

EXPERIENCIAS METODOLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS DE IBEROAMÉRICA

Methodology experience for integrated environmental assessment degraded ecosystem of Latin America

Autores: Lucas Fernández Reyes¹, Alejandra V. Volpedo², Vicent Benedito Durá³, Grisel Barranco Rodríguez¹, Joaquín Buitrago Borrás⁴
Colaboradores: Alejandro Brazeiro⁵, Giuseppe Colonnello⁶, Remigio H. Galárraga⁷, Rigoberto Rodríguez Quirós⁸, Marlon Peláez Rodríguez⁹, Camilo Torres¹⁰, Santiago Duque¹¹, Francisco Pérez Sabino¹², Miriam Labrada Pons¹, Obllurys Cárdenas López¹, Vanessa Linares¹, Leda Menéndez Carrera¹³ y José M. Guzmán Menéndez¹³,

¹ Instituto de Geografía Tropical, Cuba

² Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA), Argentina

³ Universidad Politécnica de Valencia, España

⁴ Estación de Investigaciones Marinas de Margarita. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela

⁵ Facultad de Ciencias, Universidad de la República (FCIEN-UDELAR), Uruguay

⁶ Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela

⁷ Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

⁸ Centro Mesoamericano de Desarrollo Sostenible del Trópico Seco, Costa Rica

⁹ Universidad de la Amazonia, Colombia

¹⁰ Universidad Jorge Tadeo, Colombia

¹¹ Instituto Amazónico de Investigaciones IMANI, Colombia

¹² Universidad de San Carlos de Guatemala

¹³ Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba

RESUMEN

Para resolver los agudos problemas ambientales de Iberoamérica los órganos de decisión en diferentes instancias deben contar con la información pertinente y necesaria sobre el estado del medio ambiente y su interacción con el desarrollo humano. Sin embargo, el nivel actual de los conocimientos es desigual en la región, las metodologías empleadas son diferentes y los resultados suelen ser difíciles de comparar entre sí. En adición, existen vacíos de información, gran dispersión de los datos y dificultades para su acceso. Todo ello dificulta la implementación de planes adecuados de gestión y manejo sustentable.

Una manera efectiva de lograr este propósito es mediante la realización de Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI) basadas en el enfoque GEO (Global Environmental Outlook), desarrolladas por el PNUMA, según mandato de la Asamblea General de las Naciones Unidas, para monitorear continuamente el estado del medio ambiente a escala global, regional y local.

En este contexto, la Red CYTED RESECODE, con 19 grupos de investigación de 13 países iberoamericanos, ha promovido, entre sus líneas básicas de trabajo, la realización de evaluaciones ambientales integrales de ecosistemas prioritarios de Iberoamérica con el fin de conocer el estado actual y tendencias, las causas que están incidiendo en el

cambio del estado, las consecuencias sobre los servicios ambientales y el bienestar humano, la eficacia de las políticas vigentes y elaborar propuestas de medidas integrales para revertir los efectos adversos y propiciar su gestión sostenible.

El presente trabajo constituye una versión resumida de un amplio trabajo que recoge las experiencias positivas, tanto de carácter científico metodológico como técnico organizativo, así como los ejemplos de buenas prácticas de los grupos de investigación de la Red.

Palabras clave: Evaluaciones Ambientales Integrales, problemáticas ambientales, impactos, indicadores.

ABSTRACT

In order to solve the environmental problems in Latin America decision makers at different instances should have the necessary information about the state of the environment and its interaction with human development. However, the current level of knowledge is unequal across the region, the methodologies used are different and the results are often difficult to compare with each other. In addition, there are information gaps, dispersion of data and difficulties to its access. The studies are usually performed in isolation by independent institutions. As a consequence of all this, the implementation of appropriate management plans and sustainable management are very difficult

An effective way to achieve this goal is through the implementation of Integrated Environmental Assessment (IEA) approach based on the GEO (Global Environment Outlook), developed by PNUMA, as mandated by the General Assembly of the United Nations, to continuously monitor the status the environment at global, regional and local levels.

