciones culturales y modalidades características de la comunidad;
- Líderes oficiales de la comunidad y otras personas con influencia;
- Grupos de interés en el orden social o especial y su participación en la toma de decisiones para la comunidad;
- Nivel económico relativo de la comunidad, no necesariamente en unidades monetarias per cápita sino en relación con otras comunidades de la misma área;
- Políticas y prácticas de tenencia de la tierra;
- Organizaciones educacionales, incluyendo métodos informales y servicios de extensión;
- Procedimientos judiciales utilizados para la solución de disputas en la comunidad;
- Datos de salud disponibles, incluyendo estudios sobre enfermedades, instalaciones sanitarias y personal médico;
- Manejo del agua o políticas de los derechos de aguas que puedan parecer confusos o informales;
- Recursos humanos que pudieran encontrarse disponibles para un proyecto de desarrollo de recursos hídricos, como por ejemplo tipo y cantidad de mano de obra calificada y no calificada que

podría prescindirse de las actividades normales de la comunidad.

Además del perfil de la comunidad, es necesario contar también con un inventario del medio ambiente físico. Para un proyecto de pequeña escala no es preciso tener un estudio sobre impactos ambientales. Más bien debería ser una rápida evaluación de los recursos naturales dentro del área del proyecto. A medida que las alternativas del proyecto se definen con mayor claridad, podrían reunirse datos más detallados. Sin embargo, la información preliminar debería incluir los siguientes asuntos:

Agua

- Ubicación y tamaño de fuentes locales de agua.
- Usuarios y usos de recursos hídricos locales.
- Calidad del agua.
- Sistemas de entrega de agua.
- Confiabilidad del suministro de agua, tanto en bases anuales como estacionales.
- Tipo de vegetación alrededor de fuentes hídricas.
- Tipo de protección de recursos hídricos.
- Recursos hídricos extremos (inundaciones, sequía).
- Tipo de manejo o protección de cuencas.

Clima

- Patrones de lluvia anual (qué época y qué cantidad).
- Temperaturas anuales.
- Cantidad de evapotranspiración anual.
- Patrones de viento (dirección y velocidad).
- Intensidad de radiación solar.
- Información básica sobre humedad relativa.

Suelos

- Datos básicos de composición de suelos (grava, arena, arcilla)
- Cantidad de materiales orgánicos en los suelos
- Tipo de cubierta vegetativa sobre el suelo.
- Profundidad del suelo al lecho de roca.
- Permeabilidad del suelo (tasas relativas de infiltración).
- Cantidad de erosión local.
- Cantidad de fertilizantes locales utilizados.

Prácticas agrícolas

- Tipos de cultivos producidos.
- Cantidad de cultivos producidos para consumo local.
- Escasez o excedente de alimentos.
- Plagas comunes (pájaros, roedores e insectos).
- Prácticas de control de plagas comunes.
- Rendimientos comparativos de cultivos (comparados con los promedios nacionales).
- Rendimientos comparativos de cultivos (distintos agricultores de la comunidad).
- Tipo de agricultura (utilizando la lluvia, con riego y aprovechando la humedad que dejan los ríos al retirarse).
- Factores que limitan el incremento de la producción.
- Cantidad y tipo de ganado que se deja pastando y migración.

Comunidades naturales

- Cantidad de bosques naturales.
- Cantidad de otra vegetación natural aparte de los bosques.
- Amenazas directas a las comunidades naturales.
- Poblaciones de animales silvestres de tipo común.
- Especies potenciales raras o en peligro de extinción.
- Grado de protección para áreas naturales.

Para evaluar propuestas específicas de proyectos podrían considerarse muchas otras áreas. Se puede usar la información proporcionada en este manual para seleccionar otros temas para el inventario.

Como ocurre en muchas de las etapas de planificación, los que trabajan en proyectos de desarrollo podrían desear alguna ayuda adicional para compilar el inventario del medio ambiente físico. En este caso podría hacerse lo siguiente:

Buscar asesoramiento de los residentes locales. Su conocimiento de los cambios registrados en las condiciones ambientales por lo general no puede obtenerse en otro lado. Los residentes locales constituyen un recurso demasiado importante para pasarlo por alto.

