

**Serie Técnica.  
Informe Técnico Nº 231**



## **LINEAMIENTOS PARA LA EVALUACION DE HUMEDALES TROPICALES**

Publicación financiada por la Autoridad Sueca de Desarrollo Internacional (SIDA), el Organismo Noruego de Cooperación para el Desarrollo (NORAD) y la Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (DANIDA)

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central  
Turrialba, Costa Rica, 1994**

# Lineamientos para la evaluación económica de humedales tropicales

**Edward B. Barbier**  
**Robert Constanza**  
**Robert R. Twilley**

## EN COLABORACIÓN CON:

Tania Ammour, Max Agüero, Laura Conrwell, Antonio Carlos Diegues, Rosemary James, Enrique Lahmann, Allen Lundgren, Evenor Martínez, Martha Marín, Ana I. Porras, Yanina Rovinski, Tomás Schlichter, Denise L. Stanley, Julio Tejada, Néstor Windevoxhel, Alejandro Yáñez-Arancibia

Informe del *"Taller Internacional de Trabajo para la Elaboración de un Manual de Evaluación Económica de los Bienes y Servicios de los Humedales Tropicales"*, realizado en el CATIE  
(30 de mayo-2 de junio de 1991)

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
Exposición del problema .....	1
Amenazas para los humedales tropicales .....	
Público meta .....	2
Aspectos básicos y supuestos .....	3
Valoración del ecosistema .....	3
Función y valor económico del ecosistema .....	5
Análisis ecológico-económico, inter-disciplinario, multi-escala .....	5
Tasa de descuento .....	6
Calidad e incertidumbre de los datos .....	7
Definición de humedales .....	10
Tipos de humedal .....	10
Condiciones ambientales .....	11
Funciones, atributos y usos de los humedales .....	12
Límite y escalas .....	12
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES .....	13
Definición del problema (Nivel I) .....	13
Definición del análisis (Nivel II) .....	17
Selección de técnicas analíticas y de valoración (Nivel III) .....	17
PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS ECOLOGICAS .....	18
Identificar y reunir los datos necesarios .....	22
Diagnóstico preliminar .....	22
Experimentos .....	23
Modelaje ecológico .....	23
Caracterización de las áreas de humedal .....	24
Identificación y clasificación de las funciones de un humedal .....	25
Hidrología de los humedales .....	26
Retención de sedimentos y estabilización de la línea costera .....	26
Transformación y acumulación de químicos .....	27
Intercambio de materia orgánica .....	28
Biodiversidad/Protección del hábitat .....	28
Biomasa y productividad .....	28
Identificación y clasificación de los atributos de un ecosistema .....	29
Calidad del hábitat .....	29
Calidad del agua .....	31

<b>Productividad neta del ecosistema</b>	<b>34</b>
<b>Navegación</b>	<b>35</b>
<b>Abastecimiento de agua</b>	<b>36</b>
<b>PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS ECONOMICAS</b>	<b>40</b>
<b>Valores de los humedales</b>	<b>40</b>
<b>Identificación y obtención de los datos necesarios</b>	<b>42</b>
<b>Técnicas para la valoración de los beneficios de los humedales</b>	<b>43</b>
<b>Técnicas para valores específicos</b>	<b>47</b>
<b>Bienes de los humedales</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>56</b>

## INTRODUCCION

### EXPOSICION DEL PROBLEMA

A pesar de la importante gama de bienes y servicios que proporcionan los humedales, hasta ahora no se les ha concedido la atención que merecen. Como consecuencia, la mayoría de los países del mundo le han restado prioridad al mantenimiento de los humedales naturales. Sin embargo, durante la última década, la velocidad de alteración y conversión de humedales ha disminuido, debido a una conciencia creciente de la importancia de los servicios que proporcionan. Ejemplos de tales servicios son: la protección contra inundaciones, el control de la contaminación, y el brindar sitios para la reproducción y cría de especies ecológica y económicamente importantes. Desafortunadamente, esta tendencia hacia la conservación de los humedales se ha limitado a los países desarrollados. Uno de los factores que ha impedido la conservación de los humedales en los países en vías de desarrollo es la falta de una metodología apropiada y de fácil comprensión, que sirva para establecer el valor total de los humedales tropicales. Otro factor es la ausencia de información acerca de las consecuencias, a largo plazo, de las actividades de desarrollo en los humedales. Los lineamientos que aquí se exponen surgieron como respuesta a estas necesidades, y tienen como objetivo sugerir un procedimiento para la evaluación de humedales en los países en vías de desarrollo.

### Amenazas para los humedales tropicales

En las naciones en vías de desarrollo, es poca la información que existe acerca del ritmo de desaparición de humedales. Dicha información sugiere que la totalidad de esos ecosistemas está en peligro, debido a la tala para la agricultura y la acuicultura, y a la construcción de represas para desviar el agua hacia las áreas urbanas y los cultivos. El Cuadro 1 presenta las fuentes de amenaza para los manglares únicamente.

En las Filipinas, unas 30 000 ha (67% de los manglares del país) se perdieron entre 1920 y 1980. Aproximadamente 170 000 ha fueron convertidas a estanques de cultivo de camarón y peces. Asimismo, la costa de Ecuador posee unas 83 000 ha de estanques de camarón, muchos de los cuales solían ser manglares. Como consecuencia, gran parte de la producción natural se ha reducido. A pesar de que la acuicultura fue diseñada para fortalecer la economía rural, la mayor parte de sus beneficios se ha concentrado en las manos de algunos habitantes de las ciudades, mientras que la gente de zonas rurales ha perdido el acceso a los valiosos servicios de cría de camarón y de peces que brindaban los humedales cuando estaban intactos.

Cuadro 1. Fuentes de amenaza para los manglares

Actividad	Sitio	Ha perdidas
Silvicultura	Malasia	6 200
	Saba	122 000
	Indonesia	200 000
Desviación de agua dulce		
Conversión a la agricultura		
Conversión a la acuicultura	Indo-Pacífico	1 200 000
	Filipinas	244 000
	Ecuador	80 000
Conversión a lagunas saladas		
Conversión para desarrollo urbano		
Construcción de puertos y canales		
Minería/extracción de minerales	Australia	1 000
Desechos líquidos		
Desechos sólido/basura		
Derramamiento de petróleo y otros productos químicos		
Tipos de explotación tradicionales		

### Público meta

Estos lineamientos se desarrollaron para ser utilizados por agencias gubernamentales, investigadores, ONGs ambientalistas, y la comunidad académica. Se diseñaron de modo que le fueran *directamente* útiles a aquellos investigadores que realizan diversos estudios acerca de la evaluación de humedales. Lejos de ser un "libro de recetas" con técnicas ya preparadas, estos lineamientos forman un conjunto de referencias, ejemplos y guías para la toma de decisiones, que pueden servir de apoyo a aquellos investigadores que emprenden esta importante y compleja tarea.

Además, estos lineamientos son *indirectamente* útiles para los administradores públicos, planificadores de uso de la tierra y agencias nacionales e internacionales para el desarrollo, pues los informa de las posibilidades de investigación en esa área y les proporciona resultados que pueden serles útiles para el manejo de los humedales, una vez terminada la investigación.

## ASPECTOS BASICOS Y SUPUESTOS

### Valoración del ecosistema

Para poder incorporar los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas a nuestra contabilidad económica, debemos asignarles valores comparables a los de los bienes y servicios económicos. Al determinar esos valores, debemos tomar en cuenta la medida en que esos ecosistemas contribuyen a nuestro bienestar general, y debemos pensar qué proporción de los sistemas ecológicos sobre los que se basa nuestra vida nos podemos dar el lujo de perder. ¿Hasta qué punto podemos sustituir el capital natural por capital fabricado por el hombre, y cuánto de nuestro capital natural es irremplazable? Por ejemplo, si se llegara a destruir la capa de ozono, ¿podríamos encontrar una forma de reemplazar su función de protección contra la radiación?

Algunos argumentan que no se puede asignar un valor económico a "intangibles" como la vida humana, la estética ambiental o los beneficios ecológicos a largo plazo. Sin embargo, eso es algo que hacemos todos los días. Cuando establecemos estándares de construcción para autopistas, puentes y demás, estamos valorando la vida humana -aunque no sea explícitamente- porque al gastar más dinero en construcción, se está buscando salvar vidas. Para preservar nuestro capital natural, debemos enfrentar directamente ese tipo de valoraciones y elecciones, por difíciles que sean, en lugar de hacer como si no existieran.

Los individuos valoran los bienes y servicios ecológicos por diferentes razones. El *valor utilitario (o uso)* se refiere al valor de utilizar los productos y servicios de cierto ecosistema para obtener beneficios, tanto actuales como futuros. Estos beneficios incluyen productos comercializables, como la madera, las actividades al aire libre, la vida silvestre, y la estética ambiental (para ejemplos de evaluación de materia prima, ver Bartlett (1984), que aborda el tema de métodos y suposiciones para la valoración del forraje de pradera). Es posible que algunos estén dispuestos a pagar hoy por la opción de utilizar un recurso en el futuro. El precio de esta opción incluye una cantidad equivalente al valor de uso planeado más una prima, algo así como una prima de riesgo, que la persona pagaría por encima del valor de uso esperado. Esta prima se conoce como *valor de opción*, y es en parte el resultado de la incertidumbre sobre las preferencias del individuo o de la incertidumbre en relación con el precio o futura disponibilidad del recurso. Esta prima puede ser positiva, negativa o nula (como en el caso de la incertidumbre sobre la preferencia) pero siempre será positiva para una persona previsora (adversa al riesgo) que desea cubrir la disponibilidad del recurso (para la teoría y estudios empíricos sobre el valor de opción, ver Greenley y otros, 1981; Bishop, 1982; Brookshire y otros, 1983). Es probable que el paso del tiempo reduzca la incertidumbre sobre la utilidad de un recurso. Cuando el uso del recurso es irreversible, algunos individuos estarían dispuestos a esperar para consumirlo (sacrificar este uso

actual irreversible), hasta que se haya reducido la incertidumbre con respecto a su costo. Estarían dispuestos a pagar por obtener más información acerca de este recurso. Este pago recibe el nombre de *valor de cuasi-opción* (Arrow y Fisher, 1974; Conrad 1980). No está relacionado con la aversión al riesgo, como en el caso del valor de opción, sino que se le atribuye al valor de la información. Este valor se aplica en decisiones sobre usos de los recursos que pueden ocasionar daños irreversibles, como la extinción de especies o la deforestación a gran escala. Un último valor, que no tiene que ver con el uso, es el precio que una persona estaría dispuesta a pagar simplemente por saber que un recurso existe, aún cuando no tenga intenciones de usarlo. Este *valor de existencia* no tiene nada que ver con las opciones de preservación para el uso futuro, ni con el pago por posponer el uso hasta que haya más información disponible (Randall y Stoll, 1980; Brookshire y otros, 1983).

En la práctica, sigue siendo difícil medir estos valores y las acciones se han limitado a valorar bienes y servicios que producen beneficios directos al ser humano. Una alternativa de enfoque es el concepto de Norton (1986) de *valor de contribución*. Este último asigna un valor a los recursos ambientales, no por su valor *directo* para los humanos, sino por el papel *indirecto* que desempeñan, al mantener e intensificar los procesos de los ecosistemas, que son la base de esos beneficios directos. Entre estos beneficios están el mantenimiento de la calidad del aire y del agua, el mejoramiento y control del clima, el control de inundaciones, el mantenimiento de la diversidad genética, y el papel de respaldo a las redes alimenticias y los ciclos de nutrientes. El valor de contribución reconoce, tanto el tiempo que requieren muchos de los procesos de un ecosistema, como el valor *sinérgico* que puede resultar de la interacción de dos o más especies que, juntas, generan beneficios que ninguna podría generar individualmente. Aunque es difícil de encontrar en forma empírica, el valor de contribución proporciona un marco útil para conceptualizar la forma de evaluar los ecosistemas naturales. Sin embargo, como afirma Randall (1986), las preferencias humanas tienden a concentrarse en las formas de vida más que en los procesos de vida. Esta predisposición se distorsiona aún más porque los seres humanos prefieren las especies con valor comercial, los "parientes" silvestres de las especies domesticadas y aquellas especies con las que están más familiarizados o con las que pueden crear empatía, como los mamíferos grandes. Lovejoy (1986) se refiere a esta predisposición en contra de los invertebrados como chauvinismo de los vertebrados, mientras que otros hablan de desigualdad entre especies (Costanza y Daly, 1987). Si pudiera aceptarse que cada especie, sin importar si es poco interesante o si tiene o no utilidad directa, juega un papel en los ecosistemas naturales (que sí proporcionan muchos beneficios para los seres humanos), sería posible prestar menos atención a las percepciones imperfectas de los individuos y centrarse más en el valor de contribución de los ecosistemas, expresado mediante sus interrelaciones ecológicas. Se podría decir que el valor de contribución es un cálculo del valor que los individuos asignarían a los servicios ambientales si supieran cómo el ambiente funciona en su beneficio.



## **Función y valor económico del ecosistema**

Para calcular el valor de contribución de los ecosistemas, es necesario entender y crear un modelo que refleje el papel del ecosistema en un sistema ecológico-económico integrado, así como su respuesta ante las perturbaciones. El nivel de detalle y resolución de los modelos debe permitir la evaluación de impactos (productos marginales) sobre bienes y servicios económicamente importantes del ecosistema. Con este fin, se pueden utilizar varios tipos de modelos ecológicos, que pertenecen a la categoría general de modelos "ecológico-económicos" y pueden ir desde modelos relativamente sencillos, estáticos, de entrada y salida lineal (Hannon, 1973, 1979; Isard, 1972; Costanza y Neill, 1984; Costanza y Hannon, 1987) hasta los modelos más sofisticados, no lineales, de simulación espacial dinámica (Costanza y otros, 1986). Braat y van Lierop (1985) ofrecen un resumen de los modelos ecológico-económicos que se utilizan actualmente.

Debe recalcar que el valor económico de los ecosistemas está relacionado con su papel físico, químico y biológico a nivel del sistema en general, *lo reconozcan o no los individuos*. Las preferencias subjetivas del público dan origen a valores apropiados sólo si dicho público está *bien informado* acerca de la relación entre los servicios que están evaluando y su bienestar (entre un sinnúmero de otras condiciones). A pesar de que este enfoque funciona adecuadamente en el campo de los usos directos de los servicios proporcionados por un ecosistema (como abastecimiento de madera como fuente de energía o recreación), el público general no está bien informado de la contribución total de dicho ecosistema a su bienestar. Por lo tanto, es posible que no sea capaz de valorar directamente muchos de los servicios del ecosistema (Costanza, 1984). Sin embargo, los científicos podrían realizar cálculos de los valores que un público bien informado asignaría al analizar la estructura y función de los ecosistemas, y las interacciones de los seres humanos con dichos ecosistemas.

La optimización local individual no producirá resultados adecuados para la sociedad hasta que no haya mercados que funcionen bien. Dado que los mercados que funcionan bien son la excepción más que la regla cuando se trata de servicios derivados de los ecosistemas, los valores apropiados para los servicios que proporcionan los ecosistemas, obtenidos mediante los métodos que detallamos más adelante, deberán incorporarse al proceso de toma de decisiones, con el fin de corregir las señales del mercado.

## **Análisis ecológico-económico, inter-disciplinario, multi-escala**

Cada día es más evidente el alto grado de interdependencia entre los ecosistemas y los sistemas económicos a escala local, regional y mundial. Es necesario adoptar un enfoque pluralístico y tener la capacidad de integrar y sintetizar las diferentes perspectivas que puedan surgir. Probablemente no exista un enfoque o paradigma *correcto*, puesto que,

como en la historia de los ciegos y el elefante, el tema es demasiado amplio y complejo como para englobarlo todo con un conjunto limitado de instrumentos de percepción. Es necesario que amplíemos nuestra visión para cubrir los múltiples enfoques de creación de modelos que puedan permitir ver el problema más claramente. También debemos desarrollar la capacidad de utilizar *todos* los instrumentos disponibles para visualizar y entender el sistema.

Debemos desarrollar un enfoque integrado, multi-escala, interdisciplinario y pluralístico (IMIP), de los modelos económicos ecológicos cuantitativos. A pesar de que este enfoque ha sido sugerido repetidas veces, es difícil de llevar a la práctica dentro de disciplinas académicas estrechas y tradicionales, utilizando mecanismos de financiamiento clásicos. Un enfoque IMIP permitiría investigar directamente las relaciones entre los enfoques de modelos y escalas, y esto conduciría a una mejor comprensión de los sistemas estudiados. También es necesario que desarrollemos nuevas formas de trabajar a escala, o de utilizar información a una escala para crear modelos en otras escalas.

Los ecosistemas están siendo amenazados por un sinnúmero de actividades humanas. Para poder proteger y preservar estos ecosistemas, se requiere la capacidad de predecir los efectos directos e indirectos, temporales o espaciales, producidos por determinadas actividades humanas. Es necesario, además, separar dichos efectos de los cambios naturales, y modificar adecuadamente las estructuras de incentivos a corto plazo, para que la toma de decisiones a nivel local refleje mejor estos impactos (Costanza, 1987). Para predecir los impactos sobre los ecosistemas, es necesario contar con modelos que representen una síntesis de la mejor comprensión posible de la forma en que funcionan estos complejos sistemas (Costanza y otros, 1990). También se debe desarrollar un análisis económico de los costos y beneficios de la degradación del medio ambiente y sus impactos ecológicos, tanto en términos de la "escasez relativa" de los servicios ambientales, como de la posibilidad de "colapso ecológico" (Barbier, 1989c).

### Tasa de descuento

Amenudo, se cree que el problema de determinar valor presente y valor futuro se resuelve objetivamente calculando la tasa de descuento. Pero la tasa de descuento sólo refleja la valoración subjetiva que hacen del futuro los individuos dentro de la sociedad. El cálculo de la tasa de descuento es simplemente una forma numérica de operacionalizar un juicio de valor que considera que: (a) el futuro cercano vale más que el futuro lejano para la generación actual de seres humanos, y (b) que a partir de cierto punto, el valor del futuro para la generación actual de seres humanos es despreciable. Los economistas tienden a tratar la medida de la tasa de descuento como una conducta racional y optimizadora, basada en la preferencia, inherente a los individuos, por el consumo actual en lugar del futuro.

Sin embargo, existen pruebas de que la conducta de "descuento" puede ser síntoma de una conducta semi-racional y sub-óptima conocida como "trampa social". Una trampa social es cualquier situación en la que los estímulos locales que guían la conducta individual en el corto plazo no son compatibles con el beneficio global a largo plazo del individuo o de la sociedad (Platt, 1973; Cross y Guyer, 1980; Costanza, 1987). Nos pasamos la vida tomando decisiones con respecto al camino que debemos seguir, en gran parte con base en las "señales de tránsito", los estímulos locales a corto plazo que percibimos en forma más directa. Estos estímulos a corto plazo pueden incluir incentivos monetarios, amonestaciones o aceptación social, y placer o dolor físico. Sin embargo, los problemas surgen cuando esas señales son inexactas o engañosas. En este caso, por confiar en dichas señales, podríamos vernos atrapados en un camino que, a final de cuentas, resulta perjudicial. La tasa de descuento podría llevar al individuo a darle poca importancia al futuro (u otras especies, otras clases o grupos humanos), y contribuir así a tender la trampa. Aunque los economistas, por un lado, reconocen que la conducta individual no siempre conduce a una conducta social óptima, en general asumen que descontar o depreciar el futuro es adecuado. Sin embargo, la psicología demuestra que los humanos tienen dificultad para responder a estímulos que no sean inmediatos (en el tiempo y en el espacio), y pueden caer en situaciones de desastre *porque* descuenten demasiado.

Por lo tanto, puede argumentarse que la tasa de descuento que utiliza el gobierno para tomar decisiones sobre los recursos de propiedad común (como los humedales), debe ser mucho menor que el índice que utilizan los individuos para tomar decisiones sobre sus inversiones privadas. El gobierno debería tener mayor interés en el futuro que los individuos que conforman el mercado actual, pues la continuidad de la existencia, estabilidad y armonía sociales son bienes públicos de los que el gobierno es responsable, y por los que posiblemente los individuos no estarían dispuestos a pagar (Arrow, 1976). Sin embargo, también es cierto que tasas de descuento menores no necesariamente conducen a una mayor protección del medio ambiente (Pearce, Markandya y Barbier, 1989). Las tasas de descuento inferiores harían factibles más proyectos según los análisis de costos-beneficios, y esto incluiría proyectos que causan daños al medio ambiente o que son ambientalmente "insostenibles" a largo plazo.

