

## CAPITULO 10

# Evaluación ecológica y manejo ambiental

*Dale W. Jenkins  
Rexford D. Lord*

### Introducción

*La evaluación de impacto ambiental es una actividad destinada a identificar, predecir, interpretar y comunicar información acerca del impacto de una acción sobre la salud y el bienestar humanos (incluido el bienestar de los ecosistemas de los cuales depende la supervivencia humana). Aunque esta definición se aproxima bastante a lo necesario, tiende a implicar que un solo estudio evaluativo puede predecir los efectos adversos más importantes de un proyecto de desarrollo.*

Una evaluación adecuada de los efectos de un proyecto de desarrollo consiste, de hecho, en una serie de estudios, tipos de registro, grados, y tasas de cambio. La exactitud de las predicciones resultantes de estas evaluaciones depende de la frecuencia de sus repeticiones. Como las repeticiones son costosas, hay que prestar una cuidadosa consideración al grado de exactitud que se exige a estas predicciones. La primera evaluación ambiental de un determinado proyecto proporcionará predicciones de tipo general que resultarán útiles para guiar los esfuerzos dirigidos a evitar problemas, y cada evaluación subsiguiente enfocará mejor las predicciones y sacará a luz problemas que se pasaron por alto en las evaluaciones anteriores. En todo el proceso los juicios deben hacerse basándose en el valor de los diferentes tipos de información para la salud humana.

En la definición mencionada anteriormente se hizo referencia al "bienestar de los ecosistemas de los cuales depende la supervivencia humana". Acordándonos completamente con esta aseveración, concentraremos nuestra atención en los aspectos más directos de los resultados de las acciones sobre la salud humana.

El agua dulce es vital para todos los ecosistemas terrestres. Si se consideran las presas desde el punto de vista ecológico, el balance general de los resultados es positivo. Cualquier factor o acción que retrase el flujo

del agua de lluvias al mar hace que quede más a disposición de los organismos terrestres. Las presas entran en esta categoría junto con formaciones vegetales, especialmente los bosques. Se almacena el agua dulce para liberarla gradualmente, lo cual produce también la humidificación del medio ambiente inmediato (suelo y aire).

Las presas pueden ser muy útiles, pero en casos específicos el análisis de la utilidad de una presa podría concluir con una decisión adversa a la realización del proyecto. Por tanto, lo que más nos interesa aquí es reconocer los factores potenciales relacionados con las presas que pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana.

Mientras muchas otras evaluaciones ambientales se preocupan por la posible desaparición de las especies raras en peligro de extinción y apenas se fijan en la abundancia de algunas especies, nuestros intereses son los opuestos. No es común que una especie rara sirva de huésped o transmisor importante de enfermedades humanas. Las especies raras sirven difícilmente como indicadores para vigilar los cambios ambientales adversos, debido a los problemas evidentes de la cuantificación. Nos interesa más bien observar los aumentos significativos de los huéspedes o vectores potenciales de enfermedades humanas y buscar las soluciones a los cambios ambientales adversos en las alteraciones sutiles pero cuantificables producidas en las especies abundantes. Así, los métodos de inventario estadísticamente precisos constituyen la base de las evaluaciones útiles de los cambios ambientales resultantes de las actividades de desarrollo.

En general, las simplificaciones de un ecosistema (es decir, la reducción del número de especies) acarrearán un aumento compensatorio de las especies que son favorecidas por el ambiente alterado. En la mayoría de los casos las presas provocan aumentos extraordinarios en la densidad de determinadas especies transmisoras y huéspedes. Un aumento en la abundancia de vectores y huéspedes constituye para el hombre un peligro potencial, que espera sólo la llegada del microorganismo patógeno para ocasionar epidemias o epizootias. Por tanto, en su mayor parte las presas tienen el potencial de afectar adversamente a la salud humana y es necesario prever estos problemas y evitar que se produzcan.

### **Consideraciones ecológicas**

La evaluación ecológica del impacto humano y ambiental de las presas hidroeléctricas y de usos múltiples que se hayan planificado no sólo es compleja, con muchos factores y variables interrelacionados, sino que cada proyecto de embalse presenta un conjunto especial de características. Los impactos de las presas en la zona templada de Argentina o de Chile, por ejemplo, difieren mucho de los efectos que tienen en el trópico húmedo o en las áreas áridas calientes. La evaluación ecológica tiene un alcance amplio e incluye la consideración de factores biológicos huma-

nos, físicos, químicos, económicos, de conducta social y otros, con sus efectos a corto y a largo plazo

El enfoque ecológico proporciona una síntesis para el estudio y la evaluación generales, que tienen en cuenta cuestiones como las siguientes: necesidad de la presa y su beneficio para la humanidad, tras valorar sus costos y beneficios ecológicos y ambientales; localización de la presa y efectos fácilmente predecibles a corto plazo e inmediatos, así como las consecuencias a largo plazo, menos específicas y posiblemente menos previsibles. Estas cuestiones deben estudiarse con gran cuidado en las primeras etapas de la planificación, cuando se toma la decisión de construir la presa.

El valor potencial de costo-beneficio de la hidroelectricidad se puede calcular directamente, al igual que los costos-beneficios potenciales del uso múltiple, derivados del control del flujo, el aumento de la agricultura con mayor producción alimentaria y mejor nutrición inherentes, la apertura de nuevas vertientes no utilizadas y la construcción de carreteras de acceso, mejores pesquerías, turismo, transporte por agua, irrigación y la posible inundación de cañadas. Esta última medida puede eliminar vectores de enfermedad como las moscas negras transmisoras de la oncocercosis, que desovan en agua corriente.

Los efectos humanos negativos, ecológicos y ambientales son mucho más complejos y difíciles de evaluar en períodos largos. Exigen un estudio ecológico cuidadoso y a veces detallado, y otras clases de estudios y evaluación. Como hay tantos tipos ecológicamente diferentes de regiones y ecosistemas en los que se pueden construir las presas, es necesario elaborar directrices ecológicas para no sólo plantear las preguntas correctas, sino también para ver que no se pasen por alto problemas importantes. Esas directrices ecológicas deben estar basadas principalmente en la creciente capacidad de los ecólogos y de otros especialistas con gran experiencia en evaluaciones y estudios de presas en diferentes regiones. Para la evaluación de presas se han elaborado y utilizado diversas matrices generales, cuestionarios y metodologías

Las directrices que se presentan aquí son selectivas y específicas para presas en Latinoamérica. Están organizadas principalmente teniendo en cuenta la concordancia de fase cronológica de las cuestiones y problemas que se van a tratar. Eso incluye una planeación inicial, durante la construcción, al llenar el embalse y cuando ya esté lleno. Se presentan secciones separadas respecto a la planificación del uso y sobre aspectos del manejo cuando ya esté lleno el embalse y el proyecto en marcha.

Hay una gran necesidad de desarrollar recursos hidroeléctricos en América Latina, sobre todo por la escasez y el elevado costo del petróleo y de otros recursos energéticos. El desarrollo del abastecimiento de agua para uso doméstico, industrial y agrícola adquiere una importancia creciente. Las consideraciones ecológicas no deben verse como meras limitaciones a la productividad ni a la satisfacción de las aspiraciones humanas, sino más bien como base para lograr un equilibrio entre la

satisfacción de las necesidades humanas y la conservación de los procesos dinámicos de la biosfera. Se trata de sintetizar los conocimientos científicos pertinentes, de detectar y llenar las lagunas de este *corpus* de información, y de aplicar el conocimiento obtenido a la resolución de los problemas. La ecología ofrece un marco intelectual de grandes posibilidades para enfrentarse a estos retos.