Entablar contacto con universidades locales, entidades gubernamentales y representantes locales de organizaciones internacionales. Muchas veces estas entidades y personas disponen de vasta información sobre suelos, clima, geografía y plantas; así como de los animales nativos de la región y muchos conocimientos y sugerencias para otros recursos.

IDENTIFICACION DE NECESIDADES Y PROCESO DE EVALUACION

En la fase de identificación de las necesidades se hace una revisión de todos los antecedentes a fin de determinar cuáles son las necesidades y prioridades de las comunidades locales.

Una revisión cuidadosa de todos estos antecedentes durante la etapa de identificación podría indicar la necesidad de llevar a cabo varias actividades para proyectos de pequeña escala. Por ejemplo, los miembros de una comunidad podrían alzar sus voces exigiendo medidas para controlar la erosión y para obtener un mejor saneamiento; el inventario del medio

ambiente natural podría haber indicado la necesidad de riego para los cultivos. Si las necesidades son "descubiertas" por uno de los que trabajan en el proyecto de desarrollo pero no es percibido por los residentes de la comunidad (como en el caso del riego de cultivos), el técnico deberá decidir en qué lugar debe colocarse esa necesidad, si es que cabe, en las prioridades de la comunidad. Después que las necesidades han sido identificadas, sigue el proceso de evaluación.

Una evaluación de necesidades puede llevarse a cabo en dos etapas. La primera es observar más de cerca cada una de las necesidades identificadas en función del tamaño del esfuerzo requerido y de las clases de recursos que sería necesario satisfacer. Esto se puede hacer preparando una Hoja de Evaluación de Necesidades, como se muestra a continuación y completándola como se ha indicado. Cada necesidad identificada debería colocarse en una hoja separada. Para cada necesidad es preciso definir las áreas que deben ser consideradas cuando se prepara el trabajo para satisfacer esa necesidad. Las categorías que se dan en la hoja de muestra pueden ser refinadas o modificadas según el proyecto específico.

HOJA DE MUESTRA PARA EVALUACION DE NECESIDADES

Fecha _____

Necesidad identificada _____

Categorías de preguntas

Respuestas

Clasificación*

Factibilidad

Las siguientes categorías de preguntas probablemente queden como modelo para este tipo de trabajo, pero las preguntas específicas a ser clasificadas cambiarán según las necesidades que se estén considerando.

Completadas en función de la situación específica.

Escala 1: Baja Alta
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 pertinencia
Baja Alta
 Escala 2: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Requerimientos y Disponibilidades de Recursos. Hacer una lista de los recursos que se requerirían para satisfacer la necesidad. Los recursos pueden ser definidos como información, dinero, gente: cualquier cosa que pudiera necesitarse. Luego, observar si el material y los recursos humanos se encuentran disponibles, ya sea en el ámbito local o en el regional. Si están disponibles, ¿cuáles son los costos de uso de dichos recursos en términos de dinero, tiempo, etc?

Alcance Requerido del Proyecto. Observar el proyecto en función de la cadena o sistema de actividades de la cual forma parte. ¿Se crearán otras necesidades al satisfacer la que se busca? Si es así, ¿podrán tratarse esas necesidades? ¿Es técnica, cultural y socialmente posible satisfacer esta necesidad dentro del contexto de un proyecto pequeño de la comunidad? Con un mayor esfuerzo, se ayudaría a asegurar el éxito? En otras palabras, ¿existe la posibilidad de una actividad a mayor escala teniendo un valor a más largo plazo?

Posibilidades de Diseño de Proyectos. Si se satisface esta necesidad, ¿puede llevarse a cabo con varios y diferentes diseños de proyecto? ¿Permite un proyecto utilizar recursos y pericias locales, mientras que otros no lo admite? ¿Cuáles serían las diferencias entre estos diseños de proyectos en términos sociales, culturales y económicos? ¿Existen tecnologías comprobadas para adaptación, o aún es necesario hacer extensos trabajos de investigación? ¿Participarán las comunidades en las actividades de diseño de proyectos?

Marco de Tiempo. ¿Qué tiempo requiere la satisfacción de esta necesidad? ¿Es un esfuerzo a corto plazo o a largo plazo? ¿O acaso puede satisfacerse ahora sobre una base provisional, y más tarde, con un enfoque más cuidadoso, en un plazo más largo? ¿Debe considerarse un factor de tiempo local? Por ejemplo, ¿tienen los residentes de la comunidad más tiempo disponible para apoyar un proyecto en un momento dado más que en otro, o es que las condiciones climáticas sugieren limitaciones de tiempo?