En relación con nuestro problema de valoración de humedales, esto simplemente aumenta la incertidumbre con respecto al valor actual total de los humedales, dado que la tasa de descuento apropiada es incierta y produce una gran diferencia en los resultados.

#### Calidad e incertidumbre de los datos

En el campo de la investigación científica, como en cualquier otra esfera de actividades, la calidad de los productos es de vital importancia para que su uso sea eficaz. En los campos

bien desarrollados de la ciencia tradicional, el control de calidad es llevado a cabo informalmente por profesionales competentes. En la mayoría de los estudios científicos, quienes realizan el análisis conocen bien la calidad inherente de las mediciones y resultados. Sin embargo, no existe un método aceptado para comunicar este conocimiento de la calidad de los datos a los posibles usuarios de la información. Cuando se piensa utilizar los resultados de una investigación como insumo para la toma de decisiones políticas, los usuarios deben conocer en detalle los métodos de la investigación, o aceptar los resultados sin tener idea de su calidad. En general, ellos no tienen los conocimientos necesarios para llevar a cabo su propia evaluación de la calidad y tienen que funcionar sin ella. Como consecuencia, la toma de decisiones políticas en muchos campos se ve perjudicada. Esta deficiencia se reconoce en los tribunales, cuando se utilizan testigos expertos para las preguntas técnicas. Pero el criterio tradicional para la calidad del testimonio personal no se aplica a la información científica; así que los tribunales generalmente abrigan la vana esperanza de la certeza científica. Peor aún, a falta de un sistema de evaluación de calidad, estas deficiencias no son reconocidas; y sus consecuencias son difíciles de calcular. En numerosas actividades de nuestra sociedad, es ya rutina el clasificar por grados de calidad; sin embargo, en el caso de la información, uno de los productos más sensibles que tenemos, no existe un sistema estándar de clasificación. Por lo tanto, no hay medios para crear un sistema socialmente eficaz de control de calidad. Este ensayo presenta un sistema que tiene como objetivo rectificar esta situación.

Las técnicas estándar de estadística fueron desarrolladas para manejar un aspecto diferente de la incertidumbre. Estas técnicas suponen que la incertidumbre se debe a una variación real, medida en forma precisa, en las poblaciones muestra. Generalmente, dan por hecho que se trabaja con una distribución de probabilidades, pero no cuestionan qué tan bien conocemos esa distribución. Este ensayo se centra en la cuestión de qué tan bien conocemos esa distribución (su calidad), y de cómo podemos comunicar ese conocimiento. Dichos supuestos son a menudo justificables cuando se trata de las ciencias tradicionales experimentales o de campo. Sin embargo, los datos derivados de las investigaciones relacionadas con la formulación de políticas son casi siempre tan dispersos y burdos, que las manipulaciones matemáticas sofisticadas no tienen mucho sentido cuando se aplican a ellos. El error básico en las mediciones surge al dividir la incertidumbre total entre aquella que se debe a una variación real en la población (incertidumbre estadística) y aquella que se debe a errores en la medición (calidad de los datos).

Para lograr un trabajo científico de buena calidad, se requiere de un despliegue de destreza, así como de la fuerza motivadora del compromiso y la moral. Por lo tanto, una descripción detallada de la calidad sería una tarea tan compleja y sutil como la investigación misma. Afortunadamente, desde el punto de vista del usuario inexperto, los aspectos relevantes de la calidad dependen del producto más que del proceso. Puesto que el producto

de la investigación es la información que tiene como meta cierto conocimiento, podemos evaluar la calidad de esa medida. El estado incompleto de la certidumbre (o la inevitable incertidumbre) de la información científica puede utilizarse para definir un sistema de apreciaciones o estimaciones cuantitativas y de calificaciones o notas cualitativas. Por ese medio, se pueden describir los diferentes aspectos de la incertidumbre y, por lo tanto, de la calidad de la información científica.

Ninguna actividad científica está libre de incertidumbre; podemos afirmar que la clave para que una ciencia llegue a ser "madura" es el éxito que tenga en reconocer, comunicar y controlar los diferentes tipos de incertidumbre que afectan sus resultados y predicciones. Estas incertidumbres incluyen la inexactitud, expresada en los niveles de significancia, la falta de confiabilidad, expresada por errores sistemáticos. Los aparatos y computadoras más sofisticados no pueden reemplazar la comprensión teórica de los problemas de incertidumbre, o la pericia práctica que se utiliza para controlarla y comunicarla.

Cuando se utiliza la información cuantitativa para proporcionar insumos para los procesos de formulación de políticas, como en el caso de los indicadores en los campos social y ambiental, los problemas que enfrenta el científico para manejar y comunicar la incertidumbre, son serios. En primer lugar, los datos iniciales muy pocas veces están tan bien controlados como en el laboratorio. Las teorías bien estructuradas de que disponen normalmente las ciencias básicas o aplicadas, brillan por su ausencia en el campo de la investigación relacionada con la formulación de políticas. Además, este tipo de investigación es interdisciplinaria. Por lo tanto, incluye campos que están en distintos niveles de madurez y que presentan muchas diferencias, tanto en la dimensión teórica, como en la experimental y la social. Los científicos se ven obligados a utilizar insumos provenientes de campos que no conocen en detalle; y por lo tanto no pueden emitir juicios de calidad tan exactos como lo harían en su propio campo. Se diluye el control de calidad en el proceso de la investigación; la garantía de calidad de los resultados es menor; y se genera menos confianza entre los usuarios.

Están surgiendo métodos que ayudan a manejar este problema. Uno de esos enfoques utiliza un *sistema de clasificación* para las estimaciones numéricas que pueden lidiar con toda la gama de calidad de datos, desde estimaciones estadísticas válidas hasta las conjeturas basadas en cierto grado de conocimiento (Costanza y otros, 1991). Estos métodos pueden ser particularmente importantes para la gama de calidad de los datos que se utilizan para valorar humedales.

## DEFINICION DE HUMEDALES

### Tipos de humedal

No existe una definición general satisfactoria para un "humedal". Además, los humedales costeros y las áreas interiores interactúan de manera diferente con el ambiente que las rodea. No hay dos áreas de humedal que presenten las mismas características. La primera tarea consiste en llegar a un acuerdo sobre cómo delimitar el sistema de humedal con respecto al ambiente que lo rodea, e incluir algún tipo de límite entre los diferentes subsistemas que podrían estar relacionados con el ecosistema de humedal evaluado. Las características de un humedal aparecen en la Figura 1.

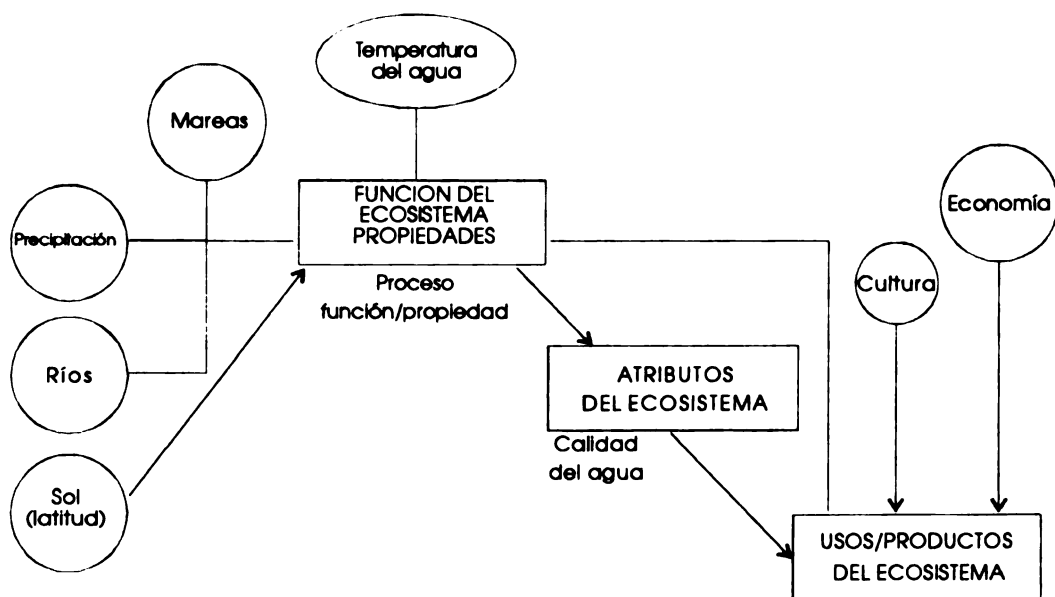


Figura 1. Características para describir un área de humedal

El término "humedales" abarca una amplia gama de ecosistemas. "Agrupa una gran gama de hábitats interiores, costeros y marinos que comparten ciertas características". Son ecosistemas descritos por la presencia de suelos, plantas y una hidrología singulares. La Convención de Ramsar define los humedales como "extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o

corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros". Con base en esta definición y en el agrupamiento de los diferentes tipos de hábitats de acuerdo con sus características biológicas y físicas, la Convención RAMSAR definió 30 categorías de humedales naturales, y nueve artificiales. Los componentes más importantes para la Región del Trópico Americano son los estuarios y lagunas, costas abiertas, llanuras de inundación, pantanos de agua dulce y salada, lagos, turberas y bosques de inundación. Sin embargo, existe una clasificación básica para los humedales que los divide en tres grandes grupos dependiendo de cuál sea la fisonomía dominante: vegetación acuática sumergida (VAS), pantanos y bosques. Cada uno de ellos puede encontrarse en tres distintos tipos de ambiente, dependiendo del régimen de salinidad (mezcla de aguas dulces y marinas): de agua dulce, estuarinos y marinos. Por lo tanto, existen nueve tipos básicos de humedal:

1. Vegetación acuática sumergida
  - a. de agua dulce
  - b. estuarino
  - c. marino
2. Pantano (incluyendo flotantes)
  - a. de agua dulce
  - b. estuarino
  - c. marino
3. Boscoso
  - a. de agua dulce
  - b. estuarino
  - c. marino

#### Condiciones ambientales

La definición de los límites del "humedal" mismo depende de la disponibilidad de agua. Un pre-requisito para ser humedal es que haya saturación de los suelos por un período de tiempo suficiente para aumentar la ventaja selectiva de la vegetación adaptada a medios inundados anaeróbicos. Para ello, el flujo de agua hacia el sistema y su almacenamiento deben ser mayores que la salida. El flujo de agua también conecta los sistemas de humedales con cuerpos de agua adyacentes y con otros sistemas de humedales en una cuenca. El agua también transporta materiales (sedimentos y químicos) de cuencas ubicadas en tierras altas. En sistemas de agua dulce -excepto en aquéllos que están en un medio costero-, el agua fluye en dirección al mar, transportando materiales desde sitios ubicados en tierras altas hasta los ecosistemas de humedal que están aguas abajo. A lo largo de la costa, las mareas permiten que haya un flujo bi-direccional de las aguas. Por lo tanto la unión y los intercambios externos de materiales se vuelven más complejos. La delimitación de los sistemas de humedal debe tomar en cuenta el sinnúmero de rutas y las conexiones con sistemas acuáticos y de tierras altas.

El tipo de humedal y sus funciones depende de las características hidrológicas, el clima y la geomorfología de un área. Existen características globales, regionales y locales. Cada una de estas escalas contribuye a formar el tipo de humedal y sus características funcionales. Existen al menos tres variables que tienen una gran influencia sobre el tipo, estructura y función de los humedales: la energía solar (latitud), la entrada de agua dulce (ríos y precipitación), y las mareas. La temperatura es un factor asociado a la energía solar, aunque ciertas variaciones locales en la temperatura del agua podrían estar asociadas a corrientes marinas. Juntos, estos factores determinan las restricciones por las cuales los recursos naturales pueden o no producir atributos y usos como los que se describen a continuación. Por lo tanto, los valores de los humedales están, en gran medida, determinados por el marco ambiental en el que están ubicados.

#### Funciones, atributos y usos de los humedales

Cada humedal está formado por una serie de componentes físicos, biológicos y químicos, tales como suelos, agua, especies animales y vegetales, y nutrientes. Los procesos que ocurren entre estos componentes y dentro de cada uno de ellos permiten que el ecosistema desempeñe ciertas funciones y tenga determinadas propiedades, como por ejemplo ciclos de nutrientes, productividad y biomasa, hidrología y sedimentación. Juntas, estas funciones o propiedades dan al humedal ciertos atributos, como calidad del hábitat, calidad del agua, control de inundaciones y protección contra tormentas (Cuadro 2). Estos atributos están asociados a productos potenciales específicos que pueden ser generados por el humedal, como por ejemplo la vida silvestre, pesquerías, ganado y recursos forestales (ya sea para construcción o para energía). Además, existen atributos a escala de ecosistemas, tales como la diversidad biológica y la singularidad del patrimonio cultural, que poseen valor, ya sea porque dan pie para ciertos usos o porque tienen valor por sí mismos (Cuadro 2). El uso que la sociedad haga de estos atributos como productos depende, no sólo de la disponibilidad de estos recursos naturales, sino también de la dinámica cultural y económica del sitio. Es la combinación de estas tres variables de entrada o recursos (naturales, culturales y económicas) lo que determina el uso de los humedales.

#### Límite y escalas

Se debe determinar la posición del "área de humedal" con respecto a la cuenca y la relación entre su ubicación y sus funciones (espacio). ¿Cómo se relaciona su ubicación con otras influencias exteriores al sistema? Consideraciones globales, regionales (cuenca) y locales. Tamaño del humedal en relación con otros ecosistemas y magnitud de los procesos dentro del humedal en sistemas asociados.



También debe hacerse énfasis en la importancia de definir si se está refiriendo al valor en el presente o en el futuro, a mediano o a largo plazo (tiempo). Además, la definición del marco de tiempo estará relacionada con:

- a. evaluación del impacto
- b. valoración parcial
- c. valoración total

**Cuadro 2. Funciones, atributos y usos de los ecosistemas**

Funciones del ecosistema	Atributos del ecosistema	Usos del ecosistema
Protección del hábitat/Diversidad	Calidad del hábitat	Usos directos
Biomasa	Vida silvestre	Agricultura
Intercambio de materia orgánica	Pesquerías	Productos forestales
Acumulación de nutrientes	Ganadería	Acuicultura/pesquería
Biomasa	Biodiversidad	Ecoturismo/recreación
Sedimentos	Productividad neta	Transporte por agua
Intercambio gaseoso	Construcción	Vida silvestre
Desnitrificación	Energía (madera)	Usos indirectos
Producción de H <sub>2</sub> S	Taninos/pieles	Apoyo económico a actividades y usos fuera del sistema
Metanogénesis	Estabilización de la línea costera	Valores no comerciales
Deposición/Retención de sedimentos	Control de erosión	Existencia/preservación
Hidrología	Protección contra tormentas	
Recarga de acuíferos	Acople	
Descarga de aguas subterráneas	(apoyo externo a otros sistemas)	
Evapotranspiración		

## **DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TOMA DE DECISIONES**

El diagrama de flujo para la toma de decisiones incluye tres niveles de análisis. El primero tiene que ver con la definición del problema, el segundo es la selección del tipo de análisis y, finalmente, el tercero implica la selección de la técnica de evaluación (Figura 2).

### **DEFINICION DEL PROBLEMA (NIVEL I)**

El primer paso de un proceso de evaluación consiste en determinar el problema o la meta/objetivo a que se enfrentan los decisores. Sugerimos tres categorías:

- a. determinar si los daños en el humedal se deben a un impacto ambiental específico (ej. derramamiento de petróleo);
- b. determinar si debe escogerse entre diferentes usos de los recursos, y opciones de proyectos (ej. desviar agua de los humedales o convertir/ desarrollar parte o la totalidad de los humedales para otros usos); y
- c. determinar si se requiere una evaluación del valor total del sistema de humedal (ej. para incluir en las cuentas nacionales o para establecer su viabilidad como área protegida).

Tal y como lo indica el diagrama de flujo, el tipo de evaluación que se utilice dependerá directamente del problema al que se enfrentan los analistas.<sup>1</sup>

Según el enfoque a, para evaluar un impacto ambiental específico se debe valorar únicamente los cambios ocasionados en el humedal como consecuencia de ese impacto en particular. Por ejemplo, supongamos que las descargas de petróleo contaminan continuamente un humedal estuarino, afectando de este modo tanto la producción pesquera como la calidad del agua en los humedales. Los costos de esta actividad corresponden a las *pérdidas de valores de los humedales* ocasionadas por el daño al ecosistema y sus recursos. Estos daños, a su vez, corresponden a las pérdidas en *beneficios netos de la producción* (es decir, los ingresos económicos de la producción menos sus costos) debidas al impacto del derrame de petróleo sobre la pesquería, más las pérdidas de *beneficios ambientales netos* reflejados en un abastecimiento de agua de inferior calidad para el humedal y los asentamientos vecinos, así como para el funcionamiento general del ecosistema. Por lo tanto, al evaluar y valorar estas pérdidas, puede derivarse un cálculo de la producción neta y los beneficios ambientales de los humedales ( $NB^w$ ) que se ven afectados por los derrames de petróleo. El costo total de este impacto ( $C^i$ ), en términos de daños al humedal, equivale a los "beneficios perdidos":

$$C^i = NB^w$$

Donde:

Costo del Impacto = Beneficios netos de los humedales no percibidos

Dixon y otros (1989), proporcionan estudios de caso de la aplicación de este enfoque particular en el contexto general de la evaluación económica de los impactos ambientales.

---

<sup>1</sup> En adelante, se da por hecho que todos los costos y beneficios están descontados en términos de su valor presente.

De acuerdo con el enfoque b, las decisiones que implican desviar, reasignar o convertir recursos de humedal, deben compararse con los costos de oportunidad de las opciones propuestas. Por ejemplo, la evaluación de un proyecto que desvía el agua de un humedal debe incluir la consecuente pérdida de beneficios netos del humedal al estimar los beneficios económicos netos del proyecto. Supóngase que se está desarrollando un proyecto de irrigación río arriba sobre un río que brinda agua para la agricultura. Dados los *beneficios directos* (ej. agua para riego de cultivos),  $B^D$ , y los *costos directos* (ej. los costos de construcción de un dique, canales de irrigación),  $C^D$ , las *beneficios netos directos* del proyecto son:

$$NB^D = B^D - C^D$$

Donde:

Ganancias Netas Directas = Ganancias Directas - Costos Directos

Sin embargo, al desviar el agua que, de no ser así, penetraría en los humedales, el proyecto de desarrollo podría acarrear pérdidas para la agricultura de las llanuras inundables y otras actividades productivas, al haber menos recarga de aguas subterráneas y otros impactos externos. Dadas estas reducciones en la producción y beneficios ambientales netos ( $NB^W$ ) de los humedales, los verdaderos beneficios netos del proyecto de desarrollo ( $NB^P$ ) son equivalentes a  $NB^D - NB^W$ . Por lo tanto, el proyecto de desarrollo puede ser aceptable sólo si:

$$NB^P = NB^D - NB^W > 0$$

Si los beneficios que brinda el humedal son significativos, no evaluar las consecuencias de su pérdida llevaría lógicamente a una sobre-valoración de los beneficios del proyecto de desarrollo ( $NB^P$ ). Esto equivale a suponer que no hay costos de oportunidad al desviar las aguas de inundación, lo que rara vez es cierto. Barbier, Adams y Kimmage (1991) llevaron a cabo un análisis usando este enfoque en la llanura inundable de Hadejia-Jama'are, en Nigeria. Esta llanura está en peligro debido a la construcción de obras de riego que se están llevando a cabo aguas arriba. El análisis mostró que los beneficios netos agrícolas, pesqueros y por la leña de la llanura inundable, son mayores que los beneficios netos de un proyecto de irrigación río arriba que está desviando agua de los humedales.

Como su nombre lo indica, la valoración total de un sistema de humedal requiere de una estimación de todos los beneficios netos de los humedales (enfoque c). Si el objetivo de la valoración total es medir, por ejemplo, el aporte económico de los humedales al bienestar de la sociedad como parte de un ejercicio de contabilidad de recursos, entonces deben medirse tanto beneficios de producción neta y ambientales ( $NB^W$ ) como sea posible.