El enfoque ecológico consiste en identificar los problemas y beneficios; después, tratar de evitar, controlar o mejorar los problemas, y aprovechar todas las oportunidades de aumentar los beneficios. Es necesario tener en cuenta los impactos potenciales durante cada fase cronológica del proyecto. Estos efectos se deben evaluar en las primeras etapas para determinar si el proyecto producirá un beneficio positivo.

Al estudiar las presas, el interés no sólo radica en la estructura y en la masa de agua que se almacena. De tanta o más importancia son la cuenca afectada y el mayor acceso humano al área debido a la construcción de una carretera hasta la presa. También hay que tomar en consideración los cambios en la naturaleza de la corriente y el ambiente río arriba y abajo de la presa.

Ecológicamente, los ambientes se pueden clasificar como hídricos (muy húmedos), méxicos (de humedad intermedia) y xéricos (secos). La construcción de una presa hace, evidentemente, que cualquier ecosistema terrestre sea más húmedo. Si se crea un ecosistema méxico donde anteriormente había uno xérico, se cambia la composición de las especies de la zona y usualmente aumenta el número de especies y su abundancia. Tienen lugar cambios iniciales, como el aumento de plantas, seguido del de animales, y el efecto se observa de manera notable en su relación con la nueva disponibilidad de agua. El desierto florece cerca de la presa y de sus campos irrigados, efecto que desaparece rápidamente a los pocos metros. La construcción de una presa en un bosque tropical húmedo transforma un medio ambiente méxico en hídrico. Sin embargo, no son éstos los efectos que tienen mayor importancia desde el punto de vista de la salud, sino que la supresión del bosque y la creación de campos irrigados, que dan por resultado ecosistemas más simplificados, alteran la composición de las especies. Hay una disminución en el número de especies de plantas y animales, con un aumento compensatorio en la densidad de las especies recién favorecidas. Las presas construidas en ambientes hídricos, como pantanos, ahogan a la vegetación de pantano, con consecuencias similares a las mencionadas para las presas localizadas en el bosque tropical húmedo.

#### **Etapas iniciales de planeación**

En las etapas iniciales de desarrollo de un proyecto de construcción de una presa, además de ingenieros, economistas, y otros miembros del grupo de planeación, deben participar un ecólogo, un epidemiólogo, un antro-

pólogo social, un agrónomo, un especialista en salud ocupacional y otros expertos. Las cuestiones fundamentales: si se debe construir la presa, la determinación de los costos-beneficios, la localización, enfoques y lugares alternativos, exigen las aportaciones del ecólogo y de los demás especialistas mencionados. La cuestión de los objetivos múltiples par el uso de la presa y embalse debe estudiarse con todas las implicaciones inherentes.

En un análisis de costos-beneficios hay que investigar a fondo las pérdidas debidas a la inundación de la superficie de almacenamiento del agua, la relocalización de la población, la pérdida de viviendas y otras instalaciones, la pérdida de tierra agrícola cubierta por el agua y de las cosechas consiguientes, la pérdida de bosques, minerales, tesoros arqueológicos, etcétera. También hay que tener en cuenta el costo de la reubicación, las alteraciones sociales y el efecto de la explotación de las laderas incluyendo mayor erosión, sedimentación de la presa, crecimiento de plantas acuáticas, posibles enfermedades humanas como la esquistosomiasis y la malaria, y los efectos en la corriente aguas abajo del embalse.

Aunque es imposible estudiar y medir exactamente muchos de estos factores y efectos antes de la construcción, se cuenta con experiencia acumulada que permite la aplicación de conocimientos derivados de proyectos de embalse similares ya realizados. Esto permite prever los efectos y problemas principales, y ayuda a hacer cálculos de costos que hay que incluir en la evaluación preliminar de costos-beneficios. Esta evaluación ecológica inicial también debe señalar las principales incógnitas y los estudios prioritarios necesarios antes de tomar decisiones finales.

Más adelante se presentan los temas que hay que considerar durante la planificación inicial en relación con las diferentes etapas de desarrollo del proyecto. Después de haber estudiado estos temas hay que emplear los resultados para determinar si debe o no construirse y cuáles pueden ser los sitios alternativos, las fuentes alternativas de energía y los usos de la presa.

La evaluación ecológica humana y ambiental para la planificación inicial tendrá que ser necesariamente preliminar e incompleta a menos que no se planee iniciar la construcción antes de varios años. Sin embargo, si se estudian a tiempo todos los principales factores ecológicos, no habrá grandes sorpresas ni catástrofes. Un mérito muy importante de esta evaluación ecológica inicial es que servirá de guía para hacer evaluaciones amplias, que deben continuar durante la construcción y mientras se llena la presa. El valor de las evaluaciones ecológicas previas a la construcción es evidente, puesto que la experiencia resulta muy útil para proporcionar los conocimientos necesarios a fin de tomar las decisiones de planificación iniciales. Desgraciadamente, en muchos proyectos no se ha consultado a los ecólogos hasta después de haber escogido la localización y empezado la construcción. Cuando la consulta es tardía las opciones que permiten tomar decisiones eficaces disminuyen notablemente.

Si no se prevén y evalúan en forma adecuada los efectos ecológicos

humanos, ambientales y de otro tipo en los proyectos de presas, se obtienen evaluaciones incompletas o erróneas de los costos y beneficios de muchos proyectos; después hay que tomar medidas correctivas que representan costos reales posteriores a la construcción, para resolver problemas de enfermedades humanas, plantas acuáticas, erosión, sedimentación, pesquerías, árboles inundados que se mantienen en pie, efectos río abajo y otros problemas. En algunos casos el único uso planeado para la presa fue la hidroelectricidad, pero los incrementos de población han decidido usos múltiples, como el turismo, la pesca, la navegación y la irrigación, que deberían haber sido considerados usos potenciales en las evaluaciones iniciales. En ocasiones el valor de los recursos desperdiciados se ha observado sólo después de terminado el proyecto. Además, los problemas de gestión ecológica, que incluyen el manejo efectivo del embalse y el uso apropiado de la tierra de las laderas, tienen que ser previstos con antelación.

Es esencial hacer investigaciones amplias y evaluaciones a largo plazo de toda la cuenca de la región a fin de escoger el lugar óptimo para las represas, en vez de hacer estudios pequeños, parciales, de proyectos individuales. Esos estudios ayudarán a ver los problemas con mejor perspectiva y permitirán hacer comparaciones eficientes de localizaciones alternativas.

#### **Cambios en el transcurso de la construcción**

Después de decidir construir en un lugar determinado, la primera obra suele ser una carretera de acceso al lugar de la presa. Hay que evaluar los efectos ambientales de la o las carreteras, especialmente la erosión del suelo expuesto y la interrupción del drenaje. Si la carretera abre una zona a la ocupación y colonización humanas, con la actual superpoblación de muchas regiones, suele haber pobladores que se establecen ilegalmente en la zona y talan los bosques para realizar cultivos de roza y quema. Se han observado cuencas muy perjudicadas o destruidas por los nuevos colonos después construirse carretera previas a la iniciación de la presa. La vulnerabilidad de la cuenca debe evaluarse antes de construir la carretera. Si la colonización intensiva destruyera la capacidad de la cuenca para almacenar agua y evitar la erosión, acarreado la sedimentación del embalse o la destrucción de áreas de paisaje especial o de especies en peligro de extinción, hay que recomendar acciones adecuadas. Se puede declarar al bosque parque nacional, o fijar leyes que prohíban o restrinjan los asentamientos en laderas muy inclinadas.