In this context, the CYTED RESECODE Network, with 19 research groups from 13 Latin American countries, has promoted, among its basic lines of work, conducting integrated environmental assessments of priority ecosystems of Latin America in order to know the current status and trends, the causes that are affecting the status change, the impact on environmental services and human well-being, the effectiveness of existing policies and developing proposals for comprehensive measures to reverse the adverse effects and promote sustainable management.

This work is a summary of a compendium of 150 pages, which includes positive experiences, both methodologically scientific and organizational, as well as examples of good practices from the research groups of the CYTED RESECODE Network.

Keywords: Integrated Environmental Assessment, environmental issues, impacts and indicators

INTRODUCCIÓN

Iberoamérica es una región de grandes contrastes. Posee la mayor extensión de selva húmeda tropical y de tierras húmedas del planeta y al mismo tiempo el desierto más seco del mundo. Tiene la mayor diversidad de especies de las regiones del mundo y cuenta con seis países considerados megadiversos (Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela), pero esta inmensa biodiversidad está amenazada. Gran parte de los

ecosistemas de la región están siendo degradados o se están usando de manera insostenible con peligro de aparición de cambios irreversibles. De las 164 ecoregiones que posee, 137 se ubican en las categorías de vulnerables, amenazadas y en peligro de extinción. A pesar de sus enormes riquezas naturales, es una de las regiones del mundo con mayor índice de desigualdad, pobreza y desempleo.

La resolución de los agudos problemas ambientales de Iberoamérica involucra organismos de decisión en diferentes instancias, los cuales deben contar con información pertinente sobre el estado del medio ambiente y su interacción con el desarrollo humano. Sin embargo, el nivel actual de los conocimientos en la región es desigual, las metodologías empleadas son diferentes y los resultados suelen ser difíciles de comparar entre sí. En adición, existen vacíos de información, gran dispersión de los datos y dificultades para el acceso a los mismos. Todo ello dificulta la implementación de planes adecuados de gestión y manejo sustentable.

Una manera efectiva de lograr este propósito es mediante la realización de Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI) basadas en el enfoque GEO (Global Environmental Outlook), desarrolladas por el PNUMA, según mandato de la Asamblea General de las Naciones Unidas, para monitorear continuamente el estado del medio ambiente a escala global, regional y local.

En este contexto, la Red CYTED “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados” (RESCODE), se presenta como una iniciativa regional de apoyo al programa del PNUMA, en la cual se pretende promover el intercambio de experiencia, la generación y transferencia de conocimientos científicos, la capacitación de recursos humanos, la formulación de proyectos de investigación y el desarrollo de acciones de difusión en materia de evaluaciones ambientales integrales y metodologías de restauración de ecosistemas degradados a fin de perfeccionar las políticas, estrategias, metodologías y programas dirigidos al mejoramiento y uso sustentable de los bienes y servicios que brindan estos ecosistemas a los sistemas humanos. Con 19 grupos de investigación de 13 países iberoamericanos, la Red pone a su disposición las experiencias metodológicas sobre evaluaciones ambientales integrales con enfoque GEO en un grupo de ecosistemas funcionalmente diferentes, relevantes por los bienes y servicios que proporcionan y altamente vulnerables a los efectos de los cambios ambientales.

El presente trabajo constituye un compendio resumido de las experiencias positivas tanto de carácter científico metodológico como técnico organizativo, así como ejemplos de buenas prácticas de los grupos de investigación de la Red en materia de evaluación ambiental integral ecosistemas degradados en diferentes ambientes de Iberoamérica.

BASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA

La presente propuesta metodológica constituye una adecuación del marco conceptual del modelo GEO (Global Environmental Outlook) del PNUMA, complementada con los enfoques metodológicos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), la Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), la Convención Ramsar y el modelo MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad).

El modelo GEO adopta el enfoque Fuerzas Motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FMEPIR), incluyendo la proyección de escenarios futuros y las propuestas y recomendaciones.

Las *fuerzas motrices* (factores indirectos) y las *presiones* (factores directos) son los agentes inductores del cambio ambiental.

Las *fuerzas motrices* (procesos demográficos, patrones de producción y consumo, la innovación científica y tecnológica, la demanda económica, mercados y comercio, los modelos institucionales y político sociales) causan *presiones* más concretas (actividad agrícola y forestal, minería, industria, construcción, actividad pesquera, etc.) sobre el medio ambiente que generan emisión de sustancias, contaminantes o desechos, modificación el funcionamiento del ecosistema. Las *presiones* provocan *cambios en el estado del medio ambiente* que se suman a aquellos que son consecuencia de los procesos naturales (cambios en el clima, la biodiversidad, el agua, los suelos).

