

# EL PROTOCOLO PARA EL MANEJO DE ECOSISTEMAS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

*Manuel Maass y Helena Cotler*

## INTRODUCCIÓN

LA DISPONIBILIDAD DE AGUA ha sido, es, y seguirá siendo un elemento clave en el desarrollo de las sociedades humanas (Barkin y King, 1986). Desde tiempos de los sumerios, hace más de 3,000 años, el ser humano ha reconocido a las cuencas hidrográficas como unidades del paisaje sumamente útiles para el manejo de sus recursos hidrológicos, ya que éstas constituyen embudos naturales que permiten colectar el agua de lluvia que cae sobre grandes extensiones de terreno. No obstante este reconocimiento ancestral sobre la utilidad de las cuencas hidrográficas como unidades de manejo de agua, es hasta mediados del siglo pasado cuando se comienza a reconocerlas como excelentes unidades de manejo integrado de los recursos y servicios que nos brindan los ecosistemas (Swank y Crossley, 1988).

No fue sino hasta finales del siglo XIX que los científicos comenzaron a describir y entender que la naturaleza es un intrincado entramado de procesos físicos, químicos y biológicos, conformando lo que ahora se conoce como ecosistemas naturales (Bormann y Likens, 1967). Asimismo, no fue sino hasta hace algunas décadas que se reconoció la capacidad tecnológica del ser humano para transformar dichos ecosistemas a escalas globales (Vitousek, 1992), y sólo algunos años que se comienza a reconocer la severa crisis ambiental causada por la transformación de los ecosistemas naturales, así como la dependencia del ser humano de los servicios que estos prestan (Ehrlich y Ehrlich, 1991). Cada vez es más evidente la urgencia de modificar nuestros esquemas de desarrollo económico y social basado en la utilización y deterioro del capi-

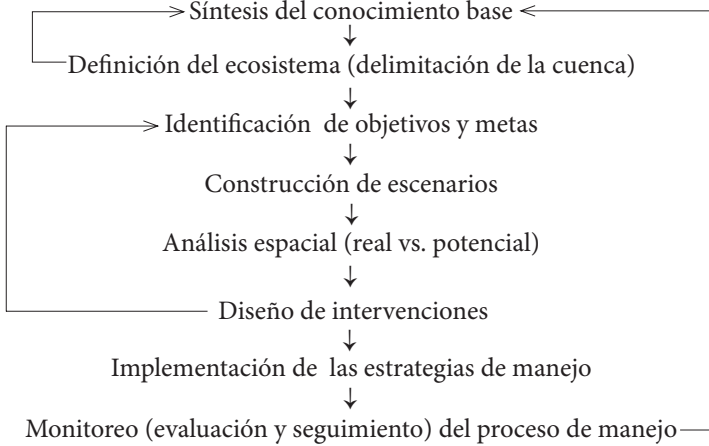
tal natural hacia unos más respetuosos de los ecosistemas naturales. El desarrollo sustentable, entendido como aquél que es económicamente rentable, socialmente aceptable y ecológicamente viable, sólo podrá lograrse manejando de manera integral los capitales económico, social y natural disponibles (Hollings, 1993). El capital natural, sin embargo, no sólo se restringe a los bienes materiales y tangibles que nos apropiamos de la naturaleza (frutos, minerales, fibras, precursores de medicinas, etc.) sino además una infinidad de procesos ecológicos que regulan y mantienen los ecosistemas, los cuales son tan o más importantes que los mismos productos que extraemos. Tal es el caso de los procesos que regulan el clima, los que mantienen la fertilidad de los suelos, los que controlan las inundaciones, los que purifican el agua, los que mantienen la biodiversidad, los que les dan estabilidad a los ecosistemas, etc. (Daily *et al.*, 1997). Estos procesos, que operan a diferentes escalas espaciales y temporales, están íntimamente ligados entre sí por lo que no es posible manejarlos de manera aislada. Es por ello que más que un manejo del agua o del suelo, debemos hablar de un manejo integrado de ecosistemas (MA, 2003).

## EL PROTOCOLO DE MANEJO DE ECOSISTEMAS

Christensen *et al.* (1996) definen el manejo de ecosistemas como: “*el manejo guiado por metas explícitas, ejecutado mediante políticas, protocolos y prácticas específicas, y adaptable mediante un monitoreo e investigación científica, basados en nuestro mejor entendimiento de las interacciones y los procesos ecológicos necesarios para mantener la composición, la estructura y el funcionamiento del ecosistema.*” Esto es, el manejo de ecosistemas se puede concebir como una secuencia de pasos a seguir, los cuales están alimentados con información proveniente de los diferentes sectores involucrados en la toma de decisiones e implementación (Stanford y Poole, 1996).