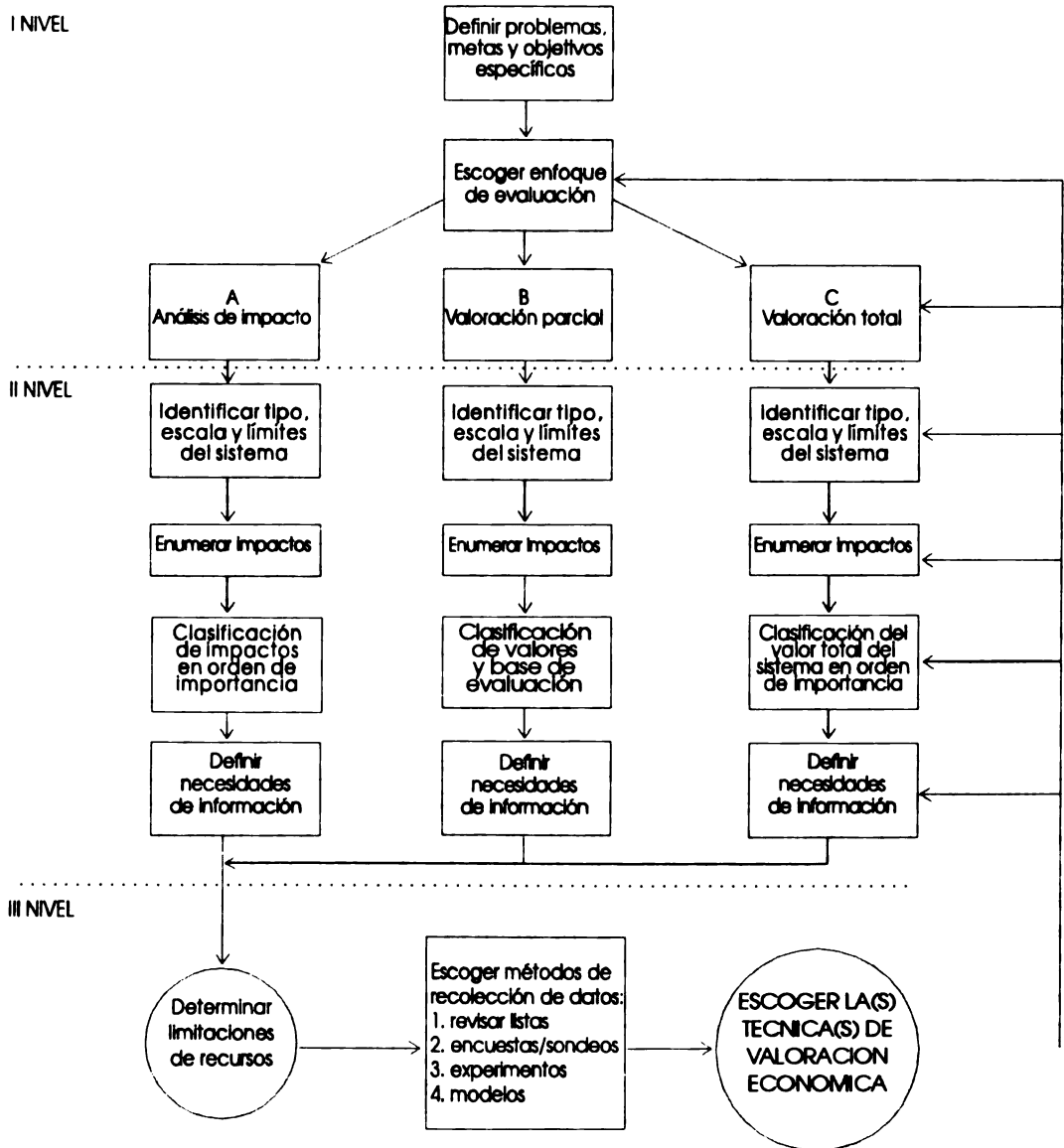


Figura 2. Diagrama de flujo para la toma de decisiones

También se requiere una valoración total para determinar si el humedal debe o no convertirse en área protegida de uso restringido o controlado. La totalidad de los beneficios netos del humedal tendría, por lo tanto, que sobrepasar los costos directos ( $C^p$ ) que implicarían la creación del área protegida (incluyendo los costos de reubicación o compensación a los usuarios actuales) más los beneficios netos desaprovechados ( $NB^A$ ) de *usos alternativos de los humedales*:

$$NB^w > C^p + NB^A$$

Donde:

Beneficios Netos del humedal > Costos Directos + Usos Alternativos

En 1989 Ruitenbeek utilizó este enfoque para determinar el valor económico del Parque Nacional Korup en Camerún, donde el uso alternativo sería talar el área boscosa.

## DEFINICION DEL ANALISIS (NIVEL II)

Los primeros pasos a seguir para definir el análisis son la identificación del tipo de humedal en cuestión, la definición de la escala de tiempo del análisis y la determinación de los límites geográficos y analíticos del sistema. Luego, se debe llevar a cabo un análisis adicional para determinar las características básicas del humedal, es decir, cuáles son sus principales recursos (componentes), las funciones más importantes y sus relaciones, y los atributos cualitativos centrales del sistema.

Una vez que se han identificado los principales impactos o valores del humedal, se procederá a clasificar estos valores. Para el enfoque a (evaluación del impacto), el criterio para la clasificación debe ser la importancia de los impactos. Por ejemplo, ¿cuáles de los recursos, funciones y atributos del humedal se verían más afectados por la actividad causante del impacto? Con el enfoque b (valoración parcial), el criterio sería la importancia relativa de los valores y la relación "costo-beneficio" que representa la adquisición y evaluación de datos. Por ejemplo, ¿la valoración de cuáles de los recursos, funciones y atributos del humedal es más importante y qué tan fácil es cuantificarlos? Siguiendo el enfoque c (valoración total), el criterio sería similar pero, dado que la meta es calcular el valor total, se debe intentar medir todos los valores del sistema. Por ejemplo, con el enfoque c, se buscarían los componentes del valor que más contribuye al total, mientras que con b, se buscarían los componentes de mayor relevancia y cuyo cálculo es a la vez fácil de obtener primero, y se continuaría con componentes más difíciles conforme fuera necesario.

## SELECCION DE TECNICAS ANALITICAS Y DE VALORACION (NIVEL III)

El procedimiento de clasificación, recolección de datos y análisis para cada enfoque de evaluación involucra un proceso iterativo que está representado en el diagrama de flujo como un "circuito de retroalimentación". Este proceso reiterativo incluye determinar cuáles datos hidrológicos, biofísicos y económicos son necesarios para el análisis. Debe dársele prioridad a la evaluación de aquellos recursos, funciones y atributos que estén en los lugares más altos en la clasificación. Los analistas deberán alterar estas priorizaciones conforme reciben información nueva y recojan más datos. Las limitaciones de recursos (como por ejemplo de tiempo, de fondos y de conocimientos) también determinarán qué recursos, funciones y atributos serán evaluados y con qué grado de exactitud. Por ejemplo, podría asignársele inicialmente un lugar alto en la clasificación a algún recurso, función o atributo, pero una limitación de recursos podría impedir su valoración.

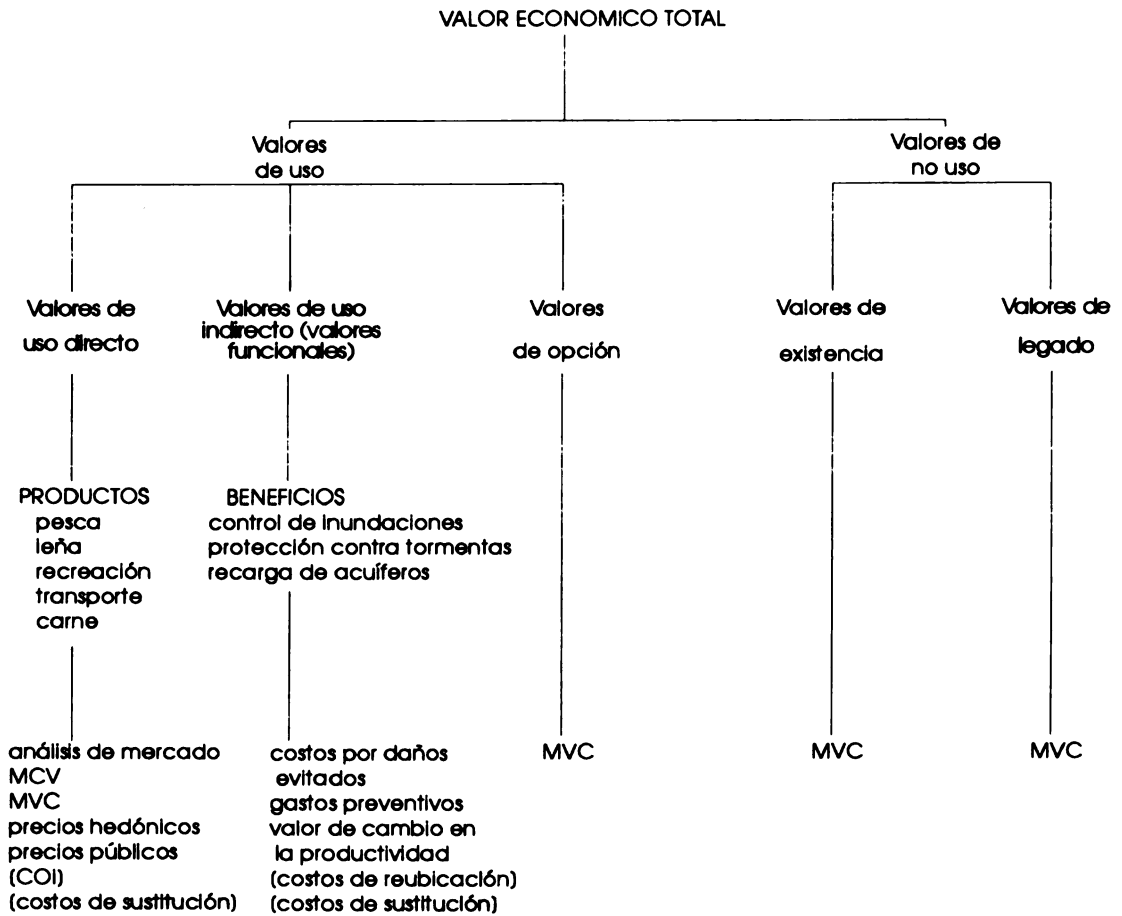
Idealmente, si no hubiera ninguna limitación de recursos, se comenzaría luego un programa coordinado de encuestas, experimentos y simulación ecológicos simultáneos, con el fin de cuantificar las funciones del sistema que se está estudiando. Según cuáles sean las limitaciones, puede comenzarse con sólo encuestas o, si se dispone de más recursos, encuestas junto con experimentos. Luego, se seleccionarán las técnicas de valoración apropiadas. Las Figuras 3, 4, y 5 indican el procedimiento para este proceso de selección. En el transcurso del proceso, deberá tomarse muy en cuenta cuáles fueron las incertidumbres y suposiciones planteadas.

En este punto, ya se habrá logrado un estimado preliminar de los valores deseados del ecosistema. Además, se ha formado una idea relativa de qué tan completos y qué tan precisos son los estimados. Si esto es suficiente para los objetivos de quien realiza el estudio, es el momento de parar. En caso contrario, puede regresarse al procedimiento de clasificación (ej. importancia relativa de los impactos y valores a evaluar) y al proceso de recolección de datos (ej. necesidades de información de índole ecológica y económica), y repetir el proceso. En caso de que se puedan minimizar las limitaciones de recursos (garantizando fondos adicionales, o capacitando más investigadores) y mejorar la base de datos ecológicos, se podría mejorar la valoración económica. Este proceso repetitivo puede continuar hasta que se alcance el grado de precisión requerido.

## PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS ECOLOGICAS

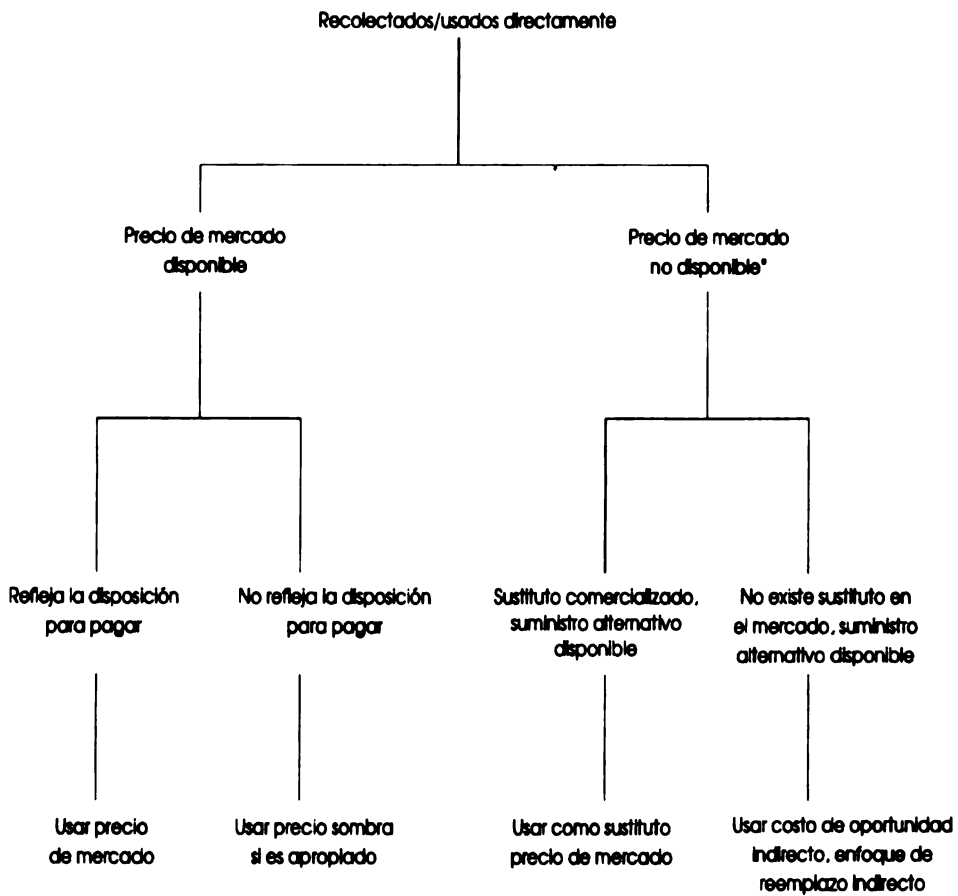
Para efectuar un análisis ecológico de los valores de un humedal, es necesario identificar las funciones y atributos relevantes del humedal, y evaluar su importancia en términos de impacto sobre los valores de uso directos, indirectos y de no uso de los humedales. Este proceso incluye tres pasos básicos:

- a. Estudiar y definir el área de humedal y especificar los límites entre esta área y las regiones adyacentes;



MCV: método de valoración contingente  
 MVC: método de costos de viaje  
 COI: enfoque costos de oportunidad indirecto  
 I: enfoque de sustitución indirecta  
 ( ): metodología de valoración que debe utilizarse con cuidado

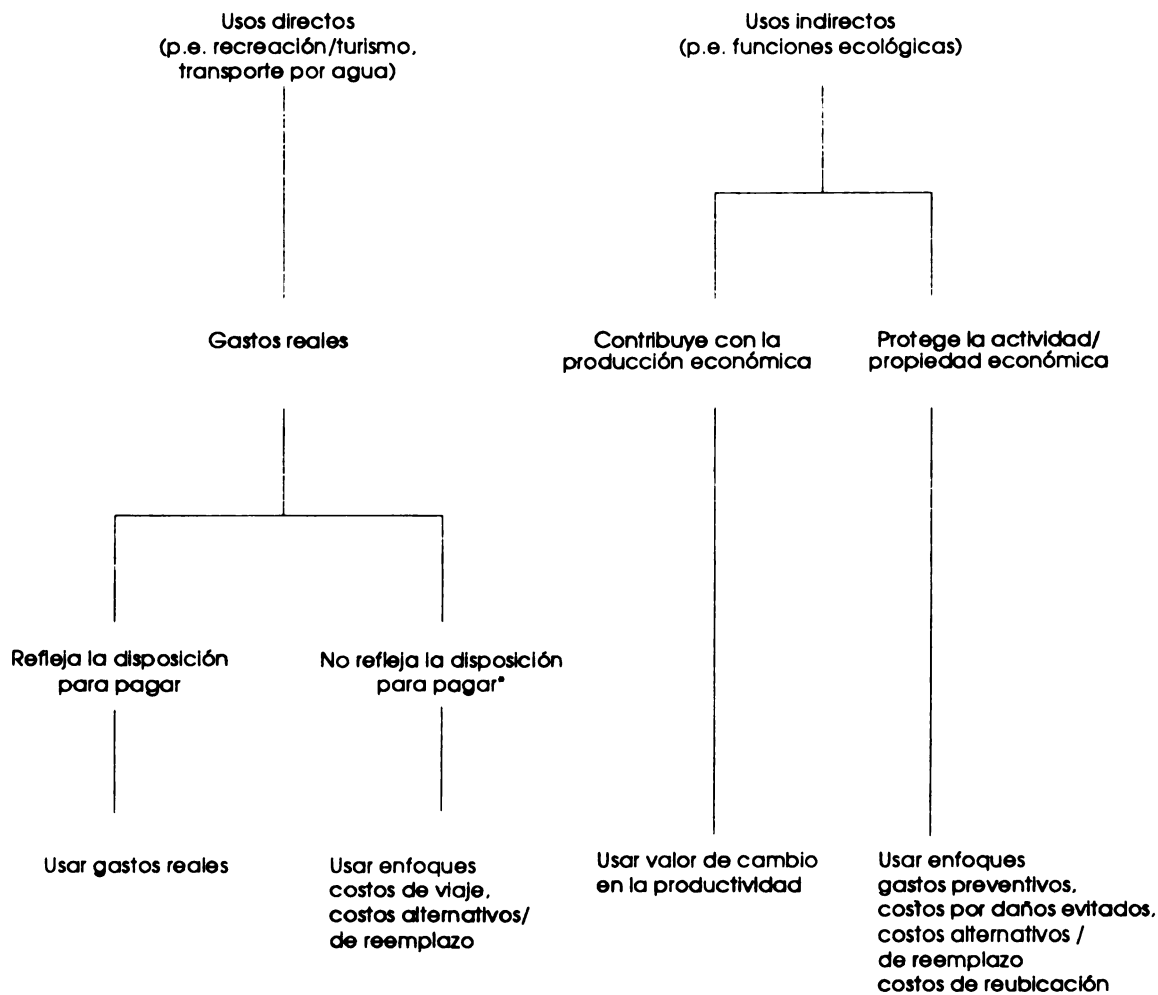
Figura 3. Valoración de los beneficios de los humedales



\*La disposición para pagar puede estimarse directamente mediante métodos de valoración contingente y precios hedónicos. Sin embargo, es posible que estas técnicas no sean aplicables a la mayoría de los humedales tropicales de los países en vías de desarrollo.

Figura 4. Valoración de la productividad/uso de los recursos del humedal





\*La disposición para pagar puede estimarse directamente mediante métodos de valoración contingente y hedónicos. Sin embargo, es posible que estas técnicas no sean aplicables a la mayoría de los humedales tropicales de los países en vías de desarrollo.

Figura 5. Valoración de las funciones de los humedales

- b. Identificar la estructura y las funciones del ecosistema de humedal, así como aquellos atributos que están relacionados con sus funciones;
- c. Clasificar las funciones y atributos ecológicos en términos de su importancia (ej. mucha, moderada, poca);
- d. Identificar la información necesaria para evaluar cada función, atributo y componente y desarrollar un plan para obtener dichos datos.

## IDENTIFICAR Y REUNIR LOS DATOS NECESARIOS

El propósito de este trabajo no es describir los datos hidrológicos y ecológicos específicos necesarios para llevar a cabo una evaluación económica de los humedales tropicales. A continuación proporcionamos una lista de:

- a. Los métodos generales para reunir datos y cómo utilizarlos para comprender el sistema de humedal que se está estudiando;
- b. Las categorías generales de usos, atributos y componentes estructurales para los que probablemente se requieran los datos.

Esperamos que esto sirva de guía para los investigadores que están por iniciar un estudio de valoración de un humedal, dándoles una idea inicial de dónde buscar y de cómo emprender la búsqueda.