Los *cambios en el estado del medio ambiente* provocan, a su vez *cambios en los servicios ambientales* que recibe la sociedad, como la disponibilidad de agua, alimentos, etc.

Los *cambios en los servicios ambientales*, unido con factores demográficos, sociales y materiales, producen *impactos en el bienestar humano* (la seguridad alimentaria, la salud, los activos materiales, las buenas relaciones sociales, etc.). La sociedad implementa *respuestas* para adaptarse a los cambios en los servicios ambientales o bien reducir las presiones sobre el medio ambiente.

A diferencia de la mayoría de las evaluaciones ambientales tradicionales que generalmente se limitan al análisis del estado y sus causas, las evaluaciones ambientales integrales GEO responden a cinco preguntas clave.

- ¿Qué está pasando con el medio ambiente? (Estado).
- ¿Por qué sucede esto? (Presión).
- ¿Cuáles son las consecuencias para el medio ambiente y la sociedad? (Impacto).
- ¿Qué se está haciendo y cuán eficaces son estas medidas? (Respuesta).
- ¿Qué pasará en el futuro si no actuamos hoy en día? (Escenario futuro).
- ¿Qué hacer para revertir los problemas actuales? (Propuestas y recomendaciones).

La evaluación ambiental integral GEO es un proceso para realizar un análisis objetivo y crítico y valoración y de los datos y la información, con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios y apoyar el proceso de toma de decisiones. Aplica el criterio de expertos a los conocimientos de los que ya se dispone para brindar respuestas creíbles a preguntas de política pública cuantificando, siempre que sea posible, el nivel de confianza (Figura 1).



Figura 1.
Representación
esquemática del
concepto de
Evaluación Ambiental
Integral (Garea y
Fernández, 2010)

El enfoque integral abarca las siguientes tareas para responder a las interrogantes antes señaladas:

- vincula el análisis del estado y las

tendencias del medio ambiente con el análisis de políticas;

- incorpora perspectivas globales, regionales y locales;
- incorpora perspectivas históricas y futuras;
- cubre una amplia gama de problemáticas y políticas, e
- integra la consideración del cambio ambiental y el bienestar humano.

ECOSISTEMAS SELECCIONADOS

Para la ejecución del trabajo se han seleccionado zonas con diferentes problemas de degradación dentro de una diversidad de ecosistemas que se caracterizan por ser: a) funcionalmente diferentes y relevantes por los bienes y servicios que brindan a los sistemas humanos y la regulación de procesos globales; b) altamente vulnerables a los efectos de los cambios ambientales producidos por actividades humanas y procesos naturales. A cada tipo de ecosistema estuvo vinculado uno o más grupos de la Red con experiencia de trabajo en dichas zonas. Los tipos de ecosistemas seleccionados son: glaciares, morrenas y páramos (los Andes), bosque húmedo tropical (Amazonía), manglares, pastos marinos y arrecifes, zonas estuarinas (Caribe), humedales interiores (Pantanal, Ciénaga de Zapata, llanos inundables y el delta del Orinoco, lagunas pampásicas), agroecosistema (zonas agrícolas de Uruguay y Cuba).

INFORMACIÓN DE BASE PARA LAS EAI

En las evaluaciones ambientales integrales, en calidad de información de partida, se utilizan diferentes fuentes de información: estadísticas, literales, cartográficas, aeroespaciales.

Por su eficacia y carácter multipropósito, en la presente metodología se hará énfasis en las imágenes satelitales.

Entre los beneficios que brindan las imágenes satelitales cabe destacar los siguientes:

- La posibilidad de obtener imágenes reiteradas (días, semanas, meses, años, etc.) sobre el estado de los complejos naturales, sobre todo en regiones de difícil acceso permite estudiar la dinámica de los objetos, fenómenos y procesos y

establecer las tendencias de evolución y pronósticos de desarrollo de los sistemas estudiados.