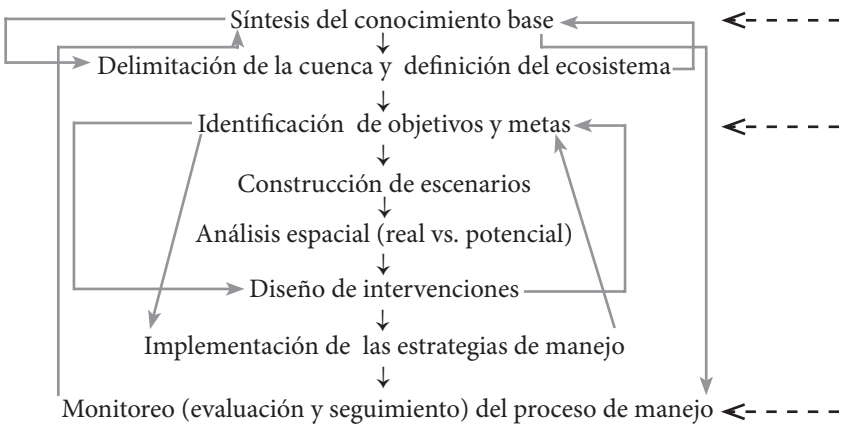
Todo comienza con un análisis y síntesis de la información existente que nos permita hacer un diagnóstico de la situación y nos ayude a definir el contexto natural, social y económico en el que se dará nuestro manejo de ecosistemas (Figura 1). Ello nos permitirá definir el socio-ecosistema con el que se trabajará, estableciendo claramente los actores sociales y las escalas espaciales y temporales de abordaje al problema. Mediante un proceso de acción participativa con todos los sectores sociales involucrados, se podrá entonces identificar los objetivos de manejo, así como las metas específicas a ser alcanzadas a corto, mediano y largo plazo (Figura 2). Una vez condensadas las estrategias

Figura 1. Pasos a seguir en el manejo integrado de cuencas hidrográficas



Fuente: modificado de Stanford y Pool, 1996.

Figura 2. Posibles puntos de inicio (→) y dinámica (→) en el manejo de ecosistemas



de manejo, éstas son implementadas y monitoreadas a fin de retroalimentar los procesos siguiendo un esquema de manejo adaptativo.

El presente protocolo tiene como objetivo delinear los pasos a seguir en la implementación del manejo de ecosistemas, utilizando a las cuencas hidrográficas como unidades de manejo integral.

### Recuadro 1

#### Caracterización y diagnóstico de información en cuencas con manejo

Prácticamente todas las cuencas del país presentan algún tipo de manejo o uso del suelo. Por ello, el primer paso, será especificar dichos usos. En función del tamaño de la cuenca y la escala de estudio, el detalle de la información puede variar desde la definición de actividades productivas hasta la caracterización de sistemas de producción (ej: agricultura de temporal a agricultura de temporal en laderas, con rotación de maíz y frijol, en surcos en el sentido de la pendiente, con bajos rendimientos, para autoconsumo; presencia de zonas urbanas a número de habitantes por zona urbana y plantas de tratamiento).

En la mayoría de las cuencas del país, un elemento recurrente será la escasez o ausencia de datos de base a una escala adecuada. Ante ello, se tendrá que recurrir a las fuentes de información existentes (a escala 1:250,000 en su mayoría), al análisis de imágenes satélites o fotografías aéreas o bien, en caso necesario, a la sistematización de información a partir del trabajo de campo.

En una segunda etapa se pueden definir los impactos a nivel de cuenca que causan cada una de las actividades (ej: sedimentos en cuerpos de agua, coliformes en ríos, tasa de deforestación, tipo y grado de degradación de suelos, cambio de uso del suelo, etc.).

De esta manera, se desprenden los usuarios y actores con los cuales será necesario trabajar para cada objetivo en particular, así como los incentivos y programas que rigen estas actividades.

Cada uno de los pasos será descrito brevemente, mencionando los elementos conceptuales involucrados, así como recomendaciones de tipo práctico para su implementación.

## DIAGNÓSTICO Y SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN

En ningún programa de manejo integrado de cuencas se parte de cero. Tampoco es necesario conocer todos y cada uno de los aspectos relevantes para iniciar un proceso de manejo. Más que una búsqueda y análisis exhaustivos de la información existente, debemos concentrarnos en preguntas clave para identificar el contexto natural y socioeconómico en el que se dará nuestro manejo de ecosistemas.

Por ejemplo, desde una perspectiva ecológica, debemos preguntarnos: ¿cuáles son los principios ecológicos que pueden ser utilizados para el manejo de este ecosistema en particular?; ¿cuáles son los procesos ecológicos que mantienen la integridad de este ecosistema?; ¿cuáles son los principales factores que alteran a este ecosistema?; ¿puede definirse una referencia de buen manejo de este ecosistemas y con qué criterios se evalúa?; ¿existe una escala espacial y temporal adecuada para abordar el manejo de este ecosistema?, y ¿cuáles son las limitaciones para un buen manejo de este ecosistema (Maass *et al.* en prensa).

Asímismo, y desde una perspectiva socioeconómica, otras preguntas importantes son: ¿cuál es la historia del manejo de este ecosistema en particular?; ¿qué sectores sociales están involucrados en el proceso de manejo de este ecosistema?; ¿qué instituciones regulan las actividades de manejo en que participan los actores involucrados?; ¿qué discursos y argumentos provienen de estos diferentes sectores sociales que participan en el proceso de manejo?; ¿qué valores, actitudes, conductas repercuten en el control y/o mantenimiento de la integridad estructural y funcional de los ecosistemas? (Castillo *et al.*, 2005; Raúl García Barrios y Medardo Tapia, com. pers.).