Sin embargo, los datos biofísicos por sí solos no bastan para un ejercicio de evaluación. También es necesario recolectar información económica y especial para valorar los diferentes usos comerciales y no comerciales (según el caso) de los sistemas de humedal.

### Diagnóstico preliminar

Generalmente, el primer método que se utiliza para obtener información acerca de los humedales es un diagnóstico preliminar. Este se hace generalmente de dos maneras: revisión de literatura y recorridos de campo por el humedal. Mediante estos lineamientos, hemos intentado proporcionar un punto de partida para la revisión bibliográfica, así como una guía para llevar a cabo el recorrido de campo. Sin embargo, aún queda muchísimo por hacer una vez que se ha seleccionado el sistema particular por evaluar.

El reconocimiento del sistema en sí puede llevarse a cabo en el campo o, en algunos casos, a distancia, utilizando fotografías aéreas o imágenes de satélite. El diagnóstico ecológico puede incluir el análisis de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas de humedal, con elementos como medición de la biomasa, la productividad y la sedimentación. Los detalles dependerán de las características particulares del problema y del área.

## Experimentos

Una de las mejores formas de estudiar muchos de los tipos de impactos y relaciones necesarios para establecer el valor de un ecosistema, es diseñar y ejecutar experimentos controlados apropiados. Por ejemplo, la influencia que tiene la hidrología en la productividad de un humedal puede estudiarse mediante experimentos bien diseñados, de laboratorio o de campo. En dichos experimentos, se cambia la variable ecológica que interesa en forma controlada, y se miden los efectos de este cambio sobre la productividad.

Los experimentos son generalmente más costosos que los métodos de reconocimiento y sólo se deben realizar si son esenciales para alcanzar los fines del proyecto, y después de una revisión bibliográfica exhaustiva que asegure que no se haya realizado algún otro experimento análogo o utilizable. Esto se debe a que las dimensiones de los ecosistemas impiden llevar a cabo el control y las réplicas necesarios para formular predicciones realistas de cómo variables, tales como las hidrológicas, controlan las funciones del ecosistema.

## Modelaje ecológico

Una de las metas principales de la ecología de ecosistemas es predecir de qué manera los sistemas ecológicos responderán a las modificaciones llevadas a cabo por los seres humanos (Hall; DeAngelis, 1985). El uso de modelos de ecosistemas es una manera eficaz de obtener las mejores predicciones acerca de los efectos directos o indirectos, temporales o espaciales, de actividades humanas propuestas en áreas de humedal; de separar estos efectos de los cambios naturales; y de evaluar adecuadamente los impactos. Los modelos de simulación por computadora proporcionan una síntesis de la mejor descripción disponible de la forma en que funcionan estos complejos ecosistemas de humedales (Costanza y otros, 1990). Los estudios de modelos sólo se pueden realizar una vez terminadas las etapas experimental y de inspección, o bien al mismo tiempo que se realizan éstos. Este último procedimiento, que incluye reconocimiento de campo, experimentos (mediciones) y modelaje simultáneos es preferible (si los recursos lo permiten), pues aprovecha la retroalimentación y el sinergismo entre las diferentes etapas.

Dos desarrollos recientes hacen factible el modelaje de ecosistemas de humedal a una escala y con una resolución convenientes para los ejercicios de valoración que se describen en este informe. En primer lugar, la posibilidad de acceso inmediato a bases de datos espaciales y temporales extensivas derivadas de imágenes por sensores remotos, fotografía aérea histórica, y otras fuentes. Esta información permite medir el comportamiento de entornos reales en el espacio y en el tiempo. En segundo lugar, los avances en la tecnología

de computadoras hacen posible construir y poner en práctica modelos de predicción para humedales a los niveles necesarios espaciales y temporales de resolución (Costanza y otros, 1990).

La diferencia entre los modelos de ecosistemas y los modelos poblacionales es que los primeros incluyen ecosistemas en su totalidad (componentes bióticos y abióticos), mientras que los últimos sólo incluyen las poblaciones de organismos. Los modelos de ecosistemas tienden a ser más complejos y realistas, mientras que los modelos de población son más generales y simples. La mayoría de los modelos de ecosistemas que se encuentran en la literatura están diseñados para predecir comportamientos dinámicos, mientras que tratan el sistema como si fuera espacialmente homogéneo (Costanza y Sklar, 1985). Muchos de los modelos de ecosistemas que existen están basados en el proceso, en el sentido de que intentan imitar (al menos en una forma muy global) los procesos físicos y ecológicos subyacentes en el sistema. Se diferencian de los modelos estadísticos o probabilísticos en que éstos se basan directamente en correlaciones observadas en los datos, sin especificar generalmente los mecanismos. Una forma de extender este enfoque basado en los procesos para modelar dinámicas espaciales, es establecer un conjunto de modelos de ecosistemas puntuales y conectarlos con flujos de, por ejemplo, agua o nutrientes, utilizando reglas apropiadas para registrar los cambios por sucesión y los evolutivos, en la estructura del sistema. De cierta manera, este enfoque es análogo al empleado en los Modelos de Circulación Atmosférica General (GACMs) que se utilizan en el modelaje climático a largo plazo (Williams y otros, 1974; Washington y Williamson, 1977; Potter y otros, 1979; Schlesinger y Zhao, 1989), pero incorpora además elementos de modelaje de autómatas celulares y sistemas expertos, incorporado a las reglas de sucesión.

Richard Levins (1966) fue el primero en describir las limitaciones en modelaje en la relación entre realismo, precisión y generalidad. Ningún modelo es capaz de maximizar estos tres elementos juntos. La selección de objetivos depende de los propósitos fundamentales del estudio de modelos. Para el modelaje en el campo de la evaluación de humedales, es necesario considerar cuidadosamente estas limitaciones.

## CARACTERIZACION DE LAS AREAS DE HUMEDAL

Tal y como se discutió anteriormente, no existe ninguna definición general satisfactoria de lo que es un "humedal". Además, las áreas de humedal costeras interactúan con el entorno de modo diferente que las áreas de humedal tierra adentro. Dado que son ecosistemas únicos, se da además el problema práctico de que no hay dos humedales que presenten las mismas características en relación con su entorno. Por lo tanto, la primera tarea consiste en llegar a un acuerdo sobre cómo delimitar el sistema de humedal, distinguiéndolo del entorno en que se encuentra.

Esta tarea es crucial para establecer los límites del área del proyecto. Las funciones ecológicas que se dan dentro de esos límites pueden, por lo tanto, identificarse como propiedades del ecosistema, mientras que aquellas que tienen lugar fuera de ellos deben considerarse como variables "externas" o ingresos. El establecimiento de los límites del sistema tendrá un impacto importante en la identificación, clasificación y evaluación de las funciones, usos y atributos de un humedal.

## IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LAS FUNCIONES DE UN HUMEDAL

Existe una diferencia entre la función ecológica de un sistema (ej. ciclos de nutrientes, funciones micro-climáticas, flujos de energía) y sus componentes estructurales (biomasa, materia abiótica, especies de flora y fauna). Esta diferencia es útil desde una perspectiva económica, pues corresponde a las categorías estándar de existencias de recursos (es decir, la función ecológica). Además, los ecosistemas como un todo a menudo tienen ciertos atributos (calidad del hábitat, calidad del agua, singularidad/patrimonio ecológico) que tienen valor económico, ya sea porque inducen usos de tipo económico o porque tienen valor por sí mismos.

Por lo tanto, las variables de estado de un ecosistema de humedal -pesca, biomasa maderera, animales, alimentos y producción de fibras, a menudo se recolectan para servir directamente las necesidades de las comunidades humanas. Este uso directo de los componentes estructurales de los humedales es diferente del uso, más indirecto, que se hace de sus funciones ecológicas. Estas últimas sirven, en general, de apoyo para actividades económicas en los humedales o en áreas circundantes. Ejemplos de estas actividades son la producción agrícola, el mantenimiento de la calidad del agua y la pesca. Los atributos especiales de un humedal -su diversidad biológica y su importancia como patrimonio o para el aspecto cultural- no tienen necesariamente un "uso" directo o indirecto. Sin embargo, se sabe que tienen valor por sí mismos, al mantener el humedal "intacto" o "preservado".

Por lo tanto, la primera tarea consiste en identificar el entorno ambiental y las funciones ecológicas de los ecosistemas de humedal. Además, estas funciones ecológicas deben estar asociadas a los atributos del ecosistema de humedal, incluyendo cualquier atributo especial. El Cuadro 2 presenta una lista de funciones y atributos de los ecosistemas. La diversidad biológica se incluye como atributo, porque se refiere al número total de especies bióticas que contiene el sistema de humedal, así como a su calidad es decir, si el sistema contiene especies en peligro de extinción o especies a las que se les asigna un gran valor por su material genético. El atributo de singularidad/patrimonio cultural tiene que ver con el hecho de que ciertos ecosistemas de humedal pueden estar jugando un papel cultural especial en las comunidades locales, o tener importancia como patrimonio nacional.

No es necesario que el humedal que se estudia presente las mismas funciones ecológicas y atributos que se indican en el Cuadro 2. La importancia de estas funciones y atributos en términos de sus impactos ecológicos y físicos o de la capacidad del humedal para proporcionarlos, puede variar para cada sistema. Por lo tanto, no sólo es esencial identificar las características relevantes del humedal, sino también clasificarlas en orden de importancia.

### Hidrología de los humedales

La recarga de acuíferos se refiere al movimiento (usualmente descendente) de aguas superficiales hacia los acuíferos subterráneos. Para efectos de este informe, los humedales de recarga son aquéllos en los que: (a) la recarga anual de materiales subyacentes o agua subterránea (profunda o superficial) excede la descarga de acuíferos a la depresión húmeda, y/o (b) la tasa de recarga de aguas superficiales excede generalmente la tasa de recarga de los entornos terrestres.

La descarga de acuíferos es el movimiento (generalmente lateral o hacia arriba) de aguas subterráneas hacia aguas superficiales (ej. arroyos). Para efectos de este informe, las áreas de descarga de acuíferos son aquéllas en las que, anualmente, la tasa de descarga de aguas subterráneas (profundas o no) al humedal excede la tasa de recarga, desde el humedal, hacia las aguas subterráneas.

El almacenamiento de aguas de lluvia es el proceso mediante el cual los caudales pico de las escorrentías, los caudales superficiales, las descargas de acuíferos, el intercambio de aguas subterráneas, y la precipitación, penetran en un humedal y quedan almacenados o retrasan su descenso. Para efectos de este informe, la alteración de los caudales de desbordamiento ocurre en aquellas áreas en las que el agua superficial queda almacenada, o su velocidad disminuye más de lo que disminuiría en un entorno terrestre. No se emite ningún juicio con respecto al valor que tiene dicha alteración en el caudal. De hecho, en algunas situaciones, la disminución de la velocidad del caudal aumenta la inundación, debido a la sincronización del caudal.

### Retención de sedimentos y estabilización de la línea costera

Wayne en 1976 y posteriormete Camfield en 1977, presentaron modelos cuantitativos para la evaluación de la capacidad de la vegetación para disipar la fuerza de las olas. Existen varios modelos cuantitativos para evaluar la resistencia por fricción que presenta la vegetación terrestre ante las escorrentías de canales cubiertos de hierba y temporalmente inundados. Sin embargo, en el caso de la vegetación acuática sumergida, existen pocos modelos, si es que los hay. Para los sistemas de humedales, existen modelos cuantitativos para evaluar la dinámica de depósitos y erosión, y el debilitamiento de las olas. Sin embargo,

estos modelos no siempre incluyen un componente que pueda atribuirse fácilmente a la "influencia de los humedales". No existe ningún proceso cualitativo informal para evaluar esta función en todo tipo de humedal, aunque en 1974 Silberhorn proporcionó algunos lineamientos informales. Existe un procedimiento formal aplicable a áreas emergentes influenciadas por las mareas.

La estabilización de la línea costera es la combinación del efecto de fijar la línea costera y disipar las fuerzas de erosión. En lo que respecta a este método, las áreas con un ALTO grado de estabilización de sedimentos son más eficaces para sostener los suelos en su lugar y disipar las fuerzas de erosión, que los entornos típicos de las tierras altas.

#### Transformación y acumulación de químicos

Existen pocos modelos cuantitativos para evaluar la capacidad de retención y eliminación de nutrientes. Entre los modelos cualitativos están los lineamientos informales de Kibby (1979) y otros procesos más formales de Reppert (1979) y Wolverton (1980).

Existen pocos modelos cuantitativos para evaluar la capacidad de los humedales para retener nutrientes y sustancias tóxicas. Como observamos anteriormente, existen modelos cuantitativos de utilidad variable, que sirven para predecir la trayectoria que siguen y las tasas a las que se depositan los sedimentos en todos los sistemas, pero pocos de esos modelos incluyen un componente no identificable de aguas poco profundas. En este sentido, el estudio realizado por Hickok y otros (1977), es una excepción. Reppert y Wolverton presentan modelos cuantitativos para la retención de sedimentos y sustancias tóxicas.

El proceso de retención de sedimentos es aquél mediante el cual un humedal retiene y deposita las partículas de materia inorgánica y las sustancias químicas tóxicas adheridas. Para efectos de este método, las áreas con ALTO grado de retención de sedimentos y sustancias tóxicas, son aquéllas que atrapan físicamente (o químicamente, en el caso de las sustancias tóxicas) y retienen, anualmente, los sedimentos inorgánicos o las sustancias químicas que son generalmente tóxicas para las formas de vida acuáticas.

Los procesos de biomasa y microbianos incluyen el almacenamiento de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) en la vegetación de los humedales, o la transformación de nitrógeno a su forma gaseosa. Para efectos de este manual, las áreas de ALTO grado de remoción/transformación de nutrientes son aquéllas que retienen o transforman nitrógeno o fósforo inorgánico en su forma orgánica, o transforman (remueven) el nitrógeno a su forma gaseosa, ya sea anualmente o durante la estación de crecimiento, y que además son más eficaces en estos procesos que los entornos típicos de las tierras altas.

### Intercambio de materia orgánica

No ha sido posible desarrollar un procedimiento de investigación exitoso para evaluar la exportación de materia orgánica de los humedales, al menos en términos de las pruebas estadísticas habituales. Dias desarrolló un procedimiento para utilizar mediciones de campo de las poblaciones bénticas y de clorofila, para caracterizar la productividad de los marismas (pantanos inundados por las mareas). Sin embargo, los resultados de este procedimiento no se relacionan de manera específica o directa con el potencial de exportación de la producción para la pesca comercial y deportiva más allá del humedal. La exportación de la producción fue también un punto central del procedimiento de Reppert y otros, que requiere de la existencia de cierta cantidad de flujo. Se han llevado a cabo análisis ecológicos de la exportación de materia orgánica de los sistemas de humedal y tierras altas en sitios interiores y para manglares.

Varios modelos cuantitativos desarrollados son específicos a un sitio, para abordar la exportación de la producción, pero ninguno puede aplicarse en forma general. De manera muy cruda, es posible determinar el contenido calórico o de nutrientes de las plantas o animales de un humedal y, a partir de estos datos, calcular la biomasa de organismos más altos que puede mantener. Por ejemplo, el sábalo consume de 6 a 9 por ciento del fitoplancton de los estuarios que habita, o la producción diaria equivalente a  $0.8 \text{ g/m}^2$ . La cantidad de macro-invertebrados disponibles diariamente como alimento para los peces de agua dulce puede representar el equivalente a una cosecha de hasta 100 millas cuadradas de un hábitat béntico. Sin embargo, también es necesario conocer las tasas de descomposición, la tasa de evacuación de flujo hacia la depresión y el ritmo de alimentación, antes de poder hacer un cálculo realista de la capacidad de un sitio para mantener una determinada población.

### Biodiversidad/Protección del hábitat

El hábitat puede proporcionar refugio y alimento a los organismos. La diversidad del hábitat facilita la protección contra los depredadores y brinda un refugio a las poblaciones. Estos aspectos han sido estudiados con cuidado en el caso de la vegetación acuática sumergida, pantanos y manglares.

### Biomasa y productividad

La producción de biomasa del ecosistema representa la base de la cadena alimenticia y, como tal, es una variable muy importante de medir para evaluar el funcionamiento general del sistema.



La existencia permanente de biomasa vegetal representa el "capital natural" del sistema, que se combina con nutrientes, agua, y luz para mantener la biomasa existente, generar nueva biomasa y respaldar el resto de la cadena alimenticia. La biomasa vegetal también es importante como característica estructural abiótica del entorno. Puede desempeñar funciones tanto físicas como biológicas, como por ejemplo, retener sedimentos y servir de sitio de anidamiento para los animales.

La productividad de la biomasa vegetal está limitada por el entorno. A su vez, la productividad limita la magnitud y ámbito de los servicios que el ecosistema puede mantener, y la capacidad del ecosistema para recuperarse del estrés y las perturbaciones. Por ejemplo, las tasas sostenibles de recolección de productos forestales de los ecosistemas son una función directa de la productividad.

## IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS ATRIBUTOS DE UN ECOSISTEMA

### Calidad del hábitat

Se refiere a la capacidad de mantener una diversidad o abundancia notable de peces o invertebrados (es decir, la mayoría de los grupos tróficos de consumidores secundarios con redes alimenticias complejas). Para efectos de este informe, un área recibe una calificación ALTA si, al menos estacionalmente, el área de humedal mantiene una diversidad notable, en el sitio, de peces o invertebrados (es decir, la mayoría de los grupos tróficos de consumidores secundarios con redes alimenticias complejas). Otros animales acuáticos (ej. aves acuáticas) están cubiertos por otras funciones.

#### a) Aves acuáticas/sitios de reproducción

Se refiere al mantenimiento de una diversidad o abundancia notable, en el sitio, de vida silvestre dependiente de los humedales. Para efectos de este método, un humedal recibe una calificación ALTA si, durante la época de reproducción, el humedal mantiene una diversidad o abundancia notable, en el sitio, de aves dependientes de los humedales. Esta definición no toma en cuenta la contribución del área de humedal a la riqueza en fauna fuera del sitio (regional) o a la singularidad/escasez de las especies.

**Calificación ALTA:** existen seis tipos de humedal que tienen una alta probabilidad de mantener una diversidad excepcional de aves en reproducción. Dentro de las siguientes categorías, ciertos humedales individuales pueden recibir una calificación ALTA:

1. Pozos de pradera no-boscosa
2. Zonas riparias

3. Bosques de bajura
4. Otros humedales de llanuras de inundación
5. Humedales grandes o con una amplia diversidad de vegetación
6. Humedales de tamaño moderado que son oasis o complejos y que se entremezclan por lo menos un mínimo.

El correcto uso de esta clave depende de una estimación confiable de las siguientes características: uso de tierras circundantes, posibles fuentes de material tóxico, ubicación en un área con déficit de precipitación, tamaño, y clase de vegetación.

Calificación BAJA: existen siete tipos de humedal que, en un contexto natural, tienen POCA probabilidad de mantener una diversidad excepcional de aves de reproducción. Entre los humedales de los siete tipos que se enumeran a continuación, algunos podrían tener una BAJA calificación si están ubicados en una región con exceso de precipitación:

1. Humedales ribereños altos, boscosos, de arbustos, o de musgo, que no están conectados a bosques vecinos mediante corredores con vegetación, y que comprenden menos de 40 acres (1 acre=0.4 ha);
2. Humedales pequeños con posible ingreso de sustancias tóxicas;
3. Humedales estuarinos/marinos que:
  - a) son pequeños y están expuestos a grandes olas, o
  - b) poseen poca vegetación;
4. Humedales palustres/lacustres que:
  - a) contienen predominantemente musgo (pantanos de turba), tienen poca diversidad de plantas, y no tienen aguas abiertas; o
  - b) son pequeños, están rodeados de desarrollos urbanos y, si son boscosos, no están conectados por corredores; o
  - c) son pequeños y tienen escasa diversidad de vegetación, poca irregularidad en las orillas, no tienen aguas abiertas y no forman parte de un oasis/parcela.

El uso correcto de esta clave depende de una estimación confiable de las siguientes características: ubicación en un área con exceso de precipitación, tamaño, posibles fuentes de material tóxico, y clasificación de humedales.

#### **b) Aves acuáticas/Migración e invernación**

Para efectos de este informe, un humedal recibe una calificación alta si, durante la migración de invierno, el humedal acostumbra mantener una diversidad o abundancia notable, en el sitio, de aves dependientes de los humedales.