Los trabajadores que construyen la carretera pueden quedar expuestos a ciertas enfermedades —como la malaria, la encefalitis y la esquistosomiasis—, o introducirlas. La construcción de la carretera también puede tener efectos adversos en la población indígena. La colonización de las regiones recién abiertas suele ser peligrosa, bastante improductiva.

tiva y dañina para la cuenca y el proyecto de la presa, si la planificación y la reglamentación no se consideran de manera anticipada.

La construcción real de la presa suele incluir el despeje de una zona y la erección de edificios y servicios. Hay que proporcionar servicios de salud. A menudo se usa equipo pesado de ingeniería que produce una degradación ambiental con áreas expuestas a gran erosión, polvo y ruido. La erosión grave del suelo expuesto en el lugar de construcción puede ocasionar problemas río abajo, tales como inundaciones, contaminación y sedimentación.

#### **Cambios que se presentan al llenar la presa**

*Inundación del bosque.* La construcción de grandes presas hidroeléctricas o de otro tipo en zonas tropicales húmedas, implica con frecuencia los efectos de inundación del bosque en el espejo de agua. Antes de llenar las presas hay que decidir si se cortan o no los árboles de dicha superficie. No sólo es una decisión costosa, sino que además tiene muchos resultados complejos que pueden afectar la navegación en lancha, la pesca comercial y deportiva, la producción de peces, el crecimiento de plantas acuáticas, las enfermedades humanas transmitidas por vectores acuáticos, e inclusive el funcionamiento de la planta hidroeléctrica. La decisión es especialmente difícil ya que cualquier alternativa incluye resultados beneficiosos y perjudiciales que hay que soportar con cuidado.

Las estrategias alternativas son: 1) talar todos los árboles; 2) cortar sólo los árboles de madera comercial; 3) talar selectivamente el bosque a lo largo de determinadas orillas, zonas de navegación y áreas de pesca, y 4) no talar el bosque. Los efectos benéficos y perjudiciales pueden variar mucho dentro del mismo embalse, según la topografía, profundidad, inclinación de las laderas, calidad del agua, especies de árboles presentes, temperatura del agua, materia orgánica en el agua y otros factores. Un resultado benéfico para una presa puede ser perjudicial para otra. A continuación se enumeran los diversos efectos para cada alternativa:

*Talar el bosque (muy caro).* Benéfico: Quita árboles que estorben la navegación, la pesca comercial con red; disminuye a largo plazo la cantidad de materia orgánica, el potencial de plantas acuáticas y enfermedades humanas; produce madera para pagar parcialmente la limpieza del terreno.

Perjudicial: Elimina zonas de alimentación y reproducción para los peces. Si no se quitan o se queman las ramas, troncos y restos, quedan flotando y fomentan el crecimiento de la maleza acuática y las enfermedades humanas. Si se cortan los árboles demasiado pronto los brotes y crecimientos secundarios pueden hacer que aumente el material orgánico total.

*Cortar sólo los árboles de madera comercial.* Benéfico: Permite la utili-

ción de un recurso natural que de otra forma se perdería, y proporciona ganancias económicas.

**Perjudicial:** Los árboles que quedan obstruyen la navegación, estorban a la pesca comercial con red y a uso turístico. Pueden quedar restos orgánicos, ramas, etcétera. Los árboles proporcionan sostén a las malezas acuáticas.

**Corte selectivo (orillas, navegación y pesca).** Benéfico: Despeja el agua para la navegación y la pesca comercial con red y mejora parcialmente el uso turístico. Proporciona algunos nutrientes orgánicos inmediatos (si se quema) y algunos a largo plazo. Puede producir madera, poca o mucha según la cantidad de árboles madereros cortados y sacados. Puede mejorar la nutrición y reproducción de los peces.

**Perjudicial:** Deja algunos árboles para sostén de hierbas acuáticas. También queda materia orgánica excesiva si no se eliminan o queman los árboles y ramas.

**No cortar los árboles.** Benéfico: Puede mejorar las áreas de pesca. Ayuda a proteger la superficie de la acción del viento y las olas. Proporciona más material orgánico (si se necesita).

**Perjudicial:** Obstruye la navegación y la pesca comercial con red. Es dañino para el uso turístico. Produce más material orgánico. Mayor potencial para las plantas acuáticas, los caracoles y los mosquitos, que son los vectores de la esquistosomiasis, la malaria y la encefalitis.

Esto demuestra parcialmente lo compleja que es la cuestión de si se debe cortar la vegetación o no. Se ha observado que la tala selectiva es la mejor solución para las zonas en las que hay madera valiosa y en las que se puede utilizar la presa para el turismo, la navegación, la pesca y el asentamiento a lo largo de determinadas orillas. Si se dispone de tiempo suficiente antes de inundar, y es preferible suprimir la vegetación y el potencial de eutroficación, puede resultar más conveniente talar la madera comercial y cultivar intensivamente por roza y quema el fondo de la presa antes de llenarla. Resultaría menos costoso, y utilizaría económicamente materia orgánica y nutritiva y disminuiría mucho el problema potencial de las plantas acuáticas.

#### ***Eliminación de plantas acuáticas y caracoles huéspedes de organismos patógenos***

La mayoría de las presas de las zonas tropicales de América, tarde o temprano, son invadidas por vegetación flotante, especialmente la lechuga acuática (*Pistia stratiotes*) y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). No es raro ver que estas plantas cubran la mayor parte de la superficie del agua estancada en cualquier región tropical. Después de la invasión, media hectárea puede quedar cubierta en ocho meses. Un importante

mosquito transmisor de la encefalitis equina venezolana, *Mansonia spp.* necesita raíces de *Pistia* para reproducirse bien. Algunas especies de los mosquitos *Anopheles* transmisores de la malaria necesitan las interfases de la vegetación emergente y flotante como los juncos (*Scirpus spp.*), junquillos (*Juncus spp.*) y enea (*Typha spp.*), o la lechuga de agua y el lirio acuático. Todas estas plantas son favorecidas no sólo por el agua de la presa y los sistemas de irrigación, sino también por la tala de árboles, puesto que necesitan sol. Desgraciadamente estas plantas acuáticas albergan y favorecen la reproducción del caracol *Biomphalaria*, huésped intermedio de la esquistosomiasis.

Para evitar la proliferación de las plantas y caracoles acuáticos puede hacerse un estudio y eliminar las fuentes de hierbas y caracoles (especialmente en las regiones áridas en las que el número de focos puede ser limitado) antes de inundar. Hay que tener en cuenta el pH del agua afluente y de la presa en relación con los caracoles portadores de la esquistosomiasis, ya que no crecen bien o no existen en agua ácida de un pH de 5.8 o menos.

Para evitar la reproducción de los mosquitos que transmiten la malaria y la encefalitis, antes de llenar la presa es necesario tomar las decisiones relativas a la prevención del crecimiento excesivo de plantas acuáticas. También se debe estudiar la forma de llenar o drenar las áreas bajas que quedan expuestas cuando el nivel de agua desciende, y conformar o despejar las orillas de la presa.