Apoyo de la Comunidad. ¿Quién expresó esta necesidad? ¿Apoyarán los esfuerzos para satisfacer esta necesidad los miembros de la comunidad y otros grupos con poder? Si la necesidad no ha sido identificada por la comunidad, ¿existe un foro donde pueda ser discutida?

Consideraciones culturales y sociales. ¿Es preciso tratar con las actuales y ampliamente mantenidas prácticas sociales para satisfacer la necesidad que se está considerando? Por ejemplo, en un proyecto montado para satisfacer la necesidad descrita, ¿incluiría la participación de mujeres y por lo tanto tendría que tratar con limitaciones sobre la participación de las mismas? Esto es, funciones tradicionales del hogar, falta de acceso al crédito, etc., etc.

(*) Cada componente significativo del área en cuestión y las respuestas pertinentes a ella deberían medirse para la adecuación de los lineamientos del proyecto y para la factibilidad en función de estas escalas.

El paso dos comprende la medición de las respuestas en función de: 1) la pertinencia de lo establecido en los lineamientos mencionados en la página 119 y 2) su practicabilidad, dado el tipo de esfuerzo requerido y las limitaciones que pudieran existir, tales como dinero, habilidad y experiencia y preferencias culturales. Al respecto deberían establecerse dos escalas numeradas del uno al diez. Una escala es para medir la pertinencia, mientras que la otra mide la practicabilidad.

Practicabilidad en función de limitaciones
existentes y recursos necesarios

Escala 1: Bajo _____ Alto
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Cada componente para medir la necesidad debería examinarse en terminos muy prácticos. En otras palabras, si se proveen métodos mejorados para cosechas en función de la disponibilidad de recursos requeridos y la investigación muestra que todos los recursos se pueden encontrar localmente, este componente debería ser clasificado en el nivel alto. Dependiendo de otras consideraciones, el planificador podría bajar en la escala cuando los recursos son más difíciles de encontrar o cuando son más caros.

Pertinencia para prefijar lineamientos

Escala 2: Bajo _____ Alto
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Cada componente debería ser analizado en función de si encaja dentro de los lineamientos o en los límites del proyecto discutidos antes. Cuando las respuestas indican que un proyecto cae fuera de los lineamientos, la clasificación se mueve más hacia abajo y hacia la izquierda. Una clasificación "alta" indica que el proyecto está bien dentro de los lineamientos fijados.

Una vez que ha sido completada cada Hoja de Muestra para Evaluación de Necesidades y después que se hayan ponderado las respuestas, se hace un promedio de las cifras de las dos escalas para determinar una clasificación total. Una comparación de los promedios dará una indicación bastante buena de cuál es la necesidad que deberá abordarse en primer lugar.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El siguiente paso es formular los objetivos del proyecto que reflejan la necesidad más urgente. Estos objetivos deben ser claramente definidos: por ejemplo, aumentar el suministro de agua de manera que cada persona pueda contar con una cantidad diaria de 38 litros de agua potable. Los planificadores del proyecto pueden determinar después con más precisión las dimensiones de la tarea. Una meta para "mejorar el suministro de agua" en realidad no tiene sentido porque no define qué es lo que debe lograrse. Un objetivo claramente definido no sólo fija la tarea con precisión sino que además provee una norma para medir el éxito del proyecto.

ALTERNATIVAS PARA DISEÑOS

Una vez que los objetivos están definidos, pueden considerarse varias alternativas para diseños. Este es otro de los momentos cuando los que trabajan en el proyecto de desarrollo puedan querer buscar alguna ayuda adicional para la planificación. Por ejemplo, los problemas de un área particular podrían indicar la necesidad de contar con destrezas más especializadas. En un caso cuando una de las alternativas para diseños incluye un sistema de riego, se recomienda que se consulte con ecólogos, ingenieros de riego, administradores de recursos de agua o economistas agrícolas antes de avanzar mucho en el proceso de planificación.