**Calificación ALTA:** Esta clave reconoce tres tipos generales de humedales que, en un contexto global, tienen una GRAN probabilidad de mantener una diversidad excepcional de vida silvestre durante la migración. Ciertos humedales individuales dentro de los tipos siguientes, podrían recibir una calificación ALTA:

1. Humedales costeros de agua dulce ubicados a menos de 5 millas de humedales estuarinos de más de 5 acres (o vice versa);
2. Planicies de barro de tamaño moderado o grande, con buena visibilidad y ubicadas al lado de pantanos emergentes;
3. Humedales bien entremezclados y con vegetación diversa, generalmente grandes, y ubicados en áreas agrícolas a lo largo de líneas costeras o valles de ríos.

Los humedales con una calificación potencial ALTA para aves acuáticas de invernación incluyen 1 y 2, y también 3 si el humedal no está congelado.

**Calificación BAJA:** La clave reconoce tres tipos generales de humedales que, dentro del contexto nacional, tienen usualmente POCA probabilidad de mantener una diversidad excepcional de vida silvestre durante la migración. Estos, más un cuarto tipo, también reciben una calificación BAJA para vida silvestre invernante. Algunos humedales individuales dentro de las siguientes categorías podrían recibir una calificación BAJA:

1. Humedales donde ingresan sustancias tóxicas, sin desagüe, o de menos de cinco acres;
2. Humedales de musgo-liquen (ciénagas) sin agua abierta;
3. Humedales pequeños, urbanos, desprovistos de vegetación boscosa.

El uso correcto de esta clave depende de una estimación confiable de las siguientes características: tamaño, presencia de materiales tóxicos, y tipo y diversidad de vegetación.

#### Calidad del agua

##### a) Total de sedimentos en suspensión

**Calificación ALTA:** entre los humedales que se consideran eficaces para retener sedimentos están los que no tienen desagüe; los que están embalsados (aunque puede argumentarse que el factor que ocasiona la sedimentación es el dique, y no el humedal); aquéllos en los que una muestra del agua (especialmente durante las tormentas) indica claramente que las aguas que salen tienen menos partículas inorgánicas que las aguas que entran fuera de las mareas; los que están cubiertos de vegetación erecta persistente y abarcan la totalidad, bien definida, de un delta, una isla, una barra o una península; aquellos que presentan evidencias directas de crecimiento, ya sea mediante fotografía histórica o muestras de campo; los que están ubicados en entornos de deposición, cubiertos de vegetación erecta que se extiende más de 20 pies; humedales estuarinos emergentes

persistentes de más de 20 pies en entornos de deposición; humedales de arrecifes/lechos de moluscos; o humedales estuarinos de lecho vascular acuático. Los humedales que respondan a alguna de estas descripciones deberán también estar libres de canales artificiales y de labranza.

Otros humedales que califican ALTO son aquellos que poseen casi todas las condiciones siguientes: desagüe estrecho; sin caudal o con flujo de baja velocidad; salobres; ribereños con buena proporción de pozos y rápidos (si tienen sedimentos de guijarro-grava) o pozos adecuados y sedimentos de corriente interna; de bajo alcance; de gran profundidad (o menos profundidad con menor alcance); con inundaciones estacionales de cobertura y duración relativamente largas; y emergentes estuarinos en una región de tormentas de gran intensidad. Además, estos humedales deben estar libres de canales artificiales y suelos labrados, y deben tener vegetación erecta en una zona de, al menos, 20 pies de ancho. En el caso de humedales influenciados por mareas, deben tener vegetación de lecho acuático bajo condiciones salobres (floculentas).

Los humedales que no satisfacen los criterios para calificación ALTA, se estudian a continuación, con base en su BAJA eficacia. Los humedales con POCA probabilidad de ser eficaces para retener sedimentos, pertenecen a alguno de los siguientes cinco tipos: (a) humedales con suelos labrados (cultivados) y con un drenaje permanente; (b) humedales con guijarro-grava, piedrilla, o sustratos de lecho de roca sin vegetación, sedimentos de corriente interna, o pozos; (c) humedales que bordean el canal inmediatamente corriente abajo de un embalse; (d) humedales en los que la salida independientemente de las mareas de partículas orgánicas es mayor que la entrada (especialmente durante tormentas); (e) humedales en los que las velocidades de corrientes dominantes son, a menudo, mayores que los umbrales de suspensión de los tipos predominantes de sedimento; o (f) humedales que posean la mayoría de las siguientes características: expuestos a las estelas de las embarcaciones o canalizados; desagüe no obstruido; suelo labrado; que no está en un gradiente deposicional o en un área que aumenta significativamente al inundarse; poca profundidad con largo alcance (y lecho de vegetación acuática mínimo); y vegetación periférica mínima, si el sedimento entra por vía terrestre (o esparcimiento mínimo de vegetación si el sedimento entra por canal).

Además, los humedales que satisfagan cualquiera de los criterios del párrafo anterior no deben (si se dispone de esos datos) mostrar evidencias de crecimiento, con base en datos históricos fotográficos o de investigación de campo.

La mayoría de los humedales de tipo hoya obtendrán una calificación ALTA y es probable que, en algunas regiones, la mayoría de los humedales tendrán una calificación MODERADA. Los humedales que más probablemente recibirán calificación BAJA serán los de tipo

marino y ribereño. Las características fundamentales son: el ancho de la zona con vegetación, inmediaciones, velocidad y tipos de sedimento.

#### b) Eutroficación

**Calificación ALTA:** A menudo, la retención de nutrientes está acompañada por una retención de sedimentos. Las condiciones que propician la retención de sedimentos, como la presencia de caletas con desagüe obstruido o sin él, indican una gran probabilidad de transformación/remoción de los nutrientes. La presencia de la mayor parte de las condiciones siguientes, indica una gran probabilidad de transformación/remoción de nutrientes: baja velocidad del agua, presencia de una cantidad significativa de vegetación, suelos minerales finos y grado de alcalinidad mayor de 20 mg/l, gran diversidad vegetal sin áreas boscosas muertas dominadas por arbustos-maleza o estructuras que encierren el agua, fuentes significativas de nutrientes y vegetación, y periodo hídrico permanentemente inundado, saturado o expuesto/inundado irregularmente por las mareas.

**Calificación BAJA:** Los humedales reciben una calificación BAJA para remoción de nutrientes si también reciben calificación BAJA en retención de sedimentos; además, tienen principalmente sedimentos dañinos, estado anóxico de la columna de agua, no tienen vegetación boscosa o flotante con hojas, o son marinos.

**Calificación Oportunidad ALTA:** Los humedales con un ALTO grado de oportunidad de retener sedimentos son aquellos con varias fuentes potenciales puntuales o no puntuales de sedimentos de sustancias tóxicas mencionadas en el método (ej. cultivos en hilera, condiciones de suelo en ladera que favorecen la erosión, basureros, campos donde se aplican plaguicidas).

**Calificación Oportunidad BAJA:** Una BAJA oportunidad de retención de sedimentos y sustancias tóxicas es consecuencia de la falta de fuentes potenciales de sedimentos, combinada con una cuenca boscosa de un tamaño no más de cinco veces mayor que la extensión del área del humedal y, al menos, cinco por ciento de la cuenca alta ocupada por humedales (o existe un reservorio).

**Calificación Oportunidad ALTA:** Los humedales con una oportunidad ALTA de retención de nutrientes son aquellos que cuentan con fuentes potenciales, puntuales o no puntuales, de nutrientes (por ejemplo sistemas sépticos o corrales de engorde ("feed lots").

Una oportunidad BAJA es consecuencia de la falta de fuentes potenciales de nutrientes, combinada con una cuenca boscosa o una cuenca menos de cinco veces más grande que el área del humedal y cuyos suelos son relativamente permeables.

Si el humedal es contiguo, un análisis del aluminio que se puede extraer y medidas de los tiempos reales de retención, mejorarán considerablemente la validez. Según los criterios del método, las hoyas y muchos humedales de bajura/riberaños recibirán una calificación ALTA por eficacia. En cuanto a los otros humedales, sólo una minoría recibirá tal calificación. En la mayor parte de las regiones, casi todos los humedales recibirán calificación MODERADA. Los humedales influenciados por las mareas, a menos que sean salobres, podrían tender a una calificación ligeramente menor debido a que generalmente cuentan con mayor flujo de evacuación y con sedimentos orgánicos. Los suelos de arcilla y largos periodos de crecimiento en los humedales tropicales podrían llevar a calificaciones más bien altas.

### Recreación y singularidad/patrimonio

La recreación se refiere a actividades dependientes del agua y que pueden llevarse a cabo en los humedales, ya sea de manera casual u obligatoria.

Singularidad/Patrimonio incluye el uso de los humedales para disfrute estético, estudio de la naturaleza, educación, investigación científica, preservación abierta de especies endémicas o poco comunes, mantenimiento de un banco genético, protección de las características arqueológicas y geológicas singulares y mantenimiento de sitios históricos.

No se presentan claves de interpretación para la evaluación de la oportunidad y eficacia de estos valores. Esto se debe a que no existe una base científica para evaluar en forma objetiva, sin necesidad de recoger una cantidad considerable de datos específicos del lugar.

Son pocas las técnicas de evaluación que han abordado el tema del potencial recreativo. Esto es probablemente por la forma en que fueron definidos los "humedales", o porque se consideraba la recreación como un uso incompatible.

Los procedimientos para evaluar los aspectos estéticos de los humedales, ríos y líneas costeras se basan, más que nada, en la diversidad del paisaje, su intensidad, unidad y la ausencia de elementos que molestan a la vista. A pesar de que la sociedad respeta, hasta cierto punto, los juicios emitidos por "autoridades" en cuestiones de méritos artísticos, este respeto no se le confiere aún, de manera regular, a los profesionales que trabajan en el análisis estético de los paisajes. Esto se debe, en parte, a que la percepción del paisaje, que se ve diariamente o una vez en la vida, tiende a estar fuertemente determinada por factores sociológicos.

### Productividad neta del ecosistema

#### a) Caza y pesca

Es la eliminación y utilización de la vegetación natural y de la fauna de un humedal para consumo humano (alimento, fibras, energía, abrigo). La caza se refiere a la acción, llevada a cabo por la población local, de atrapar, matar y usar animales silvestres dependientes

del humedal para fines comerciales o de subsistencia. La pesca se refiere a la acción de atrapar peces con fines comerciales o de subsistencia.

**Calificación ALTA:** Para que un área de humedal alcance una calificación ALTA para recolección de biomasa, caza y pesca, éste debe ser una fuente importante, y difícil de reemplazar, de cada uno de los valores anteriores para la población local.

**Calificación BAJA:** Para que la calificación sea BAJA, el área deberá ser de poco uso para la población local o ser pobre en los recursos necesarios para darle valor.

**b) Pastoreo (alimentación de animales domésticos (ganado) utilizando el herbaje que crece en los humedales)**

**Calificación ALTA:** Para que el humedal alcance una calificación ALTA, debe ser extensamente utilizado para pastoreo en sus condiciones naturales o actuales.

**Calificación BAJA:** Para una calificación BAJA, el humedal no debe tener la capacidad para proporcionar pasto en sus condiciones naturales.

**c) Agricultura (cultivo de alimentos o fibras en áreas de humedal)**

**Calificación ALTA:** Para alcanzar una calificación ALTA, el área de humedal debe ser extensamente utilizada con fines agrícolas.

**Calificación BAJA:** Para que un área de humedal reciba una calificación BAJA, debe ser incapaz de producir cosechas o no estar siendo utilizada con este fin.

**d) Productos forestales**

Es la capacidad de un ecosistema de humedal de producir madera para la construcción, energía o taninos para curtiembre. Los productos energéticos pueden ser leña o carbón.

## **Navegación**

Se refiere al uso de canales asociados a humedales como medio de transporte.

**Calificación ALTA:** Para alcanzar una calificación ALTA, es necesario que los canales asociados al humedal sean utilizados regularmente para el transporte de personas o de productos comerciales.

**Calificación BAJA:** Para que la calificación sea BAJA, ni el humedal ni los canales asociados deben tener capacidad para ser utilizados para la navegación. Otro caso sería que tuvieran dicha capacidad pero que la población local tenga preferencia por otros medios de transporte.

## Abastecimiento de agua

### a) Recarga de acuíferos

**Calificación ALTA:** El humedal debe presentar alguna de las siguientes condiciones: no estar permanentemente inundado, tener una topografía favorable, cuenca impermeable, tener suelos con bajo grado de infiltración, estar ubicado pendiente arriba de un dique, tener suelos minerales finos o estar en una región kárstica, o presentar inundaciones expansivas o caudales inestables.

**Calificación BAJA:** Varios tipos de humedal se consideran con BAJA probabilidad de recarga anual neta, independientemente de cualquier evidencia circunstancial de alto grado de recarga, como se describe anteriormente. Estos humedales de baja recarga incluyen: (a) todos los humedales marinos y estuarinos (donde la recarga, si ocurre, es perjudicial para la economía); (b) todos los humedales con estratos subyacentes impermeables; (c) otros humedales que no tienen todas las características siguientes: tienen estratos subyacentes rugosos, no están hacia abajo de un dique, y no presentan indicadores de descarga de acuíferos.

La recolección de datos piezométricos o el conocimiento de la geología superficial del área podrían tener un efecto determinante sobre la calificación de un humedal que, de otra manera, se ve fuertemente afectada por el hidrociclo, el equilibrio de la precipitación y la contigüidad.

### b) Descarga de acuíferos

**Calificación ALTA:** Existen numerosas condiciones que harían que un humedal tenga una GRAN probabilidad de descargar acuíferos anualmente. Incluyen casi todos los humedales permanentemente inundados o saturados que: (a) están ubicados en regiones con déficit de precipitación; (b) están ubicados inmediatamente bajo un dique; (c) miden más de 200 acres, con cuenca cuya extensión es de menos de cinco veces la superficie del área evaluada; (d) miden más de 200 acres y no están rodeados de terreno pavimentado; (e) la gradiente es más empinada corriente abajo del desagüe que corriente arriba de la entrada; (f) faltan entradas pero sí hay drenajes, y no están dominados por deshielos (sólo humedales no periféricos); (g) son estables con respecto a las fluctuaciones en el nivel de aguas estacionales; o (h) están caracterizados por manantiales, calidad del agua, o anomalías en la temperatura que sugieren la presencia de descarga. Si el humedal no está permanentemente inundado o saturado, podría asignársele una calificación ALTA si cumple al menos dos de las condiciones anteriores.

**Calificación BAJA:** Los únicos humedales cuya probabilidad de descarga de acuíferos se considera BAJA son: (a) aquellos con calificación ALTA de recarga de acuíferos; o (b) los humedales que no están permanentemente inundados y que no cumplen con, al menos, dos de las condiciones anteriormente descritas.



Casi siempre, los humedales influenciados por las mareas se califican como MODERADOS o INCIERTOS y nunca deberán alcanzar una calificación ALTA. Este hecho no niega la posibilidad de descarga de acuíferos en humedales influenciados por las mareas. Más bien, resalta la dificultad de predecir su presencia. No es posible que un humedal no influenciado por la marea y permanentemente inundado reciba una calificación BAJA para descarga, a menos que la clave de recarga indique que hay recarga.

c) Almacenamiento de aguas de lluvia

**Calificación ALTA:** Existen cinco tipos de áreas que alteran claramente los caudales de inundación, áreas que: (a) tienen una salida de caudal regulada (reservorios, diques); (b) tienen una salida de caudal menor que la entrada; (c) no tienen ni entrada ni salida; (d) aumentan su superficie, al menos, en un 25% durante 20 días del año y miden más de cinco acres; o (e) miden más de 200 acres; (f) mayor que 200 pero menor que 5 acres y tienen un escurrimiento menor que la evapotranspiración, de modo que la superficie aumente al menos 25% durante 20 días del año.

**Calificación BAJA:** Se da por hecho que los humedales que tienen BAJA probabilidad de alterar los caudales de inundación tienen las características siguientes: (a) si el régimen de escurrimiento regional es relativamente estable (presenta pocas variaciones); (b) los volúmenes de salida son mayores que los de entrada; (c) la superficie es menor de 200 acres; (d) no hay potencial aparente para el estancamiento de agua de lluvia (por ejemplo humedales periféricos u otros de fácil drenaje); y (e) si hay caudal, los canales no son sinuosos ni contienen vegetación boscosa amplia que intercepte las escorrentías superficiales. Asimismo, todos los humedales influenciados por las mareas reciben calificación BAJA, dado que amortiguan los caudales de inundación sólo si los oleajes de tormentas leves ocurren en marea baja.

La calificación BAJA corresponderá a la mayoría de los humedales permanentemente inundados, pequeños, no obstruidos, especialmente si no tienen canales de poco gradiente ni vegetación boscosa. En muchas regiones, la calificación más común será la de MODERADO.

Los humedales bajos en la cuenca podrían tener más oportunidad de interceptar aguas de lluvia; sin embargo, si son más bajos en la cuenca que la mayoría de las propiedades inundables, su importancia social será menor y, en algunos casos, también lo será su eficacia es decir, en comparación con el humedal de tipo "reservorio" en la parte alta de la cuenca.

Los humedales con mayor oportunidad para alteración del caudal de inundación son aquéllos que no están influenciados por las mareas pero que tienen una cuenca relativamente grande, o cuyas cuencas son predominantemente urbanas o con suelos relativamente impermeables, con otro pequeño número de áreas de almacenamiento corriente arriba.

Los humedales reciben calificación BAJA para oportunidad de caudal de inundación si no satisfacen los criterios para oportunidad ALTA y tienen una cuenca relativamente pequeña, si tienen una cobertura predominantemente boscosa en la cuenca, áreas de almacenamiento corriente arriba, o si están influenciadas por las mareas.

#### Estabilización de la línea costera

**Calificación ALTA:** Los humedales que reciban una calificación alta para esta función deben tener una de las siguientes características: presencia de fuerzas potenciales de erosión, presencia de presas, canales o compuertas que encierran el agua, gran velocidad del agua, evidencia de una larga erosión, o un nivel freático influenciado por un embalse ubicado corriente arriba. Además, debe estar presente una de las siguientes características: sustratos de escombros, líneas costeras protectoras o cercanas, más de 20 pies de ancho de vegetación erecta, presencia de bosque de arbustos y maleza, o buena dispersión de agua y vegetación.

**Calificación BAJA:** El único tipo de humedal que puede recibir calificación baja es aquél en que no hay caudal de agua, no hay estelas de embarcaciones, no hay agua abierta de más de 100 FAST, no hay áreas de erosión contiguo al humedal, y no hay vegetación (ni erecta ni sumergida) ni escombros.

Con base en estos criterios, los humedales marinos, estuarinos, ribereños y palustres contiguos nunca recibirán calificación BAJA. La mayor parte de los humedales palustres y estuarinos con vegetación con algo de agua abierta recibirán calificación ALTA. Lo mismo puede decirse de la mayoría de las islas y costas rocosas. Para esta función, las características más determinantes son las que tienen que ver con la cercanía, flujo, FETCH, y ancho de la zona con vegetación.

#### Apoyo externo a otros sistemas

Se refiere al flujo de evacuación de material orgánico vegetal (específicamente productividad primaria neta anual) del humedal hacia las aguas corriente abajo. Para efectos de este método, una ALTA exportación de producción corresponde al desagüe de cantidades relativamente grandes de material orgánico vegetal (específicamente productividad primaria neta anual) del humedal hacia aguas ubicadas más abajo. No se emite ningún juicio relacionado con el valor de dicha exportación. De hecho, hay casos en los que el transporte de este material afecta negativamente la calidad del agua más abajo.

**Calificación ALTA:** Para alcanzar una calificación ALTA, el área a evaluar debe presentar condiciones que favorecen la productividad primaria (con relación a tipos similares de humedal dentro de la misma región) de plantas de humedal. Además, deben tener un mecanismo para transportar este material desde el ecosistema. Si el sistema de humedal

es ribereño, deben estar presentes todas las condiciones siguientes: condición eutrófica potencial, cuenca de mas de 100 millas cuadradas, áreas importantes de vegetación sumergida o erecta.

Si el sistema de humedal es estuarino, deben cumplirse las siguientes condiciones: áreas importantes de vegetación erecta, más de 20 pies de ancho y vegetación inundada, alta productividad de plantas, gran potencial de erosión. La Zona impactada debe cubrir, al menos, 10 por ciento del área de humedal, y debe haber condiciones eutróficas potenciales.