De igual manera hay que estudiar el régimen propuesto de nivel del agua para impedir que los mosquitos se reproduzcan a las orillas de la presa. Si se crean zonas de irrigación, también deben planearse en relación con los hábitats de reproducción del caracol y el mosquito.

### Cambios que sobrevienen en la presa llena

#### *Problemas de salud pública*

Las tensiones relativas a la reubicación y los cambios en los patrones culturales se tratan con más detalle en otra sección de este trabajo. El asentamiento de la población a las orillas de la presa o el aumento del número de habitantes en la zona de la presa tiene implicaciones ecológicas importantes. La presencia de una gran población acrecienta los efectos ambientales adversos en la cuenca circundante, en la contaminación, la eutroficación y la pesca. La población también acarrea cambios en la importancia de los transmisores de enfermedades humanas.

En el lago Brokopondo, en Surinam, no se permitieron asentamientos humanos en la zona de la presa, por lo cual la presencia de transmisores tenía escasa importancia. En algunas presas el embalse atrae a mucha población; por ejemplo, se calcula que habrá medio millón de habitantes cerca de la presa de Itaipú (en Brasil y Paraguay) cuando se

termine. En este caso, la presencia de caracoles portadores de la esquistosomiasis reviste una importancia grave. Los impactos de la potencial afluencia de turistas, pescadores, etcétera, también deben ser tomados en consideración.

#### *Enfermedades transmitidas por vectores*

**Esquistosomiasis.** Esta enfermedad tiene una importancia cada vez mayor entre los habitantes de Latinoamérica. La producción de embalses artificiales y zonas de irrigación proporciona áreas excelentes de reproducción a los caracoles *Biomphalaria* que son los huéspedes y transmiten la enfermedad a los humanos por medio del agua. Los caracoles se multiplican rápidamente en aguas de poca profundidad y en plantas acuáticas flotantes. Los límites geográficos de los caracoles y los organismos patógenos están aumentando ahora debido al hombre y a otros medios.

Cuando los caracoles que son huéspedes intermedios se establecen en un embalse y se infectan con gusanos de la esquistosomiasis, ya no se puede descontaminar el agua. En las presas tropicales grandes el control de los caracoles llega a ser prácticamente imposible empleando cualquiera de los medios conocidos actualmente sobre todo si abundan determinadas plantas acuáticas.

**Malaria.** La construcción de una presa puede producir aumento en las cifras del mosquito *Anopheles*, vector transmisor de la malaria. Las larvas de mosquito pueden desarrollarse en las plantas, en las orillas del embalse, en hoyos poco profundos y en charcos que quedan después de la construcción, y especialmente en las depresiones del fondo del embalse cuando se deja salir el agua y baja el nivel. Si durante la construcción de la presa, al drenar quedan áreas de agua poco profundas, estos lugares de cría de larvas se pueden eliminar. Las orillas pueden modificarse profundizándolas, cortándolas a pico o rellenándolas para disminuir lo más posible la vegetación acuática emergente e impedir la reproducción del mosquito.

**Encefalitis.** Los mosquitos que transmiten la encefalitis incluyen especies de los géneros *Mansonia* y *Culex*, cuyas larvas se desarrollan en las aguas de poca profundidad y en las raíces de las plantas acuáticas flotantes. El crecimiento abundante de estas plantas puede acarrear infecciones de estos mosquitos y la posibilidad de brotes de encefalitis en personas, caballos y otros animales. Es una razón más para tratar de evitar la introducción de plantas acuáticas en las presas.

**Oncocercosis.** Esta enfermedad, conocida como ceguera del río, es ocasionada por gusanos nematodos transmitidos por moscas negras del género *Simulium*. Las larvas viven en el agua corriente y los adultos pueden volar largas distancias. La inundación de la región de la presa elimina muchas áreas de reproducción de la mosca negra y ayuda a con-

trolar la enfermedad. Sin embargo, las larvas de la mosca negra pueden reproducirse abundantemente en los aliviaderos y obras de descarga de la presa por debajo de ella y corriente abajo. También crecen en los ríos y afluentes que desaguan en los embalses.

#### *Plantas acuáticas*

En las presas hidroeléctricas tropicales se ha observado frecuentemente el problema de las plantas acuáticas. Cierta especies acuáticas flotantes, como el lirio acuático, la lechuga de agua y otras, pueden tener un crecimiento explosivo en embalses nuevos. Es un problema grave si hay niveles altos de nutrientes orgánicos resultantes de los árboles sumergidos en putrefacción. Si se cortan y queman los árboles, se puede presentar un problema inmediato más grave (pero de duración muy corta) debido a las cenizas que contienen mucho nutriente (fósforo, potasio y nitrógeno). Cuando las plantas cubren ya áreas extensas de una presa grande, el control es difícil y caro. Los efectos perjudiciales de estas plantas acuáticas son: *a)* las plantas pueden acarrear poblaciones grandes de caracoles transmisores de la esquistosomiasis; *b)* las plantas sostienen larvas de *Mansonia* y otras especies de mosquitos que son vectores de la encefalitis, malaria y filariasis; *c)* el crecimiento denso estorba o limita la navegación en lancha, disminuye la producción de peces y puede tapar las esclusas de compuerta. Sin embargo, las plantas acuáticas también conservan sustancias nutritivas, se pueden utilizar como forraje y fertilizante, y las infecciones ligeras pueden mejorar la producción de peces. Cuando algunas masas de agua llegan a estar completamente eutrofizadas, las plantas acuáticas flotantes se pueden utilizar para eliminar los nutrientes que son la base de la gran multiplicación de las algas. Sin embargo, estas plantas después se reproducen excesivamente. La eliminación mecánica, si fuese factible, es la mejor forma de lograr el equilibrio adecuado, y el material vegetal que se saca puede utilizarse para fertilizar campos agrícolas.

#### *Calidad del agua*

Generalmente, cuando la presa está cerrada, la calidad del agua se modifica de manera drástica. El cambio de un ambiente léntico a uno lótico suele acarrear una pérdida de oxígeno que puede acelerarse con la descomposición de la vegetación ahogada. A menudo mueren muchos peces con el consiguiente agravamiento de las condiciones anaeróbicas y la contaminación. Hay muchos cambios en la calidad del agua, incluidos el color sucio de la materia orgánica y un gran contenido de productos de descomposición orgánica de mal olor (sulfuro de hidrógeno), así como un descenso en el pH. También se puede presentar

estratificación que ocasione condiciones anaeróbicas en la parte profunda del embalse, con poca vida o ninguna, y la consiguiente disminución de la producción de peces.

#### *Efectos río abajo*

Cuando se cierran las esclusas se suprime el abastecimiento a la parte inferior del río y se pueden producir muchos efectos como la pérdida de peces fluviales, pérdida de agua para la agricultura, para la gente y los animales domésticos, falta de inundación y de sedimentación de limo fértil e intrusión potencial de agua salinizada a lo largo de la orilla. Cuando la presa está llena, y de acuerdo con los planes de utilización, habrá agua disponible sólo a intervalos irregulares cuando se abran las esclusas, o se sigan regímenes de uso del agua basados en la necesidad. La salida irregular de agua de la presa puede perjudicar a la agricultura de las tierras bajas que estén a lo largo de la parte del río inferior a la presa. Esto suele ocurrir con la agricultura irrigada con agua de la presa en la periferia del embalse de las presas hidroeléctricas. Las inundaciones violentas e irregulares pueden producir erosión grave del valle fluvial que acarrea sedimentación río abajo y en áreas deltaicas. También puede haber daños ocasionados por inundación, si no se controla bien el flujo de salida del agua.