Tales consultas podría incluir contactos locales, nacionales o internacionales. Si se dispone de recursos humanos locales, podría organizarse un equipo interdisciplinario para visitar los posible sitios del proyecto. Los miembros del equipo pueden discutir el proyecto desde sus respectivos puntos de vista. Según sea el tipo de proyecto, el equipo podría incluir representantes de campos como éstos: ecología, hidrología, suelos, ciencias, geología, etc.

Mientras la planificación continúa en forma local, los que trabajan en el proyecto de desarrollo podrían querer entrar en contacto con organizaciones e individuos en otras partes del mundo. Ver la lista en el Apéndice II.

Aún cuando el proyecto parezca ser relativamente simple de abordar, es buena idea pasar las alternativas propuestas a través de un proceso de revisión. Los datos reunidos en el proceso de planificación darán a los revisores muy buenos antecedentes, información con la cual ellos pueden trabajar.

COSTOS/BENEFICIOS

En este manual se hace un análisis de los costos/beneficios de un proyecto, basado en una comparación de las alternativas para diseños para cuatro categorías de criterios que considerarán: 1) lineamientos fijados al comienzo del proceso de planificación, y 2) los objetivos del proyecto mencionado.

Los lineamientos, tal como se han discutido antes, y los objetivos del proyecto cubren muchos temas. Para fines de análisis de proyectos hídricos, se sugieren los siguientes criterios:

- Rendimientos económicos
- Recursos técnicos
- Ambiente social y cultural
- Ambiente físico

Para cada uno de los criterios expuestos se ofrece aquí algún tipo de explicación. Sin embargo, los que trabajan en el proyecto de desarrollo querrán expandir esto para ser más específicos.

Las alternativas para diseños son evaluadas y medidas para cada uno de los cuatro criterios mediante el uso de una simple escala numerada del 1 al 10. El extremo inferior (izquierda) de la escala representa costos o efectos negativos, mientras que el extremo de la derecha indica los beneficios o efectos positivos. El número 5 en el centro de la escala representa una situación donde los beneficios se encuentran equilibrados en forma pareja. Las cuatro clasificaciones son calculadas para sacar un promedio total para el diseño. Más tarde las alternativas pueden ser comparadas para que se seleccione el diseño que parezca más beneficioso.

No hay nada de sobrenatural en este tipo de medición, el cual parece conveniente y muy fácil de usar. Todos los que trabajan en proyectos de desarrollo deberían adaptar el sistema para ajustarlo a una situación específica.

MUESTRA DE COSTO/BENEFICIO

CRITERIOS PARA ANALISIS

Fecha _____

Descripción de
alternativas para
diseños

RENTABILIDAD ECONOMICA

Autosuficiencia. Un proyecto clasificado alto puede producir trabajos, pericias, adiestramiento, mercados mejorados u otros rendimientos económicos que se vuelcan directamente a la comunidad y pueden llevar a la autosuficiencia local. Pasar hacia el extremo más bajo de la escala si un proyecto debe contar con subsidios continuados y/o si se hace menos claro que los rendimientos económicos se volcarán en la comunidad.

Disponibilidad de fondos. Un proyecto puede clasificarse como alto si los fondos se encuentran disponibles rápidamente y fácilmente (quizá de fuentes locales). Moverse hacia el centro de la escala cuando se dispone de algunos fondos pero hay que buscar otros adicionales. Utilizar el extremo más bajo de la escala en los casos donde no se disponga de fondos en forma más o menos inmediata y cuando se necesite mucho tiempo para encontrarlos.

Ganancia neta. Un proyecto puede clasificarse como alto cuando haya que hacer cálculos de factores económicos que indiquen que el producto traerá más beneficios que costos. Ir hacia la parte más baja de la escala cuando la rentabilidad económica del proyecto se vea menos clara.

RECURSOS TECNICOS

Apoyo técnico local. Si el proyecto requiere de agentes para el cambio social, grupos de apoyo técnico, servicios de extensión, y éstos se encuentran disponibles, clasifíquelo en la categoría alta. Muévase hacia el lado puesto de la escala cuando la disponibilidad y acceso a ese apoyo se hace menos clara o difícil.