Si el sistema de humedal es lacustre, debe presentar las siguientes condiciones: áreas importantes de vegetación erecta, área de humedal dominada por vegetación acuática o emergente, alta productividad vegetal, el pH no debe ser ácido, potencial para condiciones eutróficas o alto nivel existente de sólidos disueltos, alto potencial de erosión, y cuencas que no sean pequeñas.

Si el sistema de humedal es palustre, deben estar presentes las siguientes condiciones: áreas importantes de vegetación erecta, potencial para condiciones de erosión, zona impactada mayor del 10 por ciento del área de humedal, potencial para inundación expansiva, potencial para condiciones eutróficas o niveles altos de sólidos disueltos, alta productividad vegetal, y situación periférica o insular.

Además, para todos los sistemas de humedal, debe estar presente alguna de las siguientes condiciones: una conformación extensiva en la clase de líquenes/musgos, sustrato arenoso, alta velocidad del agua o humedal descubierto, poca mezcla de agua/vegetación, presencia de alteración directa, niveles de agua manipulados artificialmente, cuenca pequeña, o niveles bajos de sólidos suspendidos.

**Calificación BAJA:** Para obtener calificación BAJA, el área de humedal no debe tener desagües permanentes ni intermitentes, sea cual sea el nivel de productividad presente. Esto no equivale a negar la productividad o importancia de los humedales que no son contiguos (ej. hoyas de pradera); sólo significa que la probabilidad relativa de exportar nutrientes orgánicos, es baja.

Los humedales que no son contiguos y los humedales ribereños no influenciados por las mareas (excluyendo algunos de tipo periférico, como los bosques de tierras bajas) obtendrán generalmente una calificación baja para esta función. La mayoría de los humedales marinos y estuarinos obtendrán probablemente calificación ALTA, así como en el caso de muchos humedales palustres contiguos. Las características más determinantes parecen ser cercanía, sistema, ubicación periférica y velocidad.

## PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS ECONÓMICAS

El propósito fundamental de la evaluación económica de un humedal tropical es determinar los *beneficios netos derivados del humedal* para la sociedad, es decir, los beneficios menos los costos de los usos consumibles y no consumibles de los humedales. En algunos casos aislados, puede ser necesario valorar todos los beneficios netos que proporciona el sistema de humedal; este es el caso, por ejemplo, cuando se debe decidir entre preservar o utilizar el humedal o para determinar su contribución total al bienestar de la sociedad. Si el objetivo es valorar el impacto de una modificación o un daño específico al humedal, entonces debe valorarse únicamente el cambio que dicho impacto generará en los beneficios netos. Si el objetivo es decidir si debe proseguirse con un uso alternativo o con la conversión de los recursos del humedal, bastará con una valoración parcial de los beneficios netos del humedal. En otras palabras, la valoración de sólo unos cuantos de los beneficios netos del humedal puede ser suficiente para determinar si la conversión o desviación de los recursos del humedal representaría una pérdida excesiva para la sociedad.

Este capítulo se centra en las técnicas para valorar distintos *beneficios* que proporcionan los humedales, dado que generalmente no son bien comprendidos y, como consecuencia, a menudo se subestiman o se pasan por alto. También se discutirá brevemente el costo asociado con ciertos usos de los humedales, especialmente los usos directos. El capítulo se basa en las técnicas desarrolladas para evaluar dos humedales tropicales en Centroamérica (Barbier, 1989a y 1989b), y su aplicación en Nigeria (Barbier, Adams y Kimmage, 1991). Consultar también a Turner (1991) para un breve estudio de la economía del manejo de humedales. Puede encontrarse otros estudios de caso e ilustraciones de la metodología general del análisis económico de los costos y beneficios ambientales en Dixon y Sherman, 1990; Gregersen y otros, 1986; Hufschmidt y otros, 1983; Hufschmidt y Dixon, 1986; Pearce y Markandya, 1989). Para una buena introducción general al análisis de costo-beneficio, ver también Gittinger (1983).

### VALORES DE LOS HUMEDALES

Tal y como lo indica la Figura 3, existen básicamente tres categorías de valores asociados a los sistemas de humedal: valores de *uso directo*, valores de *uso indirecto* y valores de *no uso/de preservación*. Es un error común pensar que un uso económico directo de un humedal -como, por ejemplo, la recolección de leña- tiene más valor que una función natural como la protección contra tormentas. El valor de las funciones naturales consiste en la protección o apoyo indirecto a las actividades económicas y a las propiedades. Si bien resulta difícil calcular valores de uso indirecto como el de la protección contra tormentas,

en el largo plazo muchas veces se puede demostrar que resultan más importantes que los valores directos, como la recolección de leña.

En general, el valor obtenido de casi todos los recursos de un humedal se deriva del uso directo, o recolección, de dichos recursos. La recreación y la navegación son casos especiales de servicios proporcionados por los sistemas de humedal que también involucran valores de uso directo. La recreación y el turismo involucran el uso y la visita a los humedales para llevar a cabo distintas actividades de ocio, y la navegación involucra el uso directo de los canales del humedal. La diversidad de todo el ecosistema también podría tener un valor de uso directo para la investigación científica, la educación y como fuente de material genético.

Los humedales también tienen valores importantes de uso indirecto, al respaldar actividades económicas y propiedades *-fuera* del sistema de humedal- que tienen un valor directo medible. Por ejemplo, el control de las inundaciones que ejercen los sistemas de humedal podría proteger la producción agrícola, la infraestructura, las propiedades, las tierras y hasta vidas humanas corriente abajo. La recarga de acuíferos podría abastecer de nuevo los acuíferos que se utilizan para la agricultura doméstica y para fines industriales en otras regiones. Asimismo, la retención de sedimentos podría evitar la obstrucción que ocasionan en las redes de irrigación corriente abajo, y retener nutrientes que agudizan los problemas de contaminación. El atributo especial de la diversidad biológica podría también tener un valor de uso indirecto, al contribuir con la estabilidad de todo el ecosistema y, de esta forma, brindar apoyo a actividades económicas externas. Por ejemplo, la diversidad biológica en los manglares sirve de apoyo a peces y larvas que son la base de la pesquería comercial mar adentro.

La gente puede derivar valores de los ecosistemas de humedales sin necesidad de beneficiarse, directa o indirectamente, de sus servicios y componentes. Otra posibilidad es que deriven valores suplementarios a los que reciben de forma directa o indirecta al utilizar el humedal. Por ejemplo, una persona puede sentirse satisfecha simplemente sabiendo que ciertos humedales existen y serán preservados: se dice que el sistema tiene un valor de existencia para esta persona. Asimismo, otros podrían valorar el hecho de que las futuras generaciones tengan la oportunidad de utilizar el ecosistema, aunque ellos no tengan la intención de utilizarlo. Esta motivación de legado podría constituir un valor adicional para aquellas personas que se benefician directa o indirectamente de los humedales, pues es posible que sientan la necesidad de que las futuras generaciones puedan usar y disfrutar del mismo nivel de funciones y recursos a los que ellas han tenido acceso toda su vida. Finalmente, si la sociedad es previsora, desconoce el valor futuro de algunas de las funciones y recursos de las áreas de humedal, y sabe que el desarrollo implica la pérdida irreversible de los recursos y funciones de los humedales, los individuos podrían

estar dispuestos a agregar una "prima" a la opción de preservar los humedales. Este valor de opción puede verse como una forma de asegurarse hoy contra el riesgo de perder los servicios y recursos de los humedales, que podrían resultar valiosos en el futuro. Los valores de existencia, legado y opción pueden asignarse a una sola especie o a cierto número de especies de un humedal. Sin embargo, a menudo se asocian con la totalidad del ecosistema. Por lo tanto, la diversidad biológica y cualquier particularidad cultural o patrimonial que presente el ecosistema, puede contribuir con los valores de existencia, legado y opción que los individuos asignen a la preservación. En las zonas templadas, los valores de preservación, en particular los de opción y legado, también podrían estar estrechamente asociados al uso recreativo que se haga de los humedales. Sin embargo, es posible que estos valores no sean tan notables en los humedales tropicales, que están ubicados principalmente en los países en vías de desarrollo.

## IDENTIFICACION Y OBTENCION DE LOS DATOS NECESARIOS

Para los usos directos de los recursos de humedal, es necesario recopilar información sobre los costos económicos de los insumos y los "precios" de los productos obtenidos. Esta información puede incluir datos biofísicos sobre tasas de cosecha, rendimiento o uso, tipos de producto y tasas de productividad biológica.

En cuanto a los costos, es necesario diferenciar entre insumos "adquiridos" o "en efectivo" (como materiales, herramientas y otros artículos comprados o alquilados, mano de obra contratada y cuotas para permisos) e insumos "propios" o "en especie" (como equipo, materiales y otros artículos prestados). Se requiere información sobre cuotas de uso de los insumos (tiempo de trabajo por actividad, cantidad de materiales y otros artículos utilizados, tasa de uso y depreciación del equipo principal) así como los precios más relevantes de los productos adquiridos o los precios por los insumos equivalentes que podrían sustituir cualquiera de los insumos en especie. En cuanto a los productos, debe hacerse una distinción entre los comerciales y los no comerciales. Se requiere información sobre precios del productor, precios finales en el mercado, y costos de transporte y otros intermediarios, si se aplica. Para ayudar a valorar los productos no comerciales, es necesario conocer sus tasas de consumo, así como los precios, en el mercado, de cualquier sustituto potencial o producto alternativo.

Se requiere información similar acerca de insumos y productos para todas aquellas actividades económicas que están protegidas o sostenidas indirectamente por las funciones ecológicas de los sistemas de humedal. También se han identificado dos tipos de funciones especiales no ambientales que, en realidad, constituyen un uso directo: el transporte por agua y el turismo/recreación. Para dichas funciones, debe obtenerse información sobre las intensidades, tipos y propósito de los usos (ej. pesca recreativa,

interés en el lugar, transporte de bienes o personas), precios reales pagados (si es del caso) y los costos de alternativas o sustitutos.

Para los países en vías de desarrollo, es extremadamente difícil obtener la información necesaria para evaluar los valores no comerciales o de preservación y esto podría llevar a una valoración cualitativa más que cuantitativa. Deberán recolectarse más datos generales sociales y económicos. Estos incluirían información demográfica y económica sobre las poblaciones y comunidades que viven dentro del área de humedal y regiones adyacentes influenciadas por las funciones del humedal en estudio. Dependiendo del ejercicio de evaluación, dicha información podría incluir datos acerca del crecimiento y distribución de la población, niveles de ingreso y distribución de riqueza, condiciones de crédito y tasas de interés rurales, y niveles y tipos de empleo. Otros datos económicos generales que pueden resultar útiles son las tasas de depreciación estándar de proyecto, tasas de inflación y de cambio.

El primer paso para recoger esta información es una investigación bibliográfica actualizada sobre estudios específicos, económicos y sociales, del humedal y sus regiones adyacentes, así como las estadísticas disponibles sobre estas regiones. En algunos casos, esto proporcionará la mayor parte de los datos socioeconómicos generales necesarios para la evaluación. Sin embargo, lo más probable es que también sea necesario disponer de estudios de campo sobre actividades específicas, comunidades y grupos de población, para obtener los datos económicos necesarios sobre insumos y productos. Durante una fase inicial de evaluación, podría ser útil emplear diferentes técnicas para una estimación rural rápida. Estas técnicas pueden basarse en entrevistas con agricultores o productores, clasificación por riqueza y preferencia y participación de grupos. Para evaluaciones más profundas y a más largo plazo, podría requerirse estudios más detallados de referencia o de observación. En todos los casos, debe aplicarse el principio de "ignorancia óptima": es necesario tener claro desde el principio cuál es el tipo de información requerida, para evitar caer en la trampa de "recoger datos por recoger datos".

## TECNICAS PARA LA VALORACION DE LOS BENEFICIOS DE LOS HUMEDALES

Hoy en día, los países industrializados utilizan numerosas técnicas sofisticadas, como la valoración contingente, la valoración hedonista, y la simulación/modelos econométricos, para valorar distintos beneficios de los humedales de áreas templadas (para estudios y referencias, ver Farber y Costanza, 1987; Turner, 1990 y 1991). Cuando sea apropiado, debe estimularse la aplicación de estas técnicas a los humedales tropicales en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, hay muchos casos en los que las limitaciones de tiempo y dinero que caracterizan las evaluaciones económicas de humedales en esos países,

limitan la posibilidad de utilizar técnicas de valoración sofisticadas. Por lo tanto, este capítulo hará énfasis en aquellas técnicas de evaluación de los beneficios de los humedales cuyo costo sea más accesible y cuya duración sea más corta.

La Figura 3 muestra los tipos generales de valoración de los beneficios de los humedales. Algunos de estos métodos están en segundo lugar: costos de alternativa/sustitutos (reemplazo), costos de reubicación, costos de oportunidad y costos de sustitución. Sin embargo, podría llegar a ser necesario utilizar estos métodos en caso de que los otros métodos no puedan aplicarse.

Básicamente, el objetivo de la valoración de los usos directos e indirectos y los no consumibles (preservación) es medir la voluntad de la sociedad de pagar (disposición para pagar, "DP") por estos diversos beneficios. En una economía competitiva, sin limitaciones con respecto al movimiento de precios, uno podría suponer que los precios del mercado reflejan la DP para los bienes y servicios. Sin embargo, surgen dos complicaciones en lo que respecta a los usos de los humedales.

En primer lugar, en muchos países en vías de desarrollo, los precios de mercado podrían estar distorsionados por intervenciones deliberadas o competencia imperfecta, como la existencia de controles de tasas de cambio, establecimiento de precios máximos o mantenimiento de precios, subsidios o impuestos y condiciones de monopolio. Además, los mercados podrían ser informales, debido al predominio del consumo y producción de subsistencia. En tales casos, a menudo se aboga por los precios sombra. Estos son precios reales que se "ajustan" para eliminar las distorsiones ocasionadas por políticas o imperfecciones del mercado, con el fin de reflejar la verdadera DP. Sin embargo se advierte que debe tenerse mucho cuidado de no usar indiscriminadamente los precios sombra en lugar de los precios de mercado pues:

- i. los decisores están más anuentes a aceptar los precios de mercado que los valores artificiales calculados por un analista;
- ii. generalmente, los precios de mercado son fáciles de observar, tanto en un momento específico como a lo largo de un período de tiempo;
- iii. los precios de mercado reflejan las decisiones de muchos compradores, mientras que los precios sombra se calculan con base en la opinión del analista; y
- iv. los procedimientos utilizados para calcular precios sombra son, más bien, imperfectos. Por lo tanto, en algunos casos pueden conducir a mayores discrepancias que el simple uso de precios de mercado, aunque estos últimos sean imperfectos.

Anderson (1987); Barbier (1989) y Barbier, Adams y Kimmage (1990), demuestran el uso apropiado de los precios sombra y de mercado en los países en vías de desarrollo, para valorar la producción agroforestal y de llanura inundable, y los beneficios ambientales. Tal



y como lo muestran estos estudios de casos, los costos y beneficios de la producción requerirán de la asignación de precios sombra si los mercados para productos e insumos están distorsionados o incompletos.

Una segunda complicación es que muchos valores de los humedales no están del todo reflejados en los precios del mercado. Esto incluye a todas las funciones ambientales, los recursos cosechados para uso propio de las familias, la mayoría de los servicios recreativos y de transporte, y los valores de preservación/no consumibles. En algunos casos, podría emplearse técnicas como los métodos de costos de viaje, la valoración contingente y la asignación de precios hedónicos, para estimar directamente la DP. Pero como se dijo anteriormente, es difícil aplicar estas técnicas más sofisticadas a áreas remotas y rurales de los países en vías de desarrollo. La única excepción es el método de costos de viaje, que se está utilizando cada vez más para valorar los beneficios del ecoturismo (Brown y Henry, 1989; Dixon y Sherman, 1990). También se está utilizando la valoración contingente (estudios sobre la DP) con propósitos selectivos, como por ejemplo turismo y abastecimiento de agua en zonas rurales (Dixon y Sherman, 1990; Briscoe y otros 1990).

En algunos casos, los valores no comerciales pueden aproximarse mediante el uso de precios sustitutos del mercado. Esto es, utilizar el precio real, en el mercado, de bienes o servicios relacionados, para valorar el uso del humedal que no ha sido comercializado. Por ejemplo, en el caso de recursos cosechados del humedal o utilizados directamente y que no están comercializados (ej. leña), puede aproximarse el valor de su uso mediante el valor, en el mercado, de bienes similares (ej. leña comprada en otros sitios) o de los bienes alternativos/sustitutos (ej. queroseno o carbón). Si el mercado para los bienes alternativos o sustitutos está distorsionado, entonces habrá que utilizar precios sombra.

En el caso de que no hubiera un bien sustituto/alternativo comercializado, será necesario utilizar otros métodos para valorar un recurso no comercializado de un humedal. Un método para esto es el enfoque de sustituto indirecto. Con este método, se usa el costo de oportunidad de utilizar un sustituto del recurso de humedal y se calcula su valor (ej. el costo de oportunidad de usar estiércol, que normalmente se utiliza como fertilizante, para sustituir la leña; el costo de conseguir agua potable de fuentes al exterior del humedal). Otro método es el enfoque de costo de oportunidad indirecto. Con este método, se valora el tiempo que se gasta en recolectar o cosechar en términos de sueldos rurales desaprovechados el costo de oportunidad de la mano de obra con base en otros empleos. Sin embargo, debe tenerse cuidado al utilizar esta técnica, ya que se está utilizando el costo de una actividad para valorar sus beneficios. Este enfoque proporciona un valor mínimo del beneficio; es claro que la actividad vale la pena si los beneficios son iguales o hasta mayores que los costos.

En un estudio de caso interesante, realizado en las montañas de Nepal, se utilizó precios de mercado sustitutos, y costos de oportunidad y sustitutos indirectos para valorar la producción de leña (Dixon y otros, 1989).

Asimismo, el gasto real en servicios de humedal de uso directo (ej. recreación/turismo, transporte por agua) podría no reflejar la DP de los individuos. En este caso, posiblemente se requerirán métodos alternativos de valoración. Para turismo/recreación, puede utilizarse el enfoque de costos de viaje, en el cual el valor de visitar las áreas de humedal se expresa en términos del costo del viaje, cuantificado por medio de ingresos o sueldos no percibidos. En el caso del transporte por agua, el valor puede expresarse en términos del costo que representan otros medios de transporte alternativos/sustitutos.

El valor de las funciones ambientales de los humedales surge indirectamente del apoyo o protección a las actividades económicas y a la propiedad. En los casos en que las funciones de un humedal están brindando dicho apoyo a actividades económicas, su valor puede medirse con base en los cambios en la productividad atribuidos a la existencia normal de dichas funciones. Si las funciones proporcionan protección a propiedades o actividades económicas, su valor puede expresarse en términos de: los gastos preventivos que se requeriría en caso de que la función fuera degradada o perturbada de manera irreversible; los costos por daños que fueron evitados gracias al buen funcionamiento de los servicios del humedal en cuestión; los costos sustitutos/alternativos que representa reemplazar esas funciones; o los costos de reubicación necesarios si se perdieran esas funciones. Dixon y otros, (1989) proporcionan un útil resumen de aplicaciones de algunas de estas técnicas en los países en vías de desarrollo.

Es oportuno reiterar que estas técnicas deben ser empleadas con cuidado (se está utilizando los costos de sustitución y reubicación, así como los costos de utilizar una alternativa para una función ambiental, para valorar sus beneficios). Por ejemplo, como señala Turner (1990), la validez de un enfoque de costos de alternativa/sustituto como método de valoración depende de que se puedan satisfacer tres condiciones esenciales:

- i. que los sustitutos puedan brindar funciones o servicios similares a los del humedal natural;
- ii. que la alternativa haya sido escogida con base en el criterio del costo mínimo; y
- iii. que un estudio de la disposición para pagar refleje que la demanda per capita sería la misma para los dos niveles distintos de costo.

Cuando se utilice este enfoque para valorar el transporte por agua, o cualquier otra función del humedal, debe tomarse muy en cuenta estas condiciones, especialmente la tercera.