También se puede proporcionar agua de riego río abajo; la presa puede dar un abastecimiento continuo y regular, inclusive en la estación seca. Asimismo, la presa surte de agua a los caracoles y a los mosquitos de la malaria para su reproducción durante todo el año, especialmente en los canales de abastecimiento y drenaje y en áreas de irrigación inundadas.

#### *Problemas animales*

La mayoría de los procedimientos de manejo del agua, especialmente cuando la irrigación forma parte del uso planeado de la presa, aporta un suministro casi continuo de agua corriente abajo y, por tanto, una mayor actividad agrícola.

A menudo plagas de roedores infestan los campos irrigados de arroz o de caña de azúcar. El exceso de roedores en los campos agrícolas y en sus inmediaciones no solo destruyen las cosechas pero también favorecen la formación de grandes poblaciones de depredadores los cuales han estado involucrados en serios brotes de rabia. Los roedores y los carnívoros son reservorios de varias cepas de *Leptospira*, la leishmaniasis y la encefalitis equina venezolana. La hidatidosis infesta a mamíferos silvestres en Sudamérica, sobre todo a muchas especies que prefieren los ambientes húmedos. La leptospirosis y la salmonelosis se albergan en los roedores.

En todas las regiones mencionadas ha habido varios brotes de encefalitis equina del oeste, que incluyeron números significativos de casos humanos. Estas enfermedades, la encefalitis de San Luis y la virus Rocio tienen como reservorios-huésped a aves silvestres. Además de su importante papel como huéspedes reservorios, las aves también pueden intervenir en forma significativa en la amplia diseminación de agentes de enfermedades humanas. Las presas atraen a una gran variedad de aves acuáticas, muchas de las cuales recorren al migrar distancias extraordinarias. Se ha observado, por ejemplo, que las enfermedades arbovirus son transportadas por aves migratorias. Durante la migración las aves acuáticas se detienen a menudo para descansar y alimentarse en embalses en los que los mosquitos pueden picarles, e inician así nuevos focos de enfermedades que se pueden difundir al resto de la región.

#### Utilización de la evaluación ecológica en la toma de decisiones

Hay una serie de decisiones que competen a la comisión o las autoridades políticas responsables del proyecto de la presa. Es imprescindible incluir lo más pronto posible, en estas deliberaciones, las consideraciones ambientales y ecológicas humanas y los posibles efectos adversos. La información ecológica y relacionada con ella debe presentarse con claridad y a tiempo. En muchos casos contaremos con datos escasos o nulos sobre el proyecto específico, por lo cual es necesario utilizar la experiencia derivada de otros proyectos de presas.

Hay una cronología para las decisiones que exige respuestas rápidas a algunas cuestiones y concede más tiempo a otras. Puede servir de gran ayuda un diagrama que indique el momento de los puntos de decisión, así como los insumos necesarios requeridos para las respuestas.

#### Tecnología de evaluación

Cuando se los enfoca desde el punto de vista de la salud, los métodos de evaluación para los proyectos de las presas, aunque similares a los adecuados a otros proyectos de desarrollo, difieren sin embargo de las evaluaciones hechas principalmente para proteger a especies raras y en peligro de extinción. Se han realizado muy pocas evaluaciones ambientales realmente completas. Es evidente que para cualquier región sería imposible, y en la mayoría de los casos innecesario, hacer un inventario completo de la composición de especies y la abundancia de todos los organismos vivos con sus fluctuaciones cíclicas anuales. Una evaluación adecuada debe ir dirigida a metas definidas, en nuestro caso a la salud humana. Por lo tanto, es importante prever los problemas de salud que pueden surgir debido a la localización de los embalses, y esto es algo que se puede lograr mejor si se estudian los problemas observados ya en

presas que están funcionando. Desgraciadamente muchas veces se han observado brotes verdaderamente graves de diversas enfermedades y no se han registrado. En consecuencia, además del estudio de los problemas pasados, reviste igual importancia una apreciación eficiente de aquéllos que podrían surgir debido a las condiciones especiales inherentes a las presas

Desde el punto de vista de la salud las evaluaciones ambientales de las presas deben examinar primordialmente los organismos patógenos, las sustancias tóxicas y los factores socioeconómicos, todos los cuales pueden afectar la salud de los colonos locales. Tienen importancia considerable los animales que sirven de depositarios, los insectos que son vectores, las plantas que favorecen la reproducción de huéspedes y vectores, y la presencia y movimientos de las poblaciones humanas en relación con ellos. Por lo tanto, la metodología de evaluación debe dirigirse a medir la presencia de estos factores y tratar de predecir si los cambios asociados con la instalación de la presa, el sistema de irrigación, etcétera, alterarán las relaciones en formas tales que incrementen los riesgos para la salud.

#### *Vigilancia de las enfermedades transmitidas por animales*

*Vigilancia* quiere decir organizar un sistema con el que se puedan descubrir la enfermedad, u otros riesgos para la salud, antes de que alcancen proporciones graves. El sistema de vigilancia requiere información básica sobre los antecedentes, que incluya una descripción detallada del medio ambiente en su estado original, antes de construir la presa y el sistema de irrigación, para poder descubrir y medir los cambios.

#### *Estudios séricos*

Los estudios de los sueros de las poblaciones humanas locales, de los animales domésticos y de las aves y animales silvestres pueden constituir el mejor índice de la presencia de organismos patógenos, porque las tasas de anticuerpos generalmente sobrepasan a las tasas de infección. Es más fácil descubrir la presencia de los agentes de muchas enfermedades estudiando anticuerpos que aislando los microorganismos patógenos. Los estudios séricos deben planearse en forma adecuada, posiblemente también con estudios piloto, para que los exámenes subsiguientes puedan detectar aumentos estadísticamente significativos. El número de enfermedades transmisibles es alto pero no infinito, y la selección de las enfermedades probables de cualquier región dada restringe todavía más la lista. También, es necesario considerar en el estudio muchas enfermedades que nunca se han registrado en el sitio de la presa, pero que están presentes en la región. La selección de las enfermedades que deben incluirse en los estudios séricos exige la opinión más esclarecida de los

especialistas, que decidirán si incluir o no cada enfermedad, basándose en las probabilidades de su aparición y en el costo de llevar a cabo las pruebas.

#### *Poblaciones huésped de vertebrados*

Un aspecto necesario de la evaluación de una presa es la determinación de la composición de especies de mamíferos y aves, tanto domésticos como silvestres, ya que éstos cambiarán con el tiempo. Un censo de los animales domésticos es un trabajo relativamente fácil que se puede llevar a cabo el mismo tiempo que se realizan el censo humano o las encuestas de sueros. Sin embargo, determinar la abundancia de mamíferos y aves silvestres es algo mucho más difícil. Aunque se cuenta con un gran número de técnicas censales, ninguna es óptima. Lo ideal sería saber cuántos individuos de cada especie se encuentran en un área determinada. Si bien esto es posible, resulta costoso y lento, y por eso es más práctico obtener índices de la abundancia relativa de los vertebrados silvestres. Los índices tienen otra característica atractiva: es su mayor adaptabilidad a las pruebas estadísticas. También en este caso, como en el de las encuestas de sueros, se necesita la opinión de un especialista que decida qué especies son lo bastante abundantes y potencialmente problemáticas como huéspedes-reservorios, para ameritar atención. Hay que pensar muy bien cuáles especies son las que tienen más probabilidades de ser favorecidas por los cambios que acarrearán en el futuro la presa y el sistema de irrigación, y debe llevarse un cuidadoso registro de los cambios en la población.