- El registro simultáneo de los datos (en fracciones muy pequeñas de tiempo) y con diferentes niveles de resolución espacial (metros, kilómetros, etc.) brinda la posibilidad de realizar estudios a partir de información homogénea y con diferentes niveles de generalización (global, regional, local) sobre el estado de los diferentes componentes.
- El carácter multidisciplinario de las imágenes está determinado por la posibilidad de captar datos para generar información sobre diferentes componentes naturales y aspectos socioeconómicos lo que permite abordar el estudio de manera integral, teniendo en cuenta las interrelaciones entre los elementos del medio.

A continuación se muestran ejemplos de utilización de imágenes satelitales para la evaluación del estado de los componentes y los cambios ambientales en diferentes sitios de América Latina y el Caribe.

Ciénaga de Zapata, Cuba. A partir del procesamiento de imágenes satelitales y con el apoyo de datos de campo y fuentes complementarias se elaboran diferentes tipos de mapas, entre ellos el de formaciones vegetales de la Ciénaga de Zapata (Figura2).

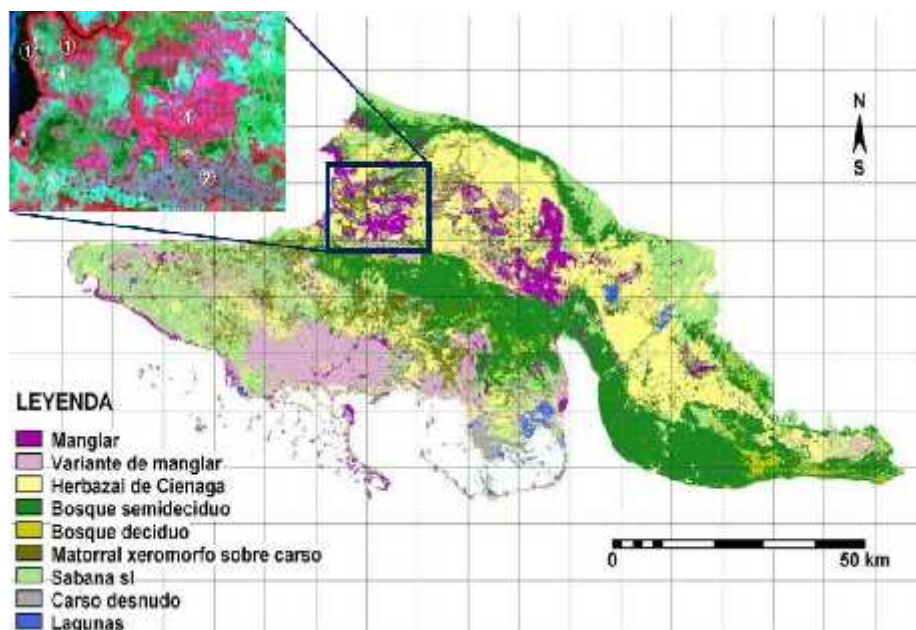


Figura 2. Mapa de formaciones vegetales, Ciénaga de Zapata, Cuba. Fuente: Taller Zapata. Labrada, 2006.

Manaos, Brasil. En la Figura 3 se muestran dos imágenes de la ciudad de Manaos y su entorno tomadas en 1987 (izquierda) y 1999 (derecha). La comparación de estas imágenes muestra la expansión de la ciudad, y con ello la degradación del medio natural por actividades urbanización y construcción de viales.