Disponibilidad de tecnologías. Una situación puede clasificarse como alta cuando existe la tecnología y parece ser adaptable a la situación. Moverse hacia el punto más bajo de la escala (costos) a medida que la tecnología requiera más intensos compromisos de investigación y desarrollo. Moverse hacia las situaciones altas cuando la tecnología hace el máximo uso de recursos locales, tanto humanos como materiales. Moverse hacia el lado opuesto cuando los recursos deban ser obtenidos de fuentes externas, porque esto podría causar demoras y/o no podrían conseguirse los adecuados recursos locales.

Impacto técnico. Clasificar un proyecto con un grado alto cuando la tecnología o el proyecto, una vez lanzado, pueda ser mantenido por los residentes locales. Esto implica adiestramiento en lo referente a mantenimiento. Moverse hacia la izquierda en la escala en situaciones cuando no puedan tomarse las medidas necesarias para estas actividades. Clasificar un proyecto con grado alto cuando introduzca una tecnología que requiera pocos cambios en los patrones tradicionales de estilos de vida, cultura, etc.

MEDIO AMBIENTE SOCIAL Y CULTURAL

Necesidad expresada por la comunidad. Clasificar un proyecto con grado alto cuando está basado en una necesidad expresada por la comunidad. Moverse hacia el lado opuesto de la escala a medida que la participación de la comunidad con respecto a la identificación de la necesidad se hace menos clara.

Rentabilidad social. Los proyectos se clasifican con grado alto cuando traen a la comunidad beneficios culturales y sociales. Moverse hacia el extremo más bajo cuando estos beneficios se hacen menos claros y/o los efectos del esfuerzo parecen menos probable de que sean social o culturalmente descriptivos. Clasificarlo con grado alto cuando permita que los residentes participen con menos riesgo. Moverse hacia el extremo más bajo de la escala cuando se haga evidente que los participantes corren más riesgos; por ejemplo cuando sus inversiones demandan un nivel de compromisos que tendrían serias consecuencias por el fracaso del proyecto. Para la

factibilidad del proyecto se supondrá que cuanto más pequeño sea el grado de cambios requeridos, más fácil será poner el proyecto en marcha. Clasificar con grado alto los proyectos que requieran pocos cambios; moverse más hacia el lado bajo cuando mayores sean los cambios.

MEDIO AMBIENTE NATURAL

Importancia de los lineamientos. Clasificar un proyecto con grado alto cuando reúna todos o la mayor parte de los lineamientos para una actividad ecológicamente sostenible. Moverse hacia el extremo más bajo cuando el proyecto no pueda satisfacer estos lineamientos.

Alternativa de diseño No. 1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 (Beneficios)

rentabilidad económica
 recursos técnicos
 social/cultural
 medio ambiente físico

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (Beneficios)

Alternativa de diseño No. 2

rentabilidad económica
 recursos técnicos
 social/cultural
 medio ambiente físico

IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

En la implementación de un proyecto debería incluirse la participación de la comunidad en la mayor forma posible. Por ejemplo, si los habitantes de una aldea desean cavar zanjas a pico y pala para instalar tuberías bajo tierra, este método es preferible al uso de maquinaria pesada, a pesar de que resulta mucho más rápido. Los proyectos deben estimular al máximo el uso de materiales y de trabajadores locales en vez de tener que depender de materiales y equipo importados. De esta forma, las futuras tareas de mantenimiento no escaparán al control de los recursos locales. El orgullo comunitario desarrollado a través de la participación de los habitantes de un pueblo es la mejor garantía para un mantenimiento continuado y la consecución de beneficios a largo plazo.

MONITORIA

Es posible que los proyectos a pequeña escala no tengan efectos pequeños sobre el medio ambiente; los impactos de cualquier proyecto pueden ser más pequeños o más grandes que el alcance del proyecto mismo. Además, los cambios causados por un proyecto hídrico podrían ser poco claros, quizá porque los objetivos del proyecto están ocultos. Nadie puede esperar que todos los impactos sean pronosticados porque las interacciones ambientales son más complejas de lo que podemos comprender. Por lo tanto es importante continuar controlando el proyecto después que ha sido implementado.