#### *Huéspedes y vectores invertebrados*

Es necesario contar con la información inicial sobre la presencia de huéspedes y transmisores de enfermedades humanas, a fin de poder determinar los riesgos potenciales. En especial, hay que capturar mosquitos y hacer el censo por medio de varias técnicas, para determinar la composición por especies y la abundancia relativa. Puesto que el embalse aumentará el hábitat acuático disponible, la composición por especies y la abundancia de caracoles es un aspecto necesario de la evaluación; se deben incluir también las fuentes de una posible invasión de los caracoles.

#### *Determinación de los cambios*

Todos los factores anteriores, y también la vegetación, cambiarán indudablemente con la construcción de una presa. Esos cambios deben vigilar-

se para decidir si presentan un riesgo potencial para la salud humana. En la mayoría de los casos, aunque no exista el microorganismo patógeno apropiado, el aumento del número de huéspedes y/o transmisores es un motivo real de alarma, que exige medidas de control. Por lo tanto, la vigilancia debe ir dirigida a determinar los cambios vegetativos que favorecen el aumento de la población de vectores y huéspedes, los aumentos en las cifras de población de estos animales y el descubrimiento rápido de la aparición o aumento de los microorganismos patógenos. Las pruebas séricas realizadas a intervalos estratégicos pueden dar tempranamente la señal de alarma de una epidemia inminente, permitiendo así tomar las medidas de control necesarias para impedir el brote.

#### *Control y prevención*

Tradicionalmente, el control de vectores de enfermedad e incluso el de algunos huéspedes-reservorios como los roedores, ha exigido el uso de agentes tóxicos: insecticidas, rodenticidas, molusquicidas, etcétera. Sin embargo, el uso creciente de estos compuestos químicos a escala masiva, incluso por aplicación aérea, puede resultar peligroso. En consecuencia, se están buscando y encontrando estrategias alternativas, para minimizar el uso del control químico y reducir significativamente la contaminación ambiental.

Las "estrategias ecológicas" para el control de las enfermedades van dirigidas al manejo de los huéspedes y de los vectores por manipulación ambiental. La manipulación ambiental tiene otras ventajas: además de disminuir la aplicación de compuestos químicos, los resultados suelen ser más duraderos y quizá más económicos.

La prevención y el control de las enfermedades, al igual que la evaluación ambiental y la vigilancia de las enfermedades, exige especialistas que conozcan el problema y los métodos de que se dispone. Ningún individuo, por buena que sea su preparación, puede ser experto en todos los aspectos. Por lo tanto, el enfoque adecuado para la prevención y el control de las enfermedades transmisibles debidas a las presas es el empleo de equipos de especialistas que proporcionen, juntos, la experiencia necesaria.

#### *Síntesis*

Los anteriores argumentos pueden sintetizarse en la siguiente enumeración.

*Decisiones iniciales de planeación sobre:* si es necesaria la presa y si se debe construir; alternativas a la construcción de la presa; usos del proyecto de la presa; localización de la presa y ubicaciones alternativas; costos-beneficios que incluyan los problemas de salud humana y los

efectos ambientales; vigilancia de los problemas de salud existentes en la región de localización de la presa; realización de una evaluación ecológica; realización de un plan de uso de la tierra; elaboración de planes de manejo ecológico

*Decisiones tomadas en el transcurso de la construcción, antes de llenar la presa:* si se debe limitar o excluir a la población (especialmente en las laderas más escarpadas de la cuenca); establecimiento de parques nacionales o reservaciones; talar completamente, talar selectivamente, o no cortar la vegetación forestal en la zona del embalse, estudiar y tratar de eliminar las fuentes de plantas acuáticas y caracoles.

*Decisiones que se toman mientras se llena la presa y después:* determinación de estándares para la calidad del agua, determinación de diferentes zonas y leyes para el uso de la tierra, vigilancia, prevención y control de los vectores y los huéspedes de enfermedades, manejo de las plantas acuáticas, medidas para la prevención y el control de las enfermedades.

### **Manejo ambiental**

La evaluación ambiental eficaz de la salud humana y la planificación cuidadosa del uso de la tierra pueden prevenir o eliminar muchos problemas costosos y hacer que el manejo del embalse y la cuenca sea más fácil y menos caro. Hay muchos ejemplos de problemas desastrosos debidos a la falta o a la ineficacia de la evaluación, la planificación y la administración. El uso apropiado de esta experiencia incrementa ahora las oportunidades de éxito y de prevención de errores. Los problemas de la sedimentación y el consiguiente relleno de las presas, los problemas de las hierbas acuáticas, los brotes de enfermedades y otros problemas, a menudo pueden prevenirse o mejorarse de antemano. Sin embargo, es necesario contar con manejo y vigilancia ambientales y ecológicos competentes

Antes de construir una presa y llenar el embalse, es esencial fijar un plan de uso de la tierra que tenga en cuenta la prevención de la pérdida de recursos y la utilización de los recursos en forma eficaz y sin degradación. El plan del uso de la tierra debe designar las áreas de tierra y agua para lograr el uso máximo de los recursos y evitar la degradación.

Un plan de manejo ambiental general debe estar estrechamente relacionado con el plan de uso de la tierra y los planes de reubicación de la población, y tiene que incluir vigilancia epidemiológica. La fijación, y en especial el cumplimiento, de los estándares de calidad ambiental, deben estar relacionados con, y depender de, una gestión ambiental eficiente. El registro periódico de los parámetros de calidad ambiental y del agua, así como la vigilancia epidemiológica, reflejarán claramente los éxitos o fracasos del manejo ambiental.

El manejo ambiental continuo de la cuenca y del embalse es evidentemente imprescindible para su protección, así como para el bienestar de los habitantes de la zona. Hay que subrayar que el manejo eficaz puede mejorarse mucho con una planificación preliminar y cuidadosa del uso de la tierra y del agua. Dicha planeación puede evitar o mejorar problemas potenciales graves, o desastres que han tenido lugar en otras presas y embalses. La gestión pues, consiste en la vigilancia y el cumplimiento adecuados del uso de la tierra, la fijación de zonas y los estándares. También incluye la evaluación y la investigación de diversos problemas, entre ellos los imprevistos, y el planteo de recomendaciones sobre el control y manejo apropiados.

Para que la evaluación ecológica y el manejo ambiental sean eficaces se necesita personal entrenado y con experiencia en ecología, planificación del uso de la tierra, manejo de pesquerías, calidad del agua y también personal especializado para enfrentarse a problemas específicos relacionados con las poblaciones humanas, la industrialización, u otras situaciones especiales. Asimismo se requiere una estrecha cooperación entre los organismos gubernamentales.