## TECNICAS PARA VALORES ESPECIFICOS

### Bienes de los humedales

El sistema básico para la valoración de los componentes estructurales, o recursos, de los humedales, comienza por determinar su productividad marginal. En otras palabras, consiste en determinar el rendimiento adicional cosechado por unidad de área de recursos (suponiendo que el esfuerzo humano y otros insumos se mantienen constantes). El valor de esta productividad marginal puede ser calculado, ya sea directa o indirectamente, mediante la metodología que se sugiere en la Figura 3. La Figura 4 presenta, más detalladamente, el método general de valoración de los recursos de humedal, en término de los flujos de varios productos que proporcionan.

#### a) Recursos forestales

Los recursos forestales se “cosechan” directamente para obtener una serie de productos, como por ejemplo, los productos maderables más comunes: leña, madera, corteza y materiales para la construcción; y los productos forestales “secundarios” no maderables: resinas, medicinas y productos de carrizo/caña. Todos estos productos cosechados están sujetos a la metodología básica que aparece en la Figura 4 y que fue descrita en la sección anterior mediante el ejemplo de la leña. En otras palabras, si el producto forestal cosechado está comercializado, el precio de mercado debe servir para medir adecuadamente el valor por unidad. Si existen distorsiones en el mercado, y éstas pueden ajustarse e incorporarse al análisis, entonces es preferible utilizar un precio ajustado o sombra. En el caso de que el producto no esté comercializado, podría resultar útil emplear precios de mercado sustitutos, si existe una fuente de abastecimiento sustituta o alternativa comercializada. En caso contrario, podría utilizarse los enfoques de costo de oportunidad o sustituto indirecto.

#### b) Recursos de vida silvestre

Se trata de especies terrestres y sub-terrestres que son cazadas (ej. para carne, cueros, pieles) o recolectadas (ej. miel de abeja, huevos de tortuga y de aves). Al igual que cualquier otro recurso cosechado, éstos tendrán un valor comercial o serán consumidos/usados por quienes los recolectan. Muchas de las pieles y cueros tendrán un valor comercial y, por lo tanto, será apropiado utilizar precios de mercado o sombra. En cuanto a los alimentos consumidos a nivel doméstico, como por ejemplo carne de especies silvestres, miel y huevos, deberán existir precios de mercado sustitutos. Es posible que otros productos no comercializables de la vida silvestre sean difíciles de valorar, a menos que los costos de oportunidad o sustituto indirecto de su uso sean aparentes.

### c) Pesquerías

La mayoría de las especies acuáticas, incluyendo cangrejos y moluscos, deben tener un valor comercial. La productividad marginal de estas especies comerciales (es decir, el rendimiento por hectárea) puede, pues, valorarse en términos de los precios de mercado o sombra. Podría llegar a necesitarse precios sustitutos para especies menos comerciales que son consumidas principalmente a nivel doméstico. Lo más probable es que estas especies tengan sustitutos cercanos en el extremo inferior del mercado.

### d) Recursos forrajeros

Estos recursos incluyen praderas y árboles en los que pastan los animales domésticos. Además, las hojas, pastos y vainas pueden ser recolectados como forraje para alimentar al ganado estabulado. Son pocos los casos en que el forraje, ya sea recolectado o directamente pastado, tiene un valor de mercado. Sin embargo, la productividad marginal del forraje de los recursos forestales de los humedales puede ser valorada utilizando los precios que se pagan por obtener la misma cantidad de producto alternativo o sustituto en el mercado. Si no existen dichas alternativas, otro enfoque es el que utiliza el valor de la producción animal adicional que resulta del uso de los recursos forrajeros del humedal. Por ejemplo, los animales que pastan producen leche, carne y fertilizantes. Por lo tanto, el valor productivo total de los recursos forrajeros sería el valor total de la producción de leche, carnes y fertilizantes que resultó del consumo de estos recursos forrajeros. Finalmente, en sitios donde se recolecta el forraje, también puede estimarse su valor mediante el método de costo de oportunidad indirecto, con base en el tiempo que se emplea recolectando el forraje, multiplicado por la tasa apropiada de salario rural.

### e) Recursos agrícolas

Los recursos agrícolas de los humedales provienen de las áreas que han sido transformadas en ecosistemas manejados para la producción de alimentos y fibras, acuicultura y producción de sal. La productividad marginal de estos recursos sería su rendimiento aumentado por hectárea de terreno cultivable. La mayoría de los productos agrícolas tienen un valor de mercado o, en su lugar, productos alternativos o sustitutos comercializados. No debe ser difícil valorar su productividad marginal.

### f) Abastecimiento de agua

El agua que fluye por los humedales puede usarse directamente a nivel doméstico, para la agricultura, para dar de beber al ganado y para abastecer a la industria. Es poco probable que existan mercados para estos usos. Sin embargo, los habitantes de las áreas de humedal podrían tener acceso a fuentes alternativas, aunque más costosas, de agua. Si la fuente

alternativa tiene un precio de mercado (por ej. cuando el agua debe ser comprada a abastecedores que la traen a la región), ese precio puede utilizarse como sustituto del valor del abastecimiento de agua del humedal. En el caso en que el agua del humedal se utilice con fines agrícolas, el valor puede atribuirse al cambio en la productividad agrícola gracias al acceso al agua del humedal.

Podría también haber un efecto de sustituto indirecto si no hubiera agua disponible en el humedal. En ese caso, posiblemente sería necesario tomar agua de otras fuentes (ej. agua de río corriente arriba, utilizada para la irrigación) y desviarla para el uso doméstico. Por lo tanto, el valor del agua del humedal sería equivalente a los costos de oportunidad de utilizar como sustituto el agua de riego, en términos de producción agrícola perdida. Finalmente, el valor del abastecimiento de agua de un humedal puede medirse también mediante el método de costo de oportunidad indirecto, en el que el tiempo utilizado recogiendo agua se multiplica por el salario rural adecuado.

#### g) Recursos energéticos

Los humedales contienen energía potencial para el uso humano en forma de energía derivada de las mareas, energía solar y turba. La energía marina y la energía solar de los humedales tropicales no han podido aún ser aprovechadas, excepto indirectamente, mediante sus impactos en los recursos y funciones ecológicas. Cualquier utilización directa de las energías solar y marina podría fácilmente valorarse mediante la metodología que sugiere la Figura 4. En el caso de la turba, cada vez se utiliza más y se reconoce más su valor como recurso energético derivado de los humedales tropicales. En el caso en que tenga un mercado comercial, el precio por unidad extraída indicará su valor. En los casos en que no sea una fuente de energía comercializada, un precio de mercado sustituto puede derivarse del uso de un sustituto comercializado (ej. queroseno o carbón). También puede calcularse el valor a partir del costo de oportunidad indirecto que representa la recolección de turba, o del valor de los usos alternativos de su sustituto más cercano (ej. estiércol que se deja de usar como fertilizante).

## SERVICIOS DE LOS HUMEDALES

La Figura 5 resume la metodología para valorar todos los servicios de los humedales, tanto los ambientales como los no ambientales. El primer paso consiste en determinar si el servicio se usa directamente o no. El siguiente consiste en decidir si está apoyando la producción económica o protegiendo propiedades y actividades económicas. Para todos los servicios ambientales, el economista debe trabajar en estrecha colaboración con ecólogos, especialistas en suelos e hidrólogos para poder comprender la naturaleza y la magnitud de los efectos indirectos.

### a) Recarga y descarga de aguas subterráneas

La recarga de aguas subterráneas se refiere al papel que desempeñan diariamente los humedales de agua dulce abasteciendo acuíferos. Primero debe determinarse la cantidad de agua extra proporcionada por el humedal. También es necesario conocer los usos del agua de los acuíferos (ej. para abastecimiento de la industria o para propósitos domésticos o agrícolas). Luego puede valorarse el agua adicional de los humedales de la misma manera en que se indicó anteriormente para los recursos hídricos del humedal (es decir, en términos del valor de la producción agrícola o industrial adicional, en términos del valor de los usos alternativos de otras fuentes sustitutas de agua)

La descarga de aguas subterráneas se refiere al papel de todos los humedales de liberar agua de los acuíferos. Esta puede ser una "válvula de seguridad" para evitar las inundaciones cuando los niveles freáticos en las tierras altas son altos. La tarea difícil consiste en determinar cuánto se está reduciendo o evitando la inundación en las cuencas gracias a esta función. Para esto, puede utilizarse una serie de técnicas, como por ejemplo, calcular la magnitud de los daños que se están evitando a la propiedad y a las actividades económicas; el monto de los gastos preventivos necesarios para prevenir más inundaciones; los costos que representa la reubicación de la actividad económica, las estructuras y la población; y los costos de reemplazar la función de descarga de aguas subterráneas de los humedales por una alternativa artificial.

### b) Control de inundaciones

El servicio de control de inundaciones que proporcionan los humedales es, generalmente, muy importante. La metodología de valoración es similar a la de descarga de aguas subterráneas. En primer lugar, es necesario conocer la magnitud y la frecuencia de las inundaciones que ocurrirían en el área de la llanura inundable si no existiera esa función del humedal. Podría resultar útil plantear varios casos hipotéticos (ej. pérdida de 50% del control de inundaciones, pérdida de un 75%). También sería necesario conocer los tipos de propiedad y de actividad económica que se verían afectados, y sus valores. Luego, podría utilizarse diferentes técnicas, como por ejemplo los gastos de prevención de inundaciones; los costos de reubicación; y los costos que representaría construir cualquier alternativa o sustituto del control de inundaciones ejercido por un humedal.

### c) Estabilización de la línea costera/control de la erosión

Los humedales pueden proteger de la erosión a las líneas costeras y bordes de los ríos. De esta manera, impiden la pérdida de valiosas tierras agrícolas y propiedades. Se requiere una estimación del área neta de terreno que se perdería sin la influencia estabilizadora de los humedales. En algunos casos (ver retención de sedimentos), los humedales pueden

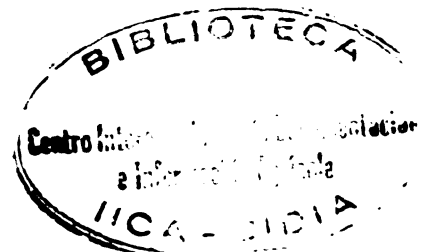
originar una ampliación de la superficie de tierra firme. Todas estas adiciones de tierras de valor potencial deben ser agregadas a aquéllas que son protegidas gracias a las funciones de estabilización de la línea costera y control de la erosión. El valor de esta función puede calcularse a partir del valor total de esa tierra (ej. el valor de la productividad agrícola marginal de cualquier tierra cultivable y el valor de cualquier propiedad que podría llegar a perderse).

#### d) Retención de sedimentos

La retención de sedimentos de los humedales puede tener dos efectos importantes. Primero, puede ocasionar un aumento de la cantidad de tierra cultivable dentro de las áreas del humedal. Segundo, puede proteger de la sedimentación a las actividades económicas y las propiedades ubicadas corriente abajo. En el caso del primer impacto, es necesario determinar la tasa de aumento del terreno y, luego, el valor de cualquier producción agrícola extra generada anualmente gracias a dicho aumento en el terreno. Para evaluar los efectos de la retención de sedimentos, es necesario calcular la cantidad de sedimento adicional retenido por los humedales y determinar cuáles estructuras y actividades económicas se verían afectadas si este exceso de sedimentos siguiera descendiendo corriente abajo. El costo de los daños evitados, los gastos preventivos y los costos de alternativa/sustitutos puede utilizarse para valorar esta función. Por ejemplo, un exceso de sedimentación en los canales podría requerir un dragado adicional para abrir el paso a la navegación. Estos gastos adicionales generados por el dragado podrían ser utilizados para calcular el valor de la retención de sedimentos de los humedales. Otra forma de calcular el valor sería evaluando los costos por daños ocasionados por un exceso de sedimentación a los sistemas de irrigación corriente abajo, turbinas o reservorios de los diques. Finalmente, los costos que representa construir "trampas" para retener sedimentos con el fin de reemplazar la función del humedal también estaría indicando el valor de dicha función.

#### e) Retención de nutrientes

Además de atrapar sedimentos, los humedales retienen nutrientes orgánicos, incluyendo aquellos provenientes de desechos humanos y animales. Podría resultar difícil separar estas dos funciones, especialmente en lo que se refiere al valor de acrecentamiento de la tierra. Sin embargo, una excepción posible es el cálculo del valor que representa evitar los efectos de los contaminantes orgánicos en la salud de los habitantes de las zonas ubicadas corriente abajo, si se sabe que dichos contaminantes son retenidos en grandes cantidades por el sistema de humedal. Una posible manera de medir el costo por daños evitados es calcular la pérdida potencial de ganancias debida a los efectos nocivos en la salud si los contaminantes no fueran retenidos. Finalmente, el valor de la retención de nutrientes de



los humedales podría estar indicado por los costos que representaría reemplazar esta función por una planta de tratamiento de desechos.

#### f) Mantenimiento de la calidad del agua

La retención de sedimentos y de nutrientes en los humedales también está relacionada con las otras funciones de mantenimiento de la calidad del agua que cumple el humedal, como por ejemplo, la transformación de nutrientes (es decir, la cantidad real absorbida por la vegetación del humedal), la retención de toxinas y la suspensión de partículas. Puesto que todas estas funciones son difíciles de separar, es necesario agruparlas bajo la categoría de "mantenimiento general de la calidad del agua". Es posible calcular el costo por daños en términos de la pérdida potencial de ganancias evitada por los humedales al retener ciertas toxinas como, por ejemplo, metales dañinos. Otra forma de aproximar el valor del mantenimiento de la calidad del agua por los humedales es con base en lo que costaría reemplazar esta función por un sistema de tratamiento de aguas.

#### g) Protección contra tormentas/cortinas rompevientos

Este servicio de los humedales es especialmente valioso, particularmente en el caso de la protección que proporcionan los manglares a las áreas costeras. También en este caso, la primera tarea consiste en calcular la magnitud y la extensión de los daños que causarían a propiedades y actividades económicas los fuertes vientos y tormentas si los humedales no cumplieran su papel protector. El valor de estos daños evitados serviría para calcular el valor de esta función. Otra alternativa consiste en calcular gastos de prevención o de reubicación, y costos de construcción de cortinas rompevientos alternativas o diques de mar.

#### h) Estabilización de microclimas

Los ciclos hidrológicos de nutrientes y de materia, y los flujos de energía de los humedales, pueden estabilizar las condiciones climáticas locales, en particular las precipitaciones y temperaturas. Esto, a su vez, influye en las actividades agrícolas, en aquellas basadas en los recursos naturales, en la estabilidad de los ecosistemas naturales y en el humedal mismo. La valoración de estos cambios es extremadamente difícil, a menos que las interrelaciones ecológicas estén claramente establecidas. El caso más probable sería aquel en que es posible demostrar una conexión con los cambios en las actividades económicas, como la agricultura. En tal circunstancia, el valor de cualquier cambio en la productividad económica debido a la estabilización del clima, podrá atribuirse a esta función de los humedales.



#### i) Apoyo externo

Los ecosistemas de humedal no están aislados. Más bien, están relacionados con otros ecosistemas vecinos mediante ciclos hidrológicos y de nutrientes y flujos de energía. La estabilidad y sostenibilidad de las funciones y recursos ecológicos de los humedales podrían estar interrelacionadas con las de los ecosistemas vecinos. En particular, las áreas de humedal, como los pantanos de manglar, funcionan como hábitats importantes para especies de peces de valor comercial, en alguna parte de sus ciclos de vida (ej. camarones, lisas, peces costeros). Es posible que parte del valor de las pesquerías de la costa o interiores fuera de las áreas de humedal, se puedan atribuir a esta función de apoyo vital proporcionada por los humedales. Idealmente, habría que conocer la pérdida neta en la productividad de estas pesquerías en el caso de que las áreas de humedal no pudieran sostenerlas. Así, el valor de este cambio en la productividad aproximaría el monto de la contribución que realiza este servicio de mantenimiento. En la práctica, sin embargo, resulta extremadamente difícil calcular el “valor agregado” proporcionado por un humedal a las pesquerías externas o a cualquier otra actividad económica que pudiera estar manteniendo antes de ser removido.

#### j) Recreación/turismo

Las áreas de humedal se pueden utilizar directamente para recreación y turismo. Tal y como lo indica la Figura 5, el método para valorar este uso directo es distinto del que se utiliza para valorar los servicios ambientales utilizados de manera indirecta. Si confiamos en el hecho de que los gastos reales del turismo (ej. costos de viaje, gastos de hotel y subsistencia, cuotas por visitar sitios, uso de embarcaciones) reflejan la disposición para pagar por visitar las áreas de humedal o llevar a cabo actividades de recreación en ellas, entonces puede tomarse estos gastos como valor para esta función. Sin embargo, es muy poco probable que esto ocurra para las áreas de humedales tropicales. Un problema que surgiría, por ejemplo, es el de poder distinguir si los gastos realizados por los turistas son explícitamente para visitar las áreas de humedal o si son gastos generales de recreación y para visitar distintos lugares, incluyendo los humedales.

Un enfoque posible consiste en expresar el valor recreativo de los humedales en términos del tiempo de viaje utilizado para visitar explícitamente esas áreas, cuantificado mediante salario no percibido. Este método funciona mejor cuando los visitantes vienen desde una amplia gama de lugares distintos para recrearse en un área de humedal y sólo visitan dicha área. Estas podrían ser condiciones difíciles de satisfacer para la mayor parte de los humedales tropicales.

#### k) Transporte por agua

Las áreas de humedal pueden servir como medio de transporte de bienes y pasajeros. Esta función depende de si los ríos, estuarios y otros canales están dentro de los límites del humedal. Allí donde se utiliza los humedales para transporte por agua, su valor puede calcularse con base en lo que costaría utilizar un método alternativo/sustituto de transporte. En general, es preferible usar el método de valoración en lugar de los gastos reales en transporte por las aguas de un humedal. Esto se debe a que estos gastos podrían no estar reflejando de manera exacta la verdadera voluntad de pagar. Por ejemplo, si cuesta \$0.50 transportar en barco una carga de leña en la red del humedal, pero la alternativa de transportar la misma cantidad de leña por tierra cuesta \$2.00, entonces esta última es una mejor aproximación de lo que vale el transporte por las aguas de un humedal. En algunas áreas remotas, el hecho de que no haya un sistema de transporte alternativo sugiere que el valor del transporte por las aguas del humedal es extremadamente alto.

## CONCLUSIONES

El interés por la importancia económica y ecológica de los humedales tropicales refleja el reconocimiento, cada vez mayor, de que el manejo de los recursos naturales cumple un papel vital en el desarrollo económico. El no darle la importancia que se merece al impacto económico de la degradación ambiental y conversión o agotamiento excesivos de los sistemas de recursos naturales, genera altos costos económicos y disminución del bienestar social (Barbier, 1989 y 1991; Pearce, Barbier y Markandya, 1990). El resultado es un desarrollo económico no sostenible.

El propósito de estos lineamientos es ayudar a los investigadores que desean valorar el impacto económico de los daños ocasionados a los humedales tropicales, los costos de oportunidad de proyectos que convierten, agotan o exproplan los recursos de los humedales, y los beneficios netos totales que proporcionan los sistemas de humedal. Para este fin, existe una serie de técnicas ecológicas y económicas. Esta guía constituye un intento de proporcionar un enfoque sistemático para la utilización de dichas herramientas. La bibliografía contiene información más detallada acerca de las diferentes técnicas y metodologías, y hace referencia a algunos de los aspectos conceptuales y filosóficos subyacentes.

## BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, W. M.; HOLLIS, G. E. 1989. Hydrology and Sustainable Resource Development of a Sahelian Floodplain Wetland, Report to the Hadejia-Nguru Wetlands Conservation Project, London.
- ALLEN, R. L.; TURNER, R. E.; DAY, J. W. 1984. Oyster Management and Environmental Influences in the Gulf of Mexico, 1880-1978, Center for Wetland Resources, LSU, Baton Rouge.
- ANDERSON, D. 1987. The Economics of Afforestation: A Case Study in Africa, John Hopkins University Press for the World Bank, Washington D.C.
- ARROW, K.J. 1976. The rate of discount for long-term public investment. in: H. Ashley, R. L. Rudman, and C. Shipple (eds). Energy and the environment: a risk benefit approach. Pergamon, NY.
- ARROW, K.J.; A.C. FISHER. 1974. Environmental Preservation, Uncertainty, and Irreversibility. Quarterly Journal of Economics 55:313-19.
- BAHR, L. M.; COSTANZA, R.; DAY, J.W.JR.; BAYLEY, S.E.; NEILL, C.; LEIBOWITZ, S.G.; FRUCI, J. 1983. Ecological characterization of the Mississippi Deltaic Plain Region: a narrative with management recommendations. U.W. Fish and Wild. Serv., Div. of Biol. Serv., Washington, D.C. FWS/IBS-82/69. 189 pp.
- BARBIER, E.B. 1989b. The Economic Value of Ecosystems: 1-Tropical Wetland. Gatekeeper 89-02 London Economics Centre, London.
- BARBIER, E.B. 1989a. Economic Evaluation of Tropical Wetland Resources Applications in Central America. London Economics Centre, London.
- BARBIER, E.B. 1990. Economics, Natural Resource Scarcity and Development: Conventional and Alternative Views, Earthscan Publications, London.
- BARBIER, E.B. 1990. The Economics of Controlling Degradations: Rehabilitating Gum Arabic Systems in Sudan, LEEC Paper DP 90-03, London Environmental Economics Centre, London.
- BARBIER, E.B. 1991. "Environmental Degradation in the Third World", in D.W. Pearce et al., Blueprint 2: The Greening of the World Economy, Earthscan Publications, London.