## DEFINICIÓN DEL ECOSISTEMA

Los programas de manejo de ecosistemas se pueden concebir a diferentes escalas, ya sea desde el nivel de una parcela agrícola o hasta toda una región de cientos de miles de km<sup>2</sup>. Es por ello que, con base en un primer análisis de la información existente, será necesario definir con claridad el ámbito espacial y temporal en el que se dará el manejo integrado de ecosistemas.

Los ecosistemas son sistemas complejos en los que la materia y la energía fluyen y se almacenan mediante procesos que operan a diferentes escalas espaciales y temporales (Osmond *et al.*, 1980). Es importante reconocer que hay procesos, como la descomposición de la materia orgánica en el suelo o la fotosíntesis, que se dan en unos cuantos metros cuadrados y operan en términos de días o meses. Al mismo tiempo hay procesos que toman más tiempo y requieren grandes espacios para operar, como es el control del clima o la recarga de acuíferos. De igual forma, es importante reconocer que los ecosistemas son sistemas abiertos y muchas veces no tienen límites bien definidos. Esto significa que la materia y energía entran y salen libremente, conectando unos ecosistemas con otros. Esta interconexión entre sistemas nos obliga a considerar los

posibles efectos que los esquemas de manejo que aplicamos en un ecosistema puedan tener en ecosistemas adyacentes (Maass y Martínez Yrizar, 1990).

Para lidiar con este carácter abierto de los ecosistemas donde sus límites no están bien definidos, y para tener una mejor apreciación y control de las interacciones entre sistemas colindantes, se ha utilizado el concepto de cuencas hidrográficas como criterio para definir la unidad de manejo. Las cuencas hidrográficas son unidades del paisaje que, debido a su topografía, hacen que el agua drene a un punto común. Las cuencas sí tienen límites bien definidos (su parteaguas), lo que permite aislar de manera más eficiente los flujos de entrada de agua al ecosistema. Asimismo, las cuencas nos permiten tener un mejor conocimiento de lo que ocurre con las salidas de agua, porque presentan una boca por la que se concentran los flujos de salida por escorrentía. Al ser las cuencas hidrográficas expresiones naturales del paisaje, en el que sus límites están definidos de manera funcional, muchos de los procesos que controlan la dinámica del ecosistema son contenidos hacia el interior de dicho espacio. De hecho, la dinámica hidrológica en un ecosistema es análoga a un sistema circulatorio donde los elementos minerales y una buena parte de la energía disponible fluyen de manera integrada dentro del mismo (Likens, 1985).

Este carácter funcional e integral de las cuencas hidrográficas, aunado al hecho de que tienen límites precisos y salidas puntuales, las hacen excelentes unidades de manejo de ecosistemas (Sarukhán y Maass, 1990). Más aún, las cuencas hidrográficas tienen un carácter jerárquico y anidado en el que una gran cuenca (digamos de miles de  $\text{km}^2$ ) está formada por sub-cuencas más pequeñas (de unos cuantos  $\text{km}^2$ ), las que a su vez están conformadas por otras cuencas aún más pequeñas (de varias hectáreas), lo que permite trabajar a diferentes escalas espaciales dependiendo de los objetivos y alcances del programa de manejo (Maass, 2003). Esto es, la definición del ecosistema consiste precisamente en identificar una cuenca hidrográfica en el que estén contenidos los principales procesos funcionales que controlan y mantienen la integridad funcional de nuestro objeto de manejo.

La definición del ecosistema no sólo incluye la identificación de los componentes naturales del sistema (suelos, vegetación, clima, etc.) sino también resulta indispensable considerar a los actores, no sólo por el hecho de que el ser humano es parte integral de los ecosistemas, sino porque la razón detrás de un manejo está la satisfacción de las necesidades de la población. Será importante, entonces, identificar los principales sectores sociales que tienen injerencia directa o indirecta en el manejo de nuestra cuenca (Castillo, 2005).

Finalmente, también es importante definir los alcances del programa desde una perspectiva temporal, lo que nos permitirá identificar los objetivos a corto, mediano y largo plazos. Para ello, es importante reconocer la inercia de los procesos ecológicos, así como la existencia de efectos retardados que no se aprecian hasta muchos años después de iniciar las actividades de manejo. Mientras mayor sea la escala de trabajo, mayor será el tiempo de desfase entre lo hacemos y la respuesta del ecosistema (Hatton *et al.*, 2002).

## DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y METAS

Una vez establecida la cuenca hidrográfica que delimitará nuestro ámbito espacial y temporal de manejo, y habiendo identificado a los principales sectores sociales involucrados en él, habrá que definir, de manera conjunta, los objetivos y metas del programa. Para ello, contando con la información recabada en la primera fase del protocolo, y mediante un proceso de acción participativa, se deben implementar talleres de discusión involucrando a los diferentes sectores sociales de la cuenca.