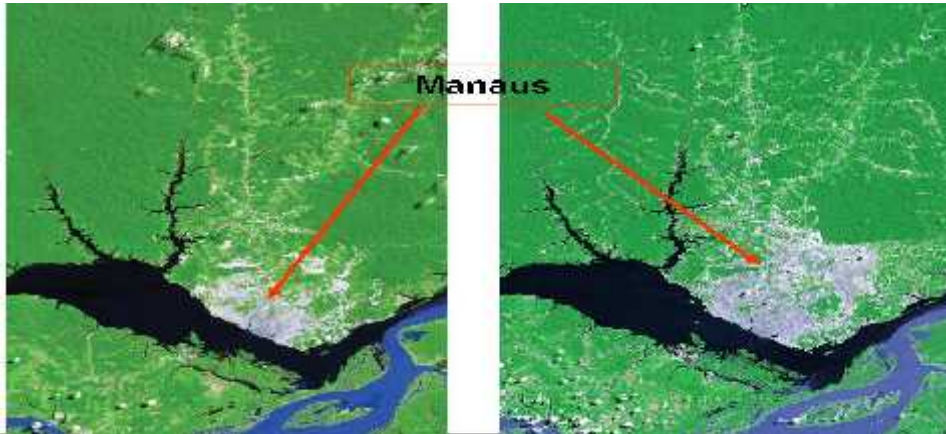


Figura 3. Expansión de la Ciudad de Manaus, Brasil entre 1987 y 1999. Fuente: Selected Satellite Images of Our Changing Environment.

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE ESTADO Y SUS TENDENCIAS

El primer paso del enfoque GEO para realizar una EAI consiste en responder la pregunta: *¿Qué le está pasando al medio ambiente y por qué?* La respuesta puede desarrollarse mediante la consideración de otras preguntas más detalladas a partir del FMPEIR como marco analítico (Figura 4):

- ¿Cuáles son las problemáticas medioambientales prioritarias (por ejemplo, calidad / cantidad de agua, contaminación del aire, afectaciones a la biodiversidad)?
- ¿Cuáles son las preocupaciones concretas vinculadas al estado del medio ambiente para cada problemática y cuáles son las tendencias clave?
- ¿Qué fuerzas motrices y presiones están causando el cambio medioambiental?
- ¿Qué indicadores son pertinentes y necesarios para caracterizar fuerzas motrices, presiones y estados?



Figura 4. Marco analítico para la evaluación ambiental integral

Las problemáticas ambientales son entendidas como cambios en el estado de los ecosistemas o de algunos de sus componentes en determinados umbrales que pueden afectar o degradar su funcionamiento normal. Son el resultado de conflictos de intereses, limitaciones de las legislaciones, debilidades, amenazas, contradicciones, necesidades, etc., que pueden ser naturales, legales, económicas, administrativas o técnico – científicas; que inciden directamente en un espacio geográfico.

Es fundamental identificar las principales problemáticas ambientales y después clasificarlas conforme a un número manejable de temas.

Aún cuando la diversidad de los ecosistemas examinados fue notable, las problemáticas ambientales observadas en los mismos tenían alta similitud y se replicaban en otros ámbitos geográficos con mayor o menor intensidad. Al efecto de valorar las sinergias permisibles entre diferentes ecosistemas, éstos fueron examinados en una secuencia lógica, que partiendo de las problemáticas de la tierra firme, transita por las de la interface tierra- mar, hasta la de los ecosistemas acuáticos interiores. Las situaciones de conflicto fueron resumidas en la tabla 1.

Tabla 1. Temas fundamentales e incidencia de diferentes problemáticas ambientales.

Tema	Problemática ambiental
Suelos	Pérdida de capacidad productiva del suelo. Conflictos de manejo de tierras agrícolas. Erosión, compactación y contaminación de suelo.
Biodiversidad	Proliferación de especies invasoras, tanto exóticas como nativas. Fragmentación y deterioro de ecosistemas, pérdida de hábitat por tala indiscriminada e incendios forestales.