- BARBIER, E.B.; ADAMS, W.M.; KIMMAGE, K. 1991. Economic Valuation of Wetland Benefits: The Hadejia-Jama'are Floodplain, Nigeria, LEEC Paper DP 91-02, London Environmental Economics Centre, London.
- BARBIER, E.B.; MARKANDYA, A; PEARCE, D.W. 1990. Sustainable Agricultural Development and Project Appraisal. *European Review of Agricultural Economics* 17:181-196.
- BARTLETT, E.T. 1984. Estimating Benefits of Range for Wildland Management and Planning. in G.L. Peterson and A. Randall, eds. *Valuation of Wildland Benefits*. Westview Press. Boulder, Colorado.
- BATIE, S.S.; WILSON, J.R. 1978. Economic Values Attributable to Virginia's Coastal Wetlands as Inputs in Oyster Production. *Southern Journal of Agricultural Economics*, July: 111-117.
- BAUMANN, R.H.; ADAMS, R. 1981. The creation and restoration of wetlands by natural processes in the lower Atchafalaya River system: Possible conflicts with navigation and flood control management. Pages 1-24 in R. H. Stovall (ed.). *Proceedings of the Eighth Annual Conference on Wetlands Restoration and Creation*.
- BAUMANN, R.H.; DAY, J.W. JR.; MILLER, C.A. 1984. Mississippi deltaic wetland survival: sedimentation versus coastal submergence. *Science* 224:1093-1095.
- BERTRAND, A. L. 1980. *Marine Recreational Finfisherman in Louisiana*. Coastal Ecology and Fisheries Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.
- BISHOP, R. 1982. Option Value: An Exposition and Extension, *Land Economics*. 58:1-15.
- BOTKIN, D.B.; JANAK, J.F.; WALLIS, J.R. 1972. Some ecological consequences of a computer model of forest growth. *J. Ecol.* 60:849-872.
- BRAAT, L.C.; VAN LIEROP, W.F.J. 1985. *A Survey of Economic-Ecological Models*. International Institute of Applied Systems Analysis, A-2361 Laxenburg, Austria.
- BRISCOE, J.; FURTADO DE CASTRO, P.; GRIFFIN, C.; NORTH J.; OLSEN, O. 1990. Toward equitable and sustainable rural supplies: a contingent valuation study in Brazil. *The World Bank Economic Review* 4(2):115-134.
- BROOKSHIRE, D.S.; EUBANKS, L.S.; RANDALL, A. 1983. Estimating option prices and existence values for wildlife resources. *Land Economics* 59:1-15.

- BROWN, G. JR.; HENRY, W. 1989. The Economic Value of Elephants. LEEC Discussion Paper LEEC 89-12, London Environmental Economics Centre.
- CICCHETTI, C.J.; SMITH, V.K. 1973. Congestion, Quality, Deterioration, and Optimal Use: Wilderness Recreation in the Spanish Peaks Primitive Area. *Social Science Research*. 2(1).
- CLARK, C.W. 1973. The Economics of Overexploitation. *Science*. 181:630-634.
- CLEVELAND, C. J.; COSTANZA, R., HALL, C.A.S.; KAUFMANN, R. 1984. Energy and the United States Economy: A Biophysical Perspective. *Science*. 255:890-897.
- CLEVELAND, C.J.; NEILL, C.; DAY, J.W. JR. 1981. The impact of artificial canals on land loss in the barataria Basin, Louisiana. Pages 425-434 in: W.J. Mitsch; R.W. Bosserman; J.M. Klopatek, eds. *Energy and Ecological Modeling*. Elsevier, Amsterdam.
- CONNER, W.H.; DAY, J.W. JR. (eds). 1987. The ecology of the Barataria Basin, Louisiana: an estuarine profile. U.S. Fish and Wild. Serv. Biol. Rep. 85:7-13.
- CONRAD, J. M. 1980. Quasioption Value and the Expected Value of Information. *Quarterly Journal of Economics*. 94:813-20.
- COSTANZA, R. (ed). 1991. *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, New York.
- COSTANZA, R.; FABER, S.C. 1985a. Theories and Methods of Methods of Valuation of Natural Systems: A Comparison of Willingness-to-Pay and Energy Analysis Based Approaches. *Man, Environment, Space, and Time*. 4:1-38.
- COSTANZA, R.; FARBER, S.C. 1985b. The Economic Value of Coastal Wetlands in Louisiana. Final Report to the Louisiana Department of Natural Resources. Center for Wetland Resources, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803.
- COSTANZA, R.; NEILL, C.; LEIBOWITZ, S.G.; FRUCI, J.R.; BAHR, L.M.; DAY, J.W. 1983. *Ecological Models of the Mississippi Deltaic Plain Region: Data collection and Presentation*. U.S. Fish and Wildlife Service, Division of Biological Services, Washington, DCFWS/OBS-82/68.
- COSTANZA, R. 1980. Embodied energy and economy valuation. *Science*, 210:1219-1224.
- COSTANZA, R. 1984. Natural Resource Valuation and Management: Toward an Ecological Economics. pp.7-18. IN *Integration of Economy and Ecology: An Outlook for the Eighties*. A.M. Jansson (ed.). University of Stockholm Press.
- COSTANZA, R. 1987. Social Traps and Environmental Policy. *BioScience*. 37:407-412.

- COSTANZA, R. 1987a. Social Traps and Environmental Policy. *BioScience*. 37:407-412.
- COSTANZA, R. 1987b. Simulation modeling on the Macintosh using STELLA. *BioScience*. 37:129-132.
- COSTANZA, R. 1989. Model goodness of fit: a multiple resolution procedure. *Ecological Modelling*. 47:199-215.
- COSTANZA, R.; HANNON, B. 1987. Multicommodity Ecosystem Analysis: Dealing with the "Mixed Units" Problem in Flow and Compartmental Analysis. (chapter in: *Systems Analysis and Simulation in Ecology*, B.C. Patten and S.E. Jorgensen (Eds.). (in press).
- COSTANZA, R.; PERRINGS, C.H. 1989. A flexible assurance bonding system for improved environmental management. *Ecological Economics*. (in press).
- COSTANZA, R.; HERENDEEN, R.A. 1984. Embodied Energy and Economic Value in the United States Economy: 1963, 1967, and 1972. *Resources and Energy* 6:129-163.
- COSTANZA, R.; FARBER, S.C.; MAXWELL, J. 1989. The valuation and management of wetland ecosystems. *Ecological Economics*. (In Press).
- COSTANZA, R.; C. NEILL. 1984. Energy Intensities, Interdependence, a Value in Ecological Systems: A Linear Programming Approach. *Journal Theoretical Biology*. 106:41-57.
- COSTANZA, R.; SKLAR, F.H. 1985. Articulation, accuracy, and effectiveness of mathematical models: a review of freshwater wetlands applications. *Ecological Modelling*. 27:45-68.
- COSTANZA, R., C. NEILL, S.G. LEIBOWITZ, J.R. FRUCI, L.M. BAHR, JR.; J.W. DAY, JR. 1983. Ecological models of the Mississippi deltaic plain regional data collection and presentation. U.S. Fish and Wild. Ser., Div. of Biol. Serv., Washington, D.C. FWS/OBS-82/68. 340 pp.
- COSTANZA, R.; SKLAR, F.H.; DAY, J.W. JR. 1986. Modeling Spatial and Temporal Succession in the Atchafalaya/Terrebonne Marsh/Estuarine Complex in South Louisiana. pp. 387-404. IN *Estuarine Variability*. Edited by D.A. Wolfe. Academic Press, New York.
- COSTANZA, R.; SKLAR, F.H.; WHITE, M.L. 1990. Modeling coastal landscape dynamics. *BioScience* 40: 91-107.
- COSTANZA, R.; SKLAR, F.H.; WHITE, M.L.; DAY, J. W. JR. 1988. A dynamic spatial simulation model of land loss and marsh succession in coastal Louisiana. 99-114 p. IN W.J. Mitsch; M. Straskraba; S.E. Jorgensen eds. *Wetland Modelling*. Elsevier, Amsterdam.

- COSTANZA, R.; FUNTOWICZ, S.O.; RAVETZ, J.R. 1991. Assessing and communicating data quality in policy relevant research. *Environmental Management*. (in press).
- COSTANZA, R.; DALY, H.E. 1987. Toward an Ecological Economics Ecological Modeling (in press).
- CRAIG, N.J., R.E. TURNER; J.W. DAY, JR. 1979. Land loss in coastal Louisiana (U.S.A.). *Environmental Management* 3:133-144.
- CROSS, J.G.; GUYER, M.J. 1980. *Social traps*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- DAVIS, D. W. 1978. Wetlands Trapping in Louisiana, *Geoscience and Man*. 19:81-92. Vol XIX:81-92.
- DAY, J.W. JR.; TEMPLET, P.H. 1989. Consequences of sea level rise: implications from the Mississippi Delta. *Coastal Management*. 17:241-257.
- DEEGAN, L.A.; KENNEDY, H.M.; NEILL, C. 1984. Natural factors and human modifications contributing to marsh loss in Louisiana's Mississippi River deltaic plain. *Environmental Management*. 8: 519-528.
- DIXON, J.A.; SHERMAN, P.B. 1990. *Economics of Protected Areas: A New Look at Benefits and Costs*, Earthscan Publications, London.
- DIXON, J.A. et. al. 1989. *Economic Analysis of Environmental Impacts*, Earthscan Publications, London.
- DONNELL, B.; LETTER, J.V. 1989. The Atchafalaya River delta. Report 11. Two dimensional model verification. Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.. (in prep).
- FARBER, S.; COSTANZA, R. 1987. The economic value of wetlands systems. *Journal of Environmental Management* 24:41-51.
- FARBER, S.C. 1986. The Value of Coastal Wetlands for Protection of Property Against Hurricane Wind Damage. *Journal of Environmental Economics and Management* (in press).
- GAGLIANO, S.M.; MEYER-ARENDRT, K.J.; WICKER, K.M. 1981. Land loss in the Mississippi River Deltaic Plain. *Trans. Gulf Coast Association Geological Societies* 31: 295-299.
- GAGLIANO, S.M.; MEYER-ARENDRT, K.J.; WICKER, K.M. 1981. Land loss in the Mississippi River Deltaic Plain. *Transactions of the Gulf Coast Association of Geological Societies* 31: 285-300.

- GARDNER, R.H.; CALE, W.G.; O'NEILL, R.V. 1982. Robust analysis of aggregation error. *Ecology* 63:1771-1779.
- GITTINGER, J.P. 1983. *Economic Analysis of Agricultural Projects*, Johns Hopkins University Press for the World Bank, Baltimore.
- GREENLEY, D.A.; WALSH, R.G.; YOUNG, R.A. 1981. Option Value: Empirical Evidence from a Case Study of Recreation and Water Quality. *Quarterly Journal of Economics*. 95: 657-73.
- GREGERSEN, H.M.; BROOKS, K.N.; DIXON, J.A.; HAMILTON, L.S. 1987. *Guidelines for Economic Appraisal of Watershed Management Projects*, FAO, Rome.
- HALL, C.A.S.; DEANGELIS, D.L. 1985. Models in ecology: paradigms found or paradigms lost? *Bulletin of the Ecological Society of America*. 66:339-346.
- HANNON, B. 1973. The Structure of Ecosystems, *J. Theo. Biology*, 41:535-46.
- HANNON, B. 1979. Total Energy Costs in Ecosystems. *J. Theo. Biology*, 80:271-293.
- HOPKINSON, C.S. 1978. The relation of man and nature in Barataria Basin, Louisiana. PhD. Dissertation, LSU, Baton Rouge, LA.
- HOPKINSON, C.S., JR. 1978. The relation of man and nature in Barataria Basin, Louisiana. PhD. Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, LA.
- HUETNER, D.A. 1982. Economic values and embodied energy (with reply by Costanza, R.). *Science* 216:1141-1143.
- HUFSCHMIDT, M.M. et. al. 1983. *Economic Valuation of the Environment*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- HUFSCHMIDT, M.M.; DIXON, J.A. 1986. *Economic Valuation of the Environment: Case Studies*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- ISARD, W. 1972. *Ecologic-economic analysis for regional development*. The Free Press, New York.
- JORGENSEN, S.E. 1982. Modelling the eutrophication of shallow lakes. Pages 125-155 in: D.O. Logofet and N.K. Luckyanov, eds. *Ecosystem dynamics in freshwater wetlands and shallow water bodies*, Vol. 2. UNEP/SCOPE, U.S.S.R. Academy of Sciences, Moscow.
- LEIBOWITZ, S. 1989. The pattern and process of land loss in coastal Louisiana: a landscape ecological analysis. PhD. Dissertation, Louisiana State University, Baton Rouge, LA.



- LETTER, J.V. JR. 1982. The Atchafalaya River Delta: Extrapolation of delta growth. Waterways Experiment Station, Tech. Rept. HL-82-15. Vicksburg, MS.
- LEVINS, R. 1966. The strategy of model building in population biology. *American Scientist*. 54: 421-431.
- LINDALL, W. N.; HALL, J.R., SYKES; JAMES, E.; ARNOLD, E. L. 1972. Louisiana Coastal Zone: Analyses of Resources and Resource Development Needs in Connection with Estuarine Ecology, National Marine Fisheries Service, (St. Petersburg, Florida).
- LOVEJOY, T.E. 1986. The Species Leave the Ark. in B.G. Norton, ed. The Preservation of Species. Princeton University Press. Princeton, NJ.
- LYNNE, G.D.; CONROY, P.D.; PROCHASKA, F.J. 1981. Economic Valuation of Marsh Areas of Marine Production Processes (Florida). *Journal of Environmental Economics and Management* 8:175-186.
- MUNASINGHE, M. 1990. Managing Water Resources to Avoid Environmental Degradation: Policy Analysis and Application, Environment Working Paper No. 41, World Bank, Washington D.C.
- NORTON, B.G. 1986. On the Inherent Danger of Undervaluing Species. In B.G. Norton, ed. The Preservation of Species. Princeton University Press. Princeton, NJ.
- ODUM, H.T. 1983. *Systems ecology*. Wiley, N.Y. s.p.
- ODUM, H.T.; ODUM, E.C. 1976. *Energy basis for man and nature*. McGraw-Hill, New York. 297p.
- PAGE, T. 1978. A Generic View of Toxic Chemicals and Similar Risks. *Ecology Law Quarterly* 7:207-44.
- PEARCE, D.W.; MARKANDYA, A. 1989. *Monetary Valuation of Environmental Benefits*, OECD, Paris.
- PEARCE, D.W.; BARBIER, E.B.; MARKANDYA, A. 1990. *Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World*, Earthscan Publications, London.
- PEARCE, D.W.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E.B. 1989. *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan Publications, London.
- PENLAND, S.; RAMSEY, K.E.; MCBRIDE, R.A.; MOSLOW, T.F.; WESTPHAL, K.A. 1987. Relative sea level rise and subsidence in Louisiana and the Gulf of Mexico. Louisiana Geological Survey, Coastal Geology Section, Baton Rouge, LA.

- PHIPPS, R.L. 1979. Simulation of wetland forest vegetation dynamics. *Ecological Modelling* 7:257-288.
- PLATT, J. 1973. Social traps. *American Psychologist*. 28:642-651.
- POTTER, G.L.; ELLSAESSER, H.W.; MACCRACKEN, M.C.; LUTHER, F.M. 1979. Performance of the Lawrence Livermore Laboratory zonal atmospheric model. pp. 852-871. IN W.L. Gates, ed. Report of the JOC study conference on climate models: performance, intercomparison and sensitivity studies. Global Atmospheric Research Programme Series No.22. Washington, D.C.
- RANDALL, A. 1986. Human Preferences, Economics, and the Preservation of Species. IN B.G. Norton, ed. *The Preservation of Species*. Princeton University Press. Princeton, NJ.
- RANDALL, A. 1991. The Value of Biodiversity. *Ambio* 20(2): 64-68.
- RANDALL, A.; STOLL, J. 1980. Consumer's Surplus in Commodity Space. *American Economic Review*. 70:449-55.
- ROBERTS, H.H.; ADAMS, R.D.; CUNNINGHAM, R.H. 1980. Evolution of the sand-dominated subaerial phase, Atchafalaya delta, Louisiana. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bul.* 64: 264:279.
- SCAIFE, W.W.; TURNER, R.E.; COSTANZA, R. 1983. Coastal Louisiana recent land loss and canal impacts. *Environmental Management* 7: 433-442.
- SCAIFE, W.W.; TURNER, R.E.; COSTANZA, R. 1983. Coastal Louisiana recent land loss and canal impacts. *Environmental Management* 7: 433-442.
- SCHLESINGER, M.E.; ZHAO, Z.C. 1989. Seasonal climatic changes induced by doubled CO<sub>2</sub> as simulated by the OSU atmospheric GCM/mixed-layer ocean model. *Journal of Climate* 2: 463-499.
- SKLAR, F.H.; WHITE, M.L.; COSTANZA, R. 1989. The Coastal Ecological Landscape Spatial Simulation (CELSS) model: structure and results for the Atchafalaya/Terrebonne study area. U.S. Fish and Wild Serv., Div. of Biol. Serv., Washington, D.C. (in press).
- SKLAR, F.H.; COSTANZA, R.; DAY, J.W. JR. 1985. Dynamic spatial simulation modeling of coastal wetland habitat succession. *Ecological Modelling* 29: 261-281.
- THOMAS, D.H.L.; AYACHE, F.; HOLLIS, T. 1990. Use values and non-use values in the conservation of Ichkeul National Park, Tunisia. *Environmental Conservation* (forthcoming).

- TITUS, J.G. (ed). 1988. Greenhouse effect, sea level rise and coastal wetlands. EPA-230-05-86-013, Office of Policy, Planning, and Evaluation, Washington, D.C.
- TURNER, M.G.; COSTANZA, R.; SPRINGER, T.M.; ODUM, E.P. 1988. Market and nonmarket values of the Georgia landscape. *Environmental Management* 12: 209-217.
- TURNER, M.G.; COSTANZA, R.; SPRINGER, T.M.; ODUM, E.P. 1988. Market and nonmarket values of the Georgia landscape. *Environmental Management* 12:209-217.
- TURNER, R.K. 1990. A Case Study of Wetlands. IN D.W. Pearce and R.K. Turner. Ch 21. *Economics of Natural Resources and the Environment*, Wheatsheaf, London.
- TURNER, R.K. 1991. Valuing Ecotourism in a Tropical Rain Forest Reserve. *Ambio* 20 (2):91-93.
- VAN HEERDEN, I.L.; ROBERTS, H.H. 1980a. The Atchafalaya delta--Louisiana's new prograding coast... *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.* 30: 497-506.
- VAN HEERDEN, I.L.; ROBERTS, H.H. 1980b. The Atchafalaya delta--rapid progradation along a traditionally retreating coast (South Central Louisiana). *Z. Geomorph. N.F.* 34:188-201.
- WASHINGTON, W.M.; WILLIAMSON, D.L. 1977. A description of the NCAR global circulation models. Pages 111-172. In: J. Chang, ed. *Methods in Comp. Physics* vol. II, general circulation models of the atmosphere. Academic Press, New York.
- WILLIAMS, J.; BARRY, R.G.; WASHINGTON, W.M. 1974. Simulation of the atmospheric circulation using the NCAR global circulation model with ice age boundary conditions. *J. Applied Met.* 11: 305-317.