Un primer objetivo de estos talleres es fomentar un intercambio de visiones entre sectores sobre la problemática del manejo de recursos en la cuenca. Habrá que encontrar un primer elemento común que motive al trabajo conjunto entre los diferentes sectores como, por ejemplo, el abasto de agua de buena calidad, la incorporación a un programa de pago por servicios, la conservación de los suelos, etc. Antes que buscar soluciones, será importante alcanzar un consenso sobre la problemática de la cuenca e identificar prioridades de ma-

### Definición de objetivos y metas

Para el establecimiento de objetivos coherentes con el propósito del trabajo, es necesario que el técnico-líder del proyecto tenga muy claras las nociones relativas al manejo de los recursos naturales bajo un enfoque de cuencas. Sólo así podrá convertir, transmitir y jerarquizar las preocupaciones diversas de la población en objetivos coherentes que busquen una mejoría de las condiciones eco-hidrológicas de la cuenca. En ese sentido, la identificación y evaluación de externalidades negativas pueden ser un mecanismo apropiado para vincular a usuarios de cuenca arriba y cuenca abajo.

nejo. En esta etapa, quizás sea necesario incorporar actividades de educación ambiental que ayuden a generar conciencia entre los diferentes sectores sobre problemas que no se aprecian a simple vista, como por ejemplo la necesidad de reconocer y mantener los servicios ecosistémicos que se dan en la cuenca. Estas actividades de educación ambiental son más efectivas si se involucra a miembros del mismo sector pero de comunidades en las que ya se ha implementado con éxito el manejo de ecosistemas (C. Galindo L., com. pers.). Así por ejemplo, será más fácil para un campesino indígena convencer a otro sobre las ventajas de lidiar con una problemática ambiental en particular, que para un miembro ajeno a dicho sector.

Estos talleres de acción participativa deberán también ayudar a identificar la dependencia y los derechos que los diferentes sectores sociales tienen de los servicios y recursos que ofrecen sus ecosistemas. Se deberán identificar lo mejor posible los beneficios asociados a los objetivos de manejo, así como qué sectores en particular se verán beneficiados o afectados con dichos objetivos. Tenerlo claro desde un principio ahorrará conflictos futuros entre sectores. Sin embargo, es importante estar conscientes de que frecuentemente las afectaciones no se perciben en esta etapa de definición de objetivos sino hasta etapas posteriores, una vez que se diseñan las estrategias, se implementen o inclusive hasta varios años después de haberse puesto en operación. Es por ello que, como se verá más adelante, esta fase de definición de objetivos se retroalimenta de etapas posteriores (Kothari, 2000)

## CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS

La definición de objetivos y metas tiene que darse en un contexto espacial y temporal. Esto es, debe hacerse explícito dónde y cuándo se espera lograr los objetivos y metas propuestas. No necesariamente se espera que todos los objetivos y metas se cumplan en toda la cuenca y al mismo tiempo. Habrá que identificar metas a corto, mediano y largo plazos, así como aquellas aplicables localmente, a nivel de sub-cuencas, o a escala de toda la cuenca. Esto, aunado al hecho de que cada sector social tiene sus propias visiones e intereses, hace sumamente complejo este ejercicio de definición de objetivos y metas.

La construcción de escenarios futuros ayuda mucho a este proceso. Un primer escenario a considerar es mantener la trayectoria actual del proceso de manejo. Debemos preguntarnos ¿qué pasará en los próximos 5, 10 o 50 años si seguimos el mismo esquema de manejos empleado hasta ahora?; ¿qué pasará



si lo que estamos haciendo en unas cuantas hectáreas lo extendemos a toda la cuenca, o a nivel regional? El proyectar en tiempo y espacio el programa actual facilita identificar las ventajas y desventajas del modelo empleado, pues un cambio de escala muestra más claramente los efectos que está teniendo el manejo en su entorno y lo que ello significa para las generaciones futuras (Maass *et al.*, 2005). También se pueden construir diferentes escenarios con base en las visiones particulares de cada sector. Por ejemplo, se puede contrastar qué pasaría si se impulsa el sector agrícola en vez del forestal o el industrial. Finalmente, se debe lograr la construcción de un escenario conjunto, entre todos los sectores, en el que se promuevan las sinergias y se inhiban los antagonismos. Este último escenario será muy útil para identificar objetivos y metas comunes, logrando los consensos necesarios para pasar a la siguiente fase del manejo de ecosistemas que se refiere al diseño de intervenciones.

Una herramienta sumamente útil en este proceso de construcción de escenarios es la utilización de modelos de simulación de la dinámica de la cuenca bajo los diferentes supuestos. Estos modelos van desde un simple diagrama en el que se identifican los componentes del sistema y las posibles relaciones funcionales entre estos, hasta complejos programas de cómputo parametrizados con las variables biofísicas y sociales clave en la dinámica del sistema. La utilización de un modelo simple o complejo dependerá de la información disponible, así como del grado de entendimiento que se tenga del funcionamiento del socio-ecosistema en cuestión. Pero ya sea un diagrama en el pizarrón o un sofisticado programa de cómputo, será indispensable contar con una propuesta conceptual de la dinámica del socio-ecosistema para poder construir estos escenarios (He, 2003; Reinelt, 1991).

Otro aspecto sumamente importante a considerar en la fase de definición de objetivos y metas así como en el de diseño de intervenciones al socio-ecosistema, es la identificación del estado actual y potencial del uso del suelo en la cuenca. No solamente existen limitaciones de orden biofísico (natural) para el manejo de los ecosistemas, sino además hay restricciones de índole social y legal. Habrá secciones de la cuenca que, dada su topografía, no son susceptibles de ser explotadas agrícola y ganaderamente; terrenos federales a las que no se tiene acceso; sitios tan deteriorados que más bien hay que restaurarlos; zonas bien conservadas que deberían mantenerse como tales; lugares específicos con alguna connotación espiritual o de esparcimiento que habrá que respetar; etc. Asimismo, hay limitaciones producto de la conectividad de los procesos funcionales dentro de la cuenca. Por ejemplo, no es posible poner una represa en

la parte alta de la cuenca y al mismo tiempo pretender mantener intacto el estado de los humedales en la parte baja de la misma. De igual forma, habrá secciones en la cuenca cuyo uso actual pone en riesgo a otras zonas, por lo que se deberá redefinir su uso o, en casos extremos, establecerlas como zona de restauración ecológica.