#### **Manejo de la cuenca**

El manejo eficaz de la cuenca del embalse es imprescindible para evitar inundaciones, sedimentación y contaminación tanto del embalse como río abajo. También es necesario el manejo de la vegetación, la agricultura y pastizales, la industria, la minería, el transporte y las poblaciones humanas, en particular en zonas vulnerables con laderas escarpadas, áreas ecológicamente frágiles, como los bosques tropicales, o regiones áridas en las que el apacentamiento puede resultar excesivo. Las áreas muy vulnerables o ecológicamente frágiles tienen que protegerse con leyes estrictas y formación de parques nacionales y reservas.

Es esencial contar con un plan de uso de la tierra cuidadosamente elaborado, que fije áreas de uso específico de la tierra, en las que la población, la industria, la agricultura, el apacentamiento y otras actividades queden localizadas, igualmente, otras áreas en las que esas actividades queden prohibidas por razones específicas válidas. Es importante designar corredores de transporte eficaz en la planeación preliminar

#### *Modificaciones de la cubierta vegetal*

La destrucción de la vegetación en la cuenca, especialmente en las laderas escarpadas, acarrea rápido deslave, erosión severa y sedimentación en la presa. Para evitarlo se requiere un manejo cuidadoso, especialmente al aumentar la presión demográfica. Al haber mayor población suele crecer la demanda de áreas agrícolas, de leña y madera, por lo cual se cultivan

las laderas escarpadas, que pierden la cubierta vegetal. A menudo estas zonas se degradan con rapidez y los agricultores las abandonan para seguir el patrón destructivo de los cultivos de roza y quema. La tala del bosque maderable también destruye a menudo la cuenca, si no se hace con cuidado. La recolección constante de leña puede eliminar la vegetación, especialmente en las regiones áridas. Todo esto, combinado con el exceso de pastoreo, arruina rápidamente las cuencas.

La producción agrícola de determinadas cosechas, sobre todo si se practica el monocultivo, exigirá el uso de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas. Es necesario un uso cuidadoso para evitar la contaminación del agua subterránea o de la que se toma como agua potable, para irrigación o para conservar la vida acuática. En las zonas donde se usan muchos insecticidas se puede producir resistencia en las plagas que atacan a las plantas, y también en los mosquitos vectores de la malaria y de la encefalitis. Por lo tanto, es esencial contar con planes de gestión ambiental respaldados por leyes que se apliquen a las diferentes zonas con las restricciones necesarias, que deben incluir una regulación cuidadosa de la población humana presente y de sus actividades, para evitar los daños derivados de una población superior a la capacidad de la tierra.

Las relaciones entre la cantidad de vegetación forestal eliminada de la cuenca y la erosión, sedimentación y disminución de la vida de la presa resultantes, han sido calculadas en un modelo computarizado para la presa Guri, en Venezuela. Se calcularon las correlaciones de la vida de la presa con los diversos niveles de destrucción del bosque. En otros estudios se han hecho las correlaciones entre la destrucción forestal y los deslaves e inundaciones. Los programas de manejo adecuado pueden elaborarse siguiendo este tipo de conocimiento científico.

La reforestación de las áreas taladas debe tenerse en cuenta especialmente en la periferia del embalse. Más tarde se la declara zona de conservación y reforestación y hay que prohibir la entrada a la gente para evitar la erosión y destrucción de la orilla. Por lo tanto, el manejo eficiente y el control de la erosión, la calidad del agua y la pérdida de agua pueden conducir a largo plazo a un aumento en los rendimientos agrícola y pesquero, y mejorar la nutrición y calidad de la vida, no sólo de la población actual sino de la futura.

#### *Industria y minería*

Un plan de uso adecuado de la tierra debe tener en cuenta la extracción o explotación de recursos naturales no renovables como metales, petróleo, carbón, grava y arena. La planificación debe incluir las medidas adecuadas para disponer de la basura y desechos sin ocasionar una destrucción ambiental grave. Los recursos mencionados deben estudiarse al principio de la planificación, y hay que planear y evaluar los posibles impactos, para minimizar los efectos.

En la presa se pueden desarrollar servicios industriales, ya que se cuenta con agua, hidroelectricidad y quizá un aumento de la población. La gestión adecuada sólo es posible con una planificación previa para ubicar a las industrias lejos de las poblaciones y cultivos, o en contra de los vientos dominantes, o eliminando los contaminantes tóxicos del aire mediante dispositivos de control por precipitación o lavado. También es necesario planear la eliminación adecuada de las aguas residuales, a fin de evitar la contaminación directa de la presa o de la corriente río abajo, lo que podría obstaculizar el éxito de los programas de agricultura de riego y de pesca. En los planes de gestión hay que estudiar el posible uso de estanques de sedimentación y tratamiento y, sobre todo, el reciclaje o el uso de los desechos.

El control de sustancias tóxicas en el aire y en el agua es imprescindible, especialmente en relación con el ambiente inmediato de las poblaciones humanas. El bióxido de azufre es una de las emisiones contaminantes más importantes, pero también hay que vigilar los metales pesados como el mercurio de las fábricas de cloruros de álcalis, o el cromo de las curtiembres.

#### *Población humana*

Aunque en otras secciones se trata este tema con mayor detalle, se debe subrayar que el manejo eficiente de la cuenca exige una planificación para la población humana.

La construcción de carreteras y el embalse atraen migrantes que se establecen en la cuenca. La población desplazada de sus hogares por la inundación de la presa tiene que ser reubicada. Es necesario fijar centros de población humana en los que haya mejores condiciones de vida y también menor destrucción del ambiente. En el proceso, los planificadores y administradores deben tener en cuenta los problemas de salud humana. Por ejemplo, si una gran presa nueva tiene una abundante población de caracoles vectores en una región en la que la esquistosomiasis es endémica, hay que pensar en situar los nuevos poblados o ciudades a alguna distancia del embalse infestado, ya que el control de la enfermedad siempre es difícil. En este caso habrá que estudiar cómo evitar el contacto con el agua y prevenir la infección del agua por la gente. Con suficiente anticipación se ha de hacer la división en zonas para poder situar a las poblaciones en las áreas más adecuadas en las que el impacto de la ocupación humana, incluidos la exposición a los vectores y la descarga de las aguas residuales, basura y otros desechos, pueda atenderse apropiadamente sin problemas graves de contaminación ambiental y enfermedades. El manejo de la cuenca, debe incluir las perspectivas futuras que abarquen una planificación preliminar de 5 a 10 años en relación con los aumentos demográficos y necesidades, y sobre todo en lo tocante a la salud.

*Parques y reservas*

Las reservas naturales, como parques nacionales, reservas forestales y de caza, áreas naturales, parques escénicos, históricos y arqueológicos, pueden crearse para conservar los recursos naturales, y permitir el uso recreativo de tipo público sobre bases controladas y perdurables. Sin embargo, es esencial que esos lugares y reservas se manejen y controlen en forma adecuada; de lo contrario, si no se protegen los animales silvestres, los bosques valiosos y las zonas arqueológicas, tre cuentamente se sobreexplotan y se destruyen.

*Manejo de embalses*

El manejo del embalse exige una cuidadosa planificación, especialmente en lo que concierne al uso futuro de la tierra y el agua. El manejo adecuado y continuo es imprescindible para prevenir problemas de salud en lo referente a enfermedades transmitidas por vectores y a la contaminación, para hacer prosperar la agricultura y la producción de la pesca, para controlar las plantas acuáticas, para proporcionar agua de una calidad adecuada a los usos específicos de la presa y para evitar el relleno del embalse por sedimentación y la pérdida de producción hidroeléctrica. Además, muchas presas se pueden administrar para desarrollar el recreo y el turismo, haciendo que el embalse y la cuenca sean recursos *estéticamente valiosos*.