	<p>Destrucción de la flora en sitios de refugio, alimentación y reproducción de fauna.</p> <p>Pérdida de biodiversidad de las comunidades acuáticas por contaminación y eutrofización.</p> <p>Conversión de los páramos en tierras de uso agropecuario.</p> <p>Reducción de la superficie de bosques.</p> <p>Alteración de la composición florística y del funcionamiento del bosque.</p> <p>Enfermedad y mortandad de manglares, por contaminación, colmatación e intercepción de flujos de agua dulce.</p> <p>Reducción de la superficie de manglares.</p> <p>Disminución de los recursos pesqueros por sobrepesca.</p> <p>Enfermedad y pérdida de la superficie de corales por contaminación, turbidez y aumento de temperatura del agua.</p> <p>Pérdida de los ecosistemas de pastos marinos por eutrofización.</p>
Agua dulce	<p>Cambios en el balance hídrico de los ecosistemas.</p> <p>Modificación de los patrones de circulación del agua.</p> <p>Contaminación de los cuerpos de agua con agroquímicos y otros compuestos provenientes de zonas agrícolas y urbanas.</p> <p>Disminución de los niveles de las aguas subterráneas y avance de la intrusión salina por el manejo inadecuado de los acuíferos.</p> <p>Reducción de la superficie y volumen de los glaciares.</p> <p>Disminución del volumen de agua disponible para los suministros a los sistemas humanos.</p> <p>Alteración de la calidad del agua en las nacientes de ríos.</p> <p>Eutrofización de los cuerpos de agua por aporte de nutrientes provenientes de las tierras de uso agropecuario</p>
Zonas marinas	<p>Anomalías por déficit o exceso de los sedimentos en suspensión en zonas costeras marinas debidas a los aportes puntuales desde tierra firme.</p> <p>Aportes difusos de nutrientes y otros contaminantes originados en las tierras inmediatas.</p>
Actividades socioeconómicas	<p>Carencia de políticas de desarrollo local apropiadas.</p> <p>Insuficiencias en el manejo de tierras y el ordenamiento ambiental.</p> <p>Manejo inapropiado de efluentes y residuos.</p> <p>Falta de una adecuada conciencia ambiental de los principales actores del territorio.</p> <p>Deficiente vinculación de la población local a las actividades de gestión y manejo de los ecosistemas.</p> <p>Incumplimiento de la legislación y regulaciones ambientales.</p>

Fuente: Conformada a partir de informaciones claves de los ecosistemas usados como modelos.

Es de esperar que las problemáticas enunciadas puedan ser exacerbadas por los efectos del cambio climático, en particular por la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes y sequías), el incremento del nivel del mar y los cambios de temperaturas.

A los efectos de la EAI, los cambios de estado son entendidos como aquellas transformaciones en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que pueden ocurrir como consecuencia de la interacción de factores antrópicos y naturales.

Para el análisis de los cambios de estado es preciso tener en cuenta su carácter, dinámica y extensión.

De acuerdo con su carácter, los cambios pueden ser: a) *reversibles* cuando es posible restablecer las funciones originales del ecosistema (bien a través de la resiliencia natural o mediante actividades de rehabilitación) y b) *irreversibles* cuando la restitución a la forma original resulta prácticamente imposible. Esta clasificación resulta de utilidad para determinar en una primera aproximación el tipo de medidas a implementar (remediación, adaptación) pero debe verse con cierta relatividad ya que un mismo proceso de carácter adverso, como puede ser la fragmentación de ecosistemas, la alteración del régimen hídrico o la eutrofización puede ser reversible o irreversible en dependencia de múltiples factores como son el estadio e intensidad del cambio o las causas que lo generan, entre otros. Por ejemplo, si un proceso de fragmentación de la biodiversidad es detectado en sus fases tempranas de desarrollo y es generado por presiones eventuales de poca magnitud, puede ser reversible. Sin embargo, si ese mismo proceso se encuentra en una fase avanzada y es generado por una presión de carácter permanente y prácticamente imposible de eliminar, como puede ser una construcción de viales u obras hidráulicas, se convierte en irreversible. No obstante, también hay que tener en cuenta que una determinada problemática, a su vez puede presentar efectos que no se pueden eliminar, y algunos que sí que se pueden paliar. Tomando la fragmentación como ejemplo, en el caso de la construcción de una carretera, y dos de sus efectos, el efecto margen y el efecto barrera, el primero será complicado de paliar, pero si puede mitigarse el segundo.

Por su dinámica, los cambios de estado se clasifican en: a) *lentos* cuando ocurre una afectación paulatina de la estructura y funcionamiento con una merma gradual de los servicios ecosistémicos. Son típicos en ecosistemas con bajo régimen de uso no sustentable con agotamiento de algunos recursos; b) *abruptos* cuando tiene lugar una afectación rápida de la estructura y funcionamiento (pérdida brusca de los servicios ecosistémicos), por ejemplo los efectos de huracanes o incendios (Figuras 5 y 6); c) *no lineales* cuando el ecosistema pasa a otro estado muy diferente. Ejemplo de estos cambios puede ser la mortandad de manglares, el blanqueamiento de corales, la eutrofización e hipoxia, el agotamiento de pesquerías, la aparición de enfermedades, etc. Estos cambios son generalmente caros de revertir y difíciles de predecir debido a que los efectos acumulativos no se perciben sino hasta después de haber traspasado un umbral crítico en el cual el ecosistema o el componente afectado asumen otro estado (Figuras 7 y 8).