## DISEÑO DE INTERVENCIONES

Una vez identificados y consensuados los objetivos y metas del programa de manejo, habrá que diseñar, mediante un proceso participativo, las acciones que se realizarán para lograr los objetivos y metas propuestos. Las intervenciones que se requieren en el manejo de ecosistemas son de tres tipos: técnicas, comunicativas e institucionales (Castillo *et al.* 2005; Raúl García Barrios y Medardo Tapia, com. pers.).

Las intervenciones de tipo técnico son aquellas orientadas a la manipulación sustentable del ecosistema. Esto es, técnicas de corte ecológico las cuales no sólo son respetuosas del ambiente, sino además inducen el mejoramiento y conservación del capital natural. Estas intervenciones no sólo se restringen a aquellas orientadas al uso o apropiación de los recursos y servicios que aportan los ecosistemas, sino también incluyen técnicas de manipulación del ecosistema orientadas a conservarlo o restaurarlo (Altieri, 1995; M A 1995)

Instituciones sociales débiles y una falta de conciencia sobre los problemas ambientales pueden dificultar la puesta en marcha de programas de manejo sustentable de ecosistemas. Es por ello que además de contemplar medidas de intervención técnica, deben considerarse medidas de intervención institucional orientadas a transformar las reglas de interacción social relacionadas con el manejo de ecosistemas (Castillo *et al.*, 2005). Esto es, “a través de una evaluación y síntesis de las instituciones políticas y económicas que regulan las actividades de manejo en que participan los actores involucrados, se debe definir el socio-sistema, identificando claramente qué valores, actitudes, conductas, instituciones y políticas son los más relevantes en el control y/o mantenimiento de la integridad estructural y funcional de los ecosistemas y, por tanto, deben ser incorporados al esquema de manejo racional de sus recursos y servicios, privados y públicos, y los procesos de cooperación estratégica asociados, con fines de bienestar” (Raúl García Barrios, com. pers.).

Tanto las intervenciones técnicas como las institucionales deben hacerse de forma coordinada, integrando de forma congruente los diferentes aspectos

ecológicos, económicos y sociales del manejo. Es por ello indispensable contemplar también medidas de intervención comunicativas orientadas a transformar el escenario de generación y discusión de la información, discursos y argumentos de los diferentes sectores sociales que participan en el proceso de manejo. Esto es, “a través de una evaluación y síntesis de los escenarios de debate sobre las actividades de manejo, se genere un proceso de aprendizaje colectivo, ambiental, político y ciudadano, estableciendo una ruta comunicativa que se constituya como un mecanismo que permita la articulación del conocimiento y discusión de los sistemas ecológicos y sociales en el diseño de estrategias de ordenamiento” (Medardo Tapia, com. pers.).

Como abundaremos más adelante, es clave acompañar las intervenciones con un esquema de evaluación participativa, que no sólo sirva para identificar errores y planear mejoras, sino además permita comunicar los logros y lecciones aprendidas a los diferentes actores sociales (Astier, com. pers.). Esto es, los diferentes sectores sociales no son sólo espectadores del debates, sino actores en la discusión del diseño, la implementación y el monitoreo del manejo, lo que se constituye como un proceso de aprendizaje colectivo, ambiental, político y ciudadano, que enriquece la comprensión del sistema.

En este contexto, será indispensable fomentar la creación, o en caso de que ya exista, robustecer un comité o consejo de cuenca que incentive, regule y de seguimiento a las diferentes intervenciones técnicas, comunicativas o institucionales diseñadas para implementar el programa de manejo integral de cuencas. En este sentido, es sumamente útil contar con un espacio físico que se constituya como la sede del Comité o Consejo de Cuenca, en el que no sólo se de el intercambio de ideas, sino que se resguarde información relevante (biblioteca con manuales técnicos y mapas), así como espacios para realizar los talleres. Idealmente, este espacio físico debe estar ubicado en un terreno neutral y de acceso público, como, por ejemplo, una escuela de la zona. La creación de un espacio virtual (página en internet), cuando esto es posible, puede también ser de gran utilidad.

## IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO

La eficiencia con la que se dé esta etapa dependerá, en gran medida, de los consensos logrados en las dos fases anteriores. De hecho, no es conveniente iniciar la implementación sin el pleno consenso de los objetivos, las metas y las propuestas de acción entre los diferentes sectores. Es importante estar conscientes de que a la hora de diseñar las intervenciones, es común encontrar que

algunas de ellas se contraponen, por lo que será necesario buscar alternativas, y de no existir, habrá incluso que replantear alguno de los objetivos y metas del programa de manejo.