Antes de que comience el proyecto debería desarrollarse un programa simple para medir los cambios. Esto podría consistir en inspecciones de los ríos y otras corrientes hídricas para determinar las cantidades de sedimentación o crecimiento de las malezas acuáticas. También podría ser necesario realizar mediciones semanales o mensuales de los niveles de agua en los pozos, lagunas u otras masas de agua. Incluso estas simples mediciones pueden identificar tendencias que podrían ser dañinas si se

permite que persistan. El control después del proyecto puede ayudar también a identificar los procedimientos de mantenimiento necesarios para una operación continuada. Pueden estimularse beneficios imprevistos, mientras que las tendencias negativas podrían ser corregidas antes de que los problemas se hagan demasiado severos. En el desarrollo de recursos hídricos el control después del proyecto y el mantenimiento adecuado son tan importantes como la planificación misma del proyecto.

ANEXO I

BIBLIOGRAFIA DE LAS REFERENCIAS CITADAS

A continuación se ofrece una lista de publicaciones para usar en la planificación a pequeña escala. No hay duda de que existen otras de igual valor, pero la información contenida en estas referencias proveen suficiente información para cualquier trabajo de desarrollo de proyecto hídrico de pequeña escala. Los datos sobre los editores o distribuidores de las referencias citadas se encuentran en el Anexo II.

Cairncross, S. and R. Feachem. 1978. Small Water Supplies. Bulletin
Referencia pequeña y compacta, con información técnica, diagramas y diseños para proyectos de abastecimiento de agua en pequeña escala.

Chakroff, M. 1976. Freshwater Fish Pond Culture and Management. VITA,
Mt. Rainier, Maryland
Trabajo largo, publicado en rústica, sobre planeamiento, construcción y operación de lagunas para cultivo de peces. Costo reducido.

Feachem, R., M. McGarry and D. Mara (eds.). 1977. Water, Wastes and Health in Hot Climates. John Wiley & Sons, New York.

Una costosa y académica colección de documentos sobre todos los aspectos del agua y la salud en lugares de clima tropical. Mucha de la información es muy útil en el planeamiento y diseño de proyectos hídricos. Es de difícil obtención, pero constituye una fuente de información altamente recomendada.

International Development Research Centre. 1978. Appropriate Sanitation Alternatives: A Field Manual. Energy, Water, and Telecommunication Department, Washington, D.C.

Un manual claramente ilustrado de tecnología intermedia.

Litzenberger, S.C. (ed.). 1974 Guide for Field Crops in the Tropics and Subtropics. Agency for International Development, Washington, D.C.
Fuente de información excepcional sobre las plantas de cultivos comunes cultivadas normalmente en los trópicos. Datos sobre cultivos, requerimientos y productividad para la mayoría de los cultivos tropicales.

Mann, H.T. and D. Williamson. 1976. Water Treatment and Sanitation: Simple Methods for Rural Areas.

Fuente de información sobre cómo hacerlo, con texto sencillo y excelentes diagramas.

McJunkin, F.E. 1975. Water, Engineers, Development and Disease in the Tropics. Agency for International Development, Washington, D.C.

Una obra clásica en el diseño de la prevención de enfermedades para ingenieros y planificadores de proyectos. Aunque cubre todas las enfermedades relacionadas con el agua, el enfoque se centra en la esquistosomiasis.

Meynell, P.J. 1976. Methane: Planning a Digester. Prism Press, Dorset, U.K.

Un libro pequeño y de fácil lectura sobre la producción de biogás. Ofrece información sobre planeamiento del diseño, construcción y operación, además de datos sobre productividad y materias primas.

National Academy of Sciences. 1974. More Water for Arid Lands: Promising Technologies and Research Opportunities. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Amplia discusión de métodos para la conservación y explotación de las fuentes de agua en las regiones áridas. Muchos de los métodos sugeridos pueden ser aplicados a proyectos en pequeña escala.

National Academy of Sciences. 1979. Tropical Legumes: Resources for the future. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Buena descripción de variedades de legumbres tropicales que tradicionalmente no se han cultivado en todas las zonas tropicales pero que poseen buen potencial para ser desarrolladas.

National Academy of Sciences. 1975. Underexploited Plants with Promising Economic Value. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Un libro excitante para planificadores de proyectos a pequeña escala. Describe 36 especies de plantas en términos de su potencial desarrollo económico.

Quigg, P. W. 1976. Water, the Essential Resource. National Audubon Society, International Series No. 2., New York.

Documento breve que describe la crisis global de agua. Ofrece una adecuada perspectiva para el planificador de proyectos a pequeña escala.