*Salud pública*

Las alteraciones ambientales producidas por la construcción de una presa, especialmente al llenarla, ocasionan problemas de salud pública importantes, pero también presentan oportunidades de mejoramiento de la salud pública. Por lo tanto, en la planificación preliminar hay que incluir desde un primer momento personal médico, servicios y suministros médicos para la cuenca.

Los principales problemas de salud pública que deben enfrentarse en muchos embalses son ocasionados por el aumento en la producción de vectores y huéspedes. Los más importantes se discuten en las páginas 113 ss. Otros problemas de salud pública derivados de las presas incluyen las enfermedades producidas por gusanos parasitarios, la falta de un abastecimiento adecuado de agua y la sanidad, enfermedades como la miasis y determinadas virosis que se adquieren al despejar áreas de selva tropical, y enfermedades resultantes de los cambios conductuales humanos o el hacinamiento, sobre todo si hay poblaciones de trabajadores recién llegados. También pueden presentarse problemas nutricionales debido a los cambios en la dieta o a la falta de una dieta adecuada. Los

problemas relacionados con la descarga de aguas servidas y la basura, la contaminación con productos químicos debida al uso de plaguicidas y herbicidas agrícolas o de otro tipo, y la contaminación industrial, son problemas que hay que tener en cuenta en el manejo adecuado de la presa.

#### *Nivel del agua*

También hay que regular el nivel del agua para evitar diversos problemas y maximizar su uso múltiple. En las regiones que tienen bien marcadas las estaciones seca y de lluvias, el nivel de la presa desciende a menudo durante la estación seca debido a la combinación de los usos para producción de energía hidroeléctrica, irrigación, o abastecimiento de agua en otra región. Si se puede prever que el período de nivel más bajo de la presa es bastante largo, se puede cultivar por irrigación a lo largo de toda la periferia del embalse por debajo del nivel máximo del espejo de agua. Esta superficie puede constituir una importante zona agrícola, con suelo rico, agua abundante y pocas hierbas. Durante esta temporada el abastecimiento de agua río abajo también puede ser importante para la agricultura. Sin embargo, estos usos exigen coordinación con la estación de cultivo local y hay que evitar los cambios caprichosos en el nivel del agua debidos sólo a consideraciones de la producción de electricidad.

#### *Control de la calidad del agua*

Los estándares de calidad del agua de una presa y su control dependen del uso que se vaya a dar al agua. Si se piensa abastecer de agua potable a personas y animales es necesario evitar la contaminación química y de aguas negras y la turbidez. Sin embargo, si el agua se va a utilizar para la irrigación o la industria, los estándares de calidad pueden ser algo más bajos. Para la producción de hidroelectricidad se puede usar casi cualquier clase de agua, excepto la que tenga un elevado nivel de acidez, que podría corroer las turbinas.

Por lo tanto, es necesario decidir por adelantado el uso del agua, fijar los estándares de calidad adecuados y evaluar las fuentes que aportan agua y contaminación, tras lo cual se pueden decidir los estándares de calidad y tomar medidas para evitar la contaminación con métodos como la instalación de servicios de albañal, estanques de sedimentación para las ciudades, y tratamiento del agua, recuperación de contaminantes u otras medidas industriales.

La calidad del agua puede ser muy baja en una presa nueva en la que no se cortó y quemó la vegetación. El exceso de cenizas acumuladas después de quemar la vegetación también puede hacer descender la calidad del agua. Esta situación puede mejorar después de varios años, pero

un factor importante es la tasa de flujo. Si afluye poca agua, el líquido de la presa puede permanecer estancado durante un período más prolongado que cuando un gran volumen de agua fluye rápidamente a través de la presa. El procedimiento para determinar los estándares de calidad de una presa son los siguientes:

- definir los usos de la presa para fijar los estándares necesarios, por ejemplo, para agua potable, irrigación, acuicultura, electricidad, recreo,
- evaluar la calidad del agua que entra a la presa, la tasa de flujo y el tiempo de permanencia en el embalse,
- evaluar la contaminación presente y potencial del embalse, debido al drenaje, la industria, los compuestos químicos agrícolas, la vegetación podrida o la salinización. Determinar los grados de prevención o control posibles,
- fijar estándares de calidad basados en: *a)* uso del agua; *b)* parámetros críticos; *c)* documentos sobre criterios; *d)* evaluación del riesgo; *e)* aspectos económico, legal y práctico,
- elaborar programas de vigilancia práctica para los parámetros críticos que incluyan procedimientos de muestreo y medida, equipo y frecuencia de la vigilancia. Resaltar los parámetros de importancia directa para la salud, respecto a los cuales se pueden tomar medidas que cambien los valores de las fuentes críticas de mala calidad del agua

#### *Sedimentación excesiva*

La vida de muchos embalses depende de la tasa de sedimentación, especialmente detrás de la presa. El control de la sedimentación está en función del manejo adecuado de la cuenca, ya comentado anteriormente. Otra fuente de depósito en el fondo de la presa son los desechos de las plantas acuáticas flotantes. Cuando éstas mueren o se pudren, año tras año se acumulan en el fondo muchos restos orgánicos. Es otra razón para controlar el crecimiento de las plantas acuáticas flotantes. Además, hay que cuidar las orillas para evitar la erosión y la acumulación de sedimentos. El crecimiento controlado de la vegetación acuática emergente, como los juncos (*Scirpus* y *Typha*) puede reducir significativamente la erosión de las orillas debida al oleaje, y resulta más económico que otros métodos, como reforzar las orillas con piedras o cemento armado.

La fisiografía del embalse —si es poco o muy profundo, con o sin meandros estacionales— y la altura de las esclusas de entrada, son factores que hay que tomar en consideración para precisar el peligro potencial de la acumulación de sedimentos y la pérdida de producción hidroeléctrica. Algunas presas de América Latina se han llenado de sedimentos en tres años, como ocurrió con la de Anchicayá, en Colombia.

El manejo ecológicamente adecuado de la vegetación forestal, de la agricultura, el pastoreo, las plantas acuáticas, la industria, la minería y los usos recreativos es indispensable para evitar la acumulación prematura del sedimento y conservar el estándar de vida y salud de las personas que pueblan los alrededores del embalse.

#### *Recreación y turismo*

Las presas pueden crear áreas de gran valor recreativo, por ejemplo pesca, natación, deportes acuáticos, navegación y valor escénico en general. Todo esto puede mejorar la calidad de vida de la población de la región, si se maneja la presa adecuadamente, y puede aportar mayor turismo e ingresos monetarios.

El turismo exige que la calidad del agua sea lo suficientemente buena como para nadar y pescar, y que el embalse tenga una apariencia atractiva. La determinación de áreas naturales, parques y reservas también fomentará el turismo, sobre todo si hay vegetación y animales silvestres.

Los embalses ofrecen la oportunidad de mejorar el medio ambiente con planeación y manejo adecuados, pero también pueden acarrear desastres ambientales y problemas de salud pública; en consecuencia, las autoridades nacionales deben vigilarlos continuamente.