La etapa de implementación no necesariamente es la más complicada del proceso de manejo, pero seguramente sí es la que más recursos económicos y humanos requiere. Una identificación clara de las ventajas que el manejo trae consigo para cada actor y sector social involucrados en el programa de manejo es tan importante como una definición igualmente clara de los compromisos que cada participante asume.

La distribución equitativa de los costos y los beneficios entre los participantes es de gran ayuda para lograr una adecuada implementación del programa de manejo. Sin embargo, la ancestral inequidad económica y social que ocurre en nuestro país hace muchas veces necesario recurrir a incentivos y subsidios gubernamentales para echar a andar el proceso de manejo. Es importante que estos fondos sólo se contemplen como detonadores del procesos y no como la fuente permanente de recursos financieros para mantener el programa caminando. De no ser así, el programa de manejo no tendrá el carácter de sustentable y seguramente terminará fracasando (Riegelhaupt *et al.*, 2005).

## MONITOREO, EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Durante la fase de implementación es inevitable que surjan algunos conflictos entre los actores involucrados en el proceso de manejo. En ocasiones será porque alguien en particular, o un sector en conjunto, no pusieron en práctica alguna de las acciones acordadas. De ser posible, en estos casos habrá que apelar a un diálogo y negociación que evite la implementación de una acción legal en su contra. Pero, las más de las veces, muchos conflictos surgen sin una acción deliberada de alguien por contravenir a los acuerdos, sino más bien por la aparición, producto del manejo, de efectos nocivos no previsto, que afectan alguno de los participantes en el programa. Un proceso de monitoreo transparente, regular y sistemático, ligado a un mecanismo de evaluación participativa del programa de manejo, es indispensable para detectar a tiempo la aparición de estos efectos no previstos (Kothari, 2000). Ello no sólo disminuirá el riesgo que se exacerbe un problema no atendido oportunamente, sino además ayudará a detectar su origen o causa.

Es importante enfatizar que los monitoreos son costosos y de implementación complicada. El monitoreo no sólo es ambiental o ecológico, sino ade-

### Técnicas de monitoreo

Las técnicas de monitoreo pueden establecerse a partir de distintas fuentes de información. Entre ellas, se pueden considerar fuentes oficiales, útiles para el monitoreo a largo plazo (censo de población o mapas de uso de suelo de INEGI). Sin embargo, para que la población pueda ir observando los cambios específicos en la salud de sus ecosistemas, se recomienda elaborar indicadores de campo que puedan ser aplicados por los mismos usuarios. Algunos indicadores biofísicos pueden ser éstacas para medir pérdida de suelo, evaluación de volumen de sedimentos en ríos, índice de sobrevivencia de plántulas para reforestación, diversidad de producción agrícola, aumento de tasa de empleo en la localidad, entre otros.

más debe incluir aspectos sociales y económicos, lo que eleva significativamente el número de variables a incluir. Un monitoreo eficiente requiere de una selección muy cuidadosa de las variables a las que se les va a dar seguimiento. Deben establecerse con claridad las prioridades del monitoreo, así como los protocolos para su implementación, lo cual incluye dónde, cuándo, qué y cómo coleccionar los datos, analizarlos, almacenarlos y ponerlos a disposición de los usuarios.

En la medida que la población se involucre en el monitoreo, se generará mayor conciencia sobre el resultados del programa de manejo. Sin embargo, esta participación debe estar supervisada por un grupo técnico que asegure la calidad en la obtención, análisis e interpretación de los datos.

### RETROALIMENTACIÓN Y MANEJO ADAPTATIVO

Ciertamente, mientras mejor conozcamos el funcionamiento de nuestro sistema socio-ecológico, más fácil será diseñar e implementar exitosamente un programa de manejo. Sin embargo, actualmente existe un reconocimiento, cada vez más generalizado, de que nuestro entendimiento de la dinámica funcional de los ecosistemas es aún limitado, y que los programas de manejo operan bajo condiciones de gran incertidumbre (Holling 1973, 1978, 1981, 1993, 1998a y 1998b). Esto no sólo obedece a la gran complejidad que representa abordar el problema de manejo desde una perspectiva interdisciplinaria y transescalar, sino además porque los sistemas tanto sociales como ecológicos responden a

fenómenos igualmente complejos e inciertos. Un ejemplo claro es el asunto del cambio climático. Actualmente, existe la certeza de que el clima en el planeta está cambiando, y no por causas naturales, sino como producto del impacto de nuestro desarrollo tecnológico (IPCC). Sin embargo, existe una gran incertidumbre sobre cómo es que este cambio se dará y los efectos que esto tendrá tanto en los sistemas naturales como en los sociales y económicos.

Ignorar la existencia de esta incertidumbre nos puede llevar a acciones irresponsables basadas en supuestos que no son reales. De igual forma, dejar de reconocer que esta incertidumbre es frecuentemente inevitable, nos lleva a un inmovilismo absurdo ante la espera de obtener todos los elementos que nos permitan tomar una decisión correcta. Ambos extremos generan múltiples problemas a la hora de implementar programas de manejo de ecosistemas.

El concepto de “manejo adaptativo” (Holling, 1978) surge como una respuesta ante esta necesidad de tomar decisiones de manejo bajo condiciones de incertidumbre. La esencia del concepto consiste en ir “adaptando o sintonizando” las decisiones de manejo conforme mejoramos nuestro entendimiento del sistema de la cuenca al analizar la forma como éste responde al programa de manejo.