Rajagopalan, S. and M. Shiffman. 1974. Guide to Simple Sanitary Measures for the Control of Enteric Diseases. World Health Organization, Geneva. (existe versión castellana de la OMS-OPS/CEPIS)
Un excelente manual para el planeamiento, diseño y operación de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento.

Ram, E.R. 1979. "Safe Water - Essential to Health". Contact 52, August, 1979. World Council of Churches, Geneva.
Una pequeña publicación muy práctica, que cubre los aspectos más esenciales de abastecimientos de agua confiables.

Stern, P. H. 1979. Small Scale Irrigation. Intermediate Technology Ltd., London and the International Irrigation Information Center, Bet Dagan, Israel.

La mejor fuente de información para irrigación en pequeña escala, incluye aspectos técnicos, diseño y buena orientación.

United Nations. 1980. "UNICEF News" 103/1980/1. Obtenible en la Oficina de la UNICEF o en los Comités Nacionales de UNICEF en muchos países.

Un pequeño periódico, publicado regularmente, consistentemente con información útil.

VITA. 1979. Environmentally Sound Small Scale Agricultural Projects. VITA-Mohonk Trust, Mt. Rainier, Maryland.

Similar en formato a este manual, ofrece información sobre planeamiento y diseño de proyectos agrícolas a pequeña escala.

VITA. 1977. Village Technology Handbook. Mt. Rainier, Maryland.

Fuente de información única en su género. Contiene un tesoro

informativo sobre un amplio aspecto de proyectos a nivel de la comunidad. Ha sido modificado y reimpresso varias veces, con contribuciones de trabajadores en el terreno.

Wagner, E. G. and J. N. Lanoix. 1958. Excreta Disposal for Rural Areas and Small communities. World Health Organization, Geneva.
La mejor referencia existente.

Wagner, E. G. and J. N. Lanoix. 1959. Water Supply for Rural Area and Small Communities. World Health Organization, Geneva.
Todavía un clásico valioso sobre suministro de agua. Parte del material del libro aún sirve como base para nuevas obras.

Winblad, U. 1972. Evaluation of Waste Disposal Systems for Urban, Low Income Communities in Africa. Scandinavian Consulting Group for Planning, Architecture and Building, Copenhagen.
Una pequeña fuente de información que analiza las diversas alternativas para la disposición de desechos. El análisis y las recomendaciones son válidas para las áreas rurales.

The World Bank. 1976. Village Water Supply, A World Bank Paper. The World Bank, Washington, D.C.

World Neighbors. Countour Ditches Help Conserve our Soil. Volume 6, number 2E. World Neighbors, Oklahoma City, Oklahoma.
Una de las cartillas informativas de la serie "World Neighbors in Action" que se caracteriza por la simplicidad y utilidad.

ANEXO II

Donde Obtener las Referencias

(A menudo se envían copias de cortesía a las personas que trabajan en los países en desarrollo.)

Christian Medical Commission
World Council of Churches
150, Route de Ferney
1211 Geneva 20, Switzerland

Intermediate Development Technology Research Center
P.O. Box 8500
Ottawa, K1G 3H9, Canada

International Irrigation Information Center
Volcani Center
P.O. Box 49
Bet Dagan, Israel

International Irrigation Information Center
P.O. Box 8500
Ottawa, K1G 3H9, Canada

John Wiley and Sons, Inc.
605 Third Avenue
New York, New York 10016 USA

National Academy of Sciences
2101 Constitution Ave., N.N.
Washington, D.C. 20418, U.S.A.

National Audubon Society
950 Third Avenue
New York, New York 10022 USA

Prism Press
Stable Court, Chalmington
Dorchester, Dorset, UK

Ross Institute of Tropical Medicine
London, UK

U.S. Agency for International Development
Washington, D.C. 20523 USA

VITA
3706 Rhode Island Avenue
Mt. Rainier, Maryland 20822 USA

United Nations
New York, N.Y. 10017 USA

The World Bank
1818 H Street, N.W.
Washington, D.C. 20433 USA

World Health Organization
1211 Geneva 27
Switzerland

World Neighbors International Headquarters
5116 North Portland Avenue
Oklahoma City, Oklahoma 73112 USA