Al reconocer la inevitable incertidumbre del proceso, el manejo adaptativo nos permite operar sin que necesariamente conozcamos todos y cada uno de los procesos o factores que controlan la dinámica funcional del socio-ecosistema. Asimismo, nos alerta sobre la necesidad de dar un cuidadoso seguimiento o monitoreo del sistema a fin de evaluar la manera como éste responde al programa de manejo. Este monitoreo requiere de pronóstico a corto, mediano y largo plazos sobre la respuesta del socio-ecosistema al esquema de manejo. Si el monitoreo corrobora que nuestros pronósticos se están cumpliendo, ello será una clara indicación de que los supuestos bajo los cuales se construyó el modelo de manejo son válidos. Asimismo, si se observa que los objetivos a corto plazo no se cumplen, no tendremos que esperar a que el sistema se colapse para reconsiderar nuestro esquema de manejo.

El manejo adaptativo implica evitar acciones sobre las que no se pueda volver atrás. De nada sirve establecer un mecanismo de monitoreo si una vez que se prenden las señales de alarma no hay posibilidades de actuar en consecuencia. Drenar un lago, construir una gran presa, introducir una especie exótica o establecer un asentamiento humano son ejemplos de acciones sobre las que difícilmente podrá darse marcha atrás. Bajo condiciones de incertidumbre será mejor realizar acciones paulatinas que nos permitan ir aclarando el pa-

norama sobre las consecuencias de estas grandes obras. Al mismo tiempo, el programa de manejo deberá incluir medidas de mitigación y, en su caso, medidas de compensación ante la aparición de efectos inesperados.

Es importante reconocer también que, muchas veces, la imposibilidad de adaptar o modificar un programa de manejo se debe más a un obstáculo administrativo o legal, que a un problema técnico. Así, por ejemplo, se vuelve muy poco práctico regular excesivamente los procesos de toma de decisiones, ya que ello muchas veces hacen imposible modificar un acuerdo. En situaciones muy complejas, en las que se involucran decisiones de alto riesgo, con gran incertidumbre o de consenso apretado, resulta conveniente dejar candados o vías administrativas explícitas para revertir o modificar la decisión en caso de detectar problemas. Por ejemplo, establecer un tiempo perentorio que permita evaluar las posibles consecuencias no previstas del manejo antes de tomar una acción definitiva, o definir mecanismos de toma de decisiones temporales de tal forma que queden sin efecto si no se ratifican en períodos establecidos.

## CONSIDERACIONES FINALES

El manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas incluye a los grupos humanos como parte integral del mismo y reconoce que el sistema no está aislado, sino que interactúa con su entorno ecológico, económico y social. Al ser el agua un componente controlador de la dinámica funcional del ecosistema y, al mismo tiempo, ser un elemento central en el desarrollo económico y social de las comunidades, resulta imprescindible definir las unidades de manejo del socio-ecosistema con base en unidades territoriales que, de manera natural, delimitan un ámbito hidrológico bien definido (Maass *et al.*, en prensa). El manejo de socio-ecosistemas implica la conjunción de los sistemas ecológicos y los sistemas sociales. Frecuentemente los límites funcionales del sistema ecológico no concuerdan con los del sistema social, económico o político. Esto ha traído como consecuencia severos deterioros de los ecosistemas naturales y un ineficiente uso y explotación de los recursos y servicios que nos ofrecen. Los ecosistemas son producto de millones de años de evolución y cada día es más clara nuestra incapacidad para controlar su dinámica. Los sistemas sociales son mucho más recientes y dada su naturaleza humana, tenemos mayor capacidad para controlarlos, por lo que resulta más fácil acoplar los sistemas sociales a los naturales y no al revés. El manejo integrado de cuencas hidrográficas constituye ese intento. No es fácil, pero tiene más posibili-

dades de éxito que seguir en el terco intento de controlar los procesos naturales a nuestro antojo. Los problemas del cambio global son una muestra clara de la necesidad de cambiar nuestros rumbos (Jordan, 1998). El protocolo aquí presentado sólo delinea una ruta a seguir. El camino a transitar dependerá de las condiciones particulares y los obstáculos que se presenten.

## AGRADECIMIENTOS

Este documento se realizó como parte de un proyecto financiado por la WWF y la Fundación Gonzalo Río Arronte con el Instituto Nacional de Ecología y el Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Para su elaboración los autores recibimos aportes y comentarios muy valiosos de numerosos investigadores como Alicia Castillo, Raúl García Barrios, Medardo Tapia, Carlos Galindo, Ana Burgos, Marta Astier y Gerardo Bocco a quienes agradecemos infinitamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder, EE.UU.
- Bormann, F. H. y G.E. Likens. 1967. Nutrient cycling. *Science* 155:424-429.
- Barkin D. y King T. 1986. *Desarrollo económico regional (enfoque por cuencas hidrográficas de México)*. 5ª edición. Siglo Veintiuno Editores, México.
- Castillo, A. M.A. Magaña, A. Pujadas, L. Martínez y C. Godínez. 2005. Understanding rural people interaction with ecosystems: a case study in a tropical dry forest of Mexico. *Ecosystems* 8:1-13.
- Christensen, N.L., A.N. Bartuska, J.H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J.F. Franklin, J.A. MacMahon, R.F. Noss, D.J. Parsons, C.H. Peterson, M.G. Turner y R.G. Woodmansee. 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6(3):665-691.
- Daily G., S. Alexander, P. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. Matson, H. Mooney, S. Postel, S. Schneider, D. Tilman y G. Woodwell. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* 2. 16 pp.
- Ehrlich, P.R. y A. H. Ehrlich. 1991. *Healing the planet: strategies for resolving the environmental crisis*. Center for Conservation Biology, Stanford University. Addison Wesley Pub. Co. Reading, Mass. 366 pp.



- Hatton, T., P. Reggiani y G. Hodgson. 2002. The role of trees in the water salt balances of catchments. Pp. 28 a 42 in Stirzaker, R., R. Vertessy y A. Sarre (eds.). *Trees, water and salt: an Australian guide to using trees for healthy catchments and productive farms*. Joint Venture Agroforestry Program and CSIRO, Australia. 159 pp.
- He, Ch. 2003. Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management, *Environmental Modelling & Software* 18(8-9): 809-813.
- Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23.
- . 1981. *Resilience in the unforgiving society*. Report 24, Institute of Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver, B.C.
- (ed). 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. Wiley, Londres.
- . 1993. New science and new investments for a sustainable biosphere. En: Costanza, R., C. Folke, M. Hammer y A.M. Jansson (eds.) *Investing in natural capital: why, what and how?* Solomons. MD, ISEE Press.
- . 1998a. Two cultures of ecology. *Conservation Ecology* 2(2):4.
- Holling, C.S., F. Berkes, y C. Folke. 1998b. Science, sustainability and resource management. In Berkes, F. y C. Folke. (dds.). *Linking social and ecological systems, management practices and social mechanisms for building resilience*. Pp. 342-362. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kothari, A., N. Pathak y F. Vania. 2000. *Where Communities Care: Community-based wildlife and ecosystem management in South Asia*. Evaluating Eden Series No. 3 Kalpavriksh and International Institute of Environment and Development. Pune, India. 222 pp.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch>.
- Jordan, C.F. 1998. *Working with Nature: Resource management for sustainability*. Harwood Academic, Holanda. 171 pp.
- Likens, G.E. 1985. An experimental approach for the study of ecosystems. *Journal of Ecology* 73:381-396.
- Maass, J. M. y A. Martínez-Yrizar. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. En: Ecología y Conservación. J. Soberón y C. Bonfil (eds.). Número especial de la revista *Ciencias* No. 4:10-20.
- Maass, J. M. V. Jaramillo, A. Martínez-Yrizar y F. García-Oliva (enviado). El manejo de ecosistemas: una estrategia integral de manejo de recursos naturales En: M. Martínez-Ramos (ed.). *Estudios y perspectivas en el manejo de recursos naturales y conservación de sistemas vegetales*.

- Maass, J.M. 2003. Principios generales sobre manejo de ecosistemas. En: Ó. Sánchez, E. Vega-Peña, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. INE, U. S. Fish & Wildlife Service, Ford Foundation., México, D. F. Pp. 117-136.
- Maass, J., P. Balvanera, A. Castillo, G. C. Daily, H. A. Mooney, P. Ehrlich, M. Quesada, A. Miranda, V. J. Jaramillo, F. García-Oliva, A. Martínez-Yrizar, H. Cotler, J. López-Blanco, A. Pérez-Jiménez, A. Búrquez, C. Tinoco, G. Ceballos, L. Barraza, R. Ayala y J. Sarukhán. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10(1): 17.
- Maass, J.M, M. Astier y A. Burgos (en prensa). Hacia un Programa Nacional de Manejo Sustentable de Ecosistemas en México. En: José Luis Calva (compilador) *Seminario Nacional Agenda del Desarrollo 2006-2020*. Vol XIV. Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental.
- MA. 2003. *Ecosystems and Human Well-being: a Framework for Assessment*. Island Press, Washington, D.C.
- Osmond, C.B., O. Björkman y D.J. Anderson. 1980. *Physiological processes in plant ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Reinelt Joan, L. E. y V.J. Bell. 1991. Development and application of a geographic information system for wetland/watershed analysis. *Computers, Environment and Urban Systems* 15(4): 239-251.
- Riegelhaupt, E., P.Balvanera, A. Burgos, M. Equihua, A. Fregoso, G. García Félix, A. Gómez G., A. Gómez Tagle, M. González Guillen, J.J. Jiménez, M. Maass y L. Marín 2005. Informe Final. *Consulta de Expertos Sobre Servicios Hidrológicos de los Bosques*. Primera Revisión del Programa Estratégico Forestal 2025 y Programa Nacional Forestal 2001-2006. Proyecto FAO/CONAFOR UTF/MEX/056.
- Sarukhán, J. y J. M. Maass. 1990. Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas. En: *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol I (E. Leff ed.). UNAM (CIIH)-Porrúa. Pp. 81-114.
- Stanford, J.A. y G.C. Poole. 1996. A protocol for ecosystem management. *Ecological Applications* 6:741-744.
- Swank, W.T. y D.A. Crossley Jr. (Eds.). 1988. *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*. Ecological Studies 66. Springer Verlag, New York.
- Vitousek, P. 1992. Global environmental change: an introduction. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:1-14.