Figura 5. Cambios abruptos por huracanes.
(Fuente. Piñeiro Cordero, 2004)



Figura 6. Cambios abruptos por incendios forestales. (Fuente. Taller Zapata 2007. Cuerpo de guardabosques)



Figura 7. Posible presencia de cambios no lineales (mortandad de manglares y corales. (Fuente Piñeiro Cordero, 2004)



Figura 8. Eutrofización de cuerpos de agua

Por su extensión, se diferencian tres tipos de cambios: a) *globales*- la naturaleza del cambio es a escala planetaria, por ejemplo, el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global; b) *regional*- el cambio ocurre a escala de país. Por ejemplo, los cambios producidos generalmente fuera de los humedales como es el represamiento de los ríos o el desarrollo agrícola; c) *locales*- son aquellos generados a escala local por ejemplo dentro de los ecosistemas.

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DEL CAMBIO MEDIOAMBIENTAL

El análisis de los cambios, tanto actuales como pretéritos, en los ecosistemas analizados permitió llegar a la conclusión de que las principales fuerzas motrices han estado asociadas históricamente al crecimiento demográfico y el aumento de la demanda de agua, alimentos y energía, entre otros. Estas fuerzas motrices han generado diversas presiones tanto dentro de los límites de los ecosistemas como en sus inmediaciones con una fuerte repercusión en su funcionamiento (Tabla 2).

Tabla2. Ejemplo de fuerzas motrices y presiones que interactúan sobre el humedal Ciénaga de Zapata, Cuba.

Fuerzas motrices	Principales presiones
Crecimiento demográfico y aumento de la demanda de agua,	Desarrollo agropecuario y forestal, expansión urbanística, crecimiento industrial, desarrollo hidráulico (embalses, canales, pozos), deforestación, minería, introducción de especies invasoras, extracción de recursos genéticos, emisión de sustancias

energía y alimentos.	contaminantes al medio (agua, suelo, aire), ocurrencia de incendios forestales, variabilidad climática (sequías, huracanes), desarrollo de acuicultura, carencia de políticas apropiadas para el desarrollo local.
----------------------	--

El cambio de uso de la tierra a costa de ecosistemas naturales es un problema a nivel mundial. En Paraguay, por ejemplo, desde la década de 1960 los cambios de los ecosistemas forestales a otros usos como la ganadería en primer lugar y la agricultura mecanizada después, han estado modificando los paisajes naturales en las regiones Oriental y Occidental del país. Los cambios de uso de la tierra en ambas regiones han traído como consecuencia la fragmentación y pérdida de la biodiversidad, la aparición de procesos de desertificación, y la degradación y pérdida de hábitats.

La construcción de embalses constituye una de las presiones de mayor impacto en los ecosistemas de humedales, dependientes de los aportes de agua dulce, nutrientes terrígenos y flujos energéticos que llegan a través de la escorrentía superficial y los acuíferos subterráneos. En la Ciénaga de Zapata en Cuba, la construcción de grandes obras hidrotécnicas (embalses en la zona de recarga, sistemas de drenaje y pozos) y el incremento de la explotación de los acuíferos adyacentes, ha traído serias modificaciones en las funciones del humedal, así como el incremento de las inundaciones pluviales, la intrusión salina y el aumento de los sedimentos en suspensión en las aguas de la escorrentía superficial.

Los incendios de vegetación son una de las presiones que actúan sobre los ecosistemas a nivel global. En Venezuela se registran anualmente cerca de 5 mil incendios forestales por negligencia humana asociada a la sequía, según las autoridades del Instituto Nacional de Parques. Particularmente en la cuenca del Lago de Maracaibo los resultados de un estudio sobre la incidencia de los incendios que abarcó los años 2002 al 2004, indican que una mayor cantidad de los fuegos se encuentra asociada a ecosistemas submontanos deciduos y semideciduos de fácil acceso a poblaciones humanas.

La urbanización y la construcción de viales y redes técnicas constituyen elementos conspicuos de fragmentación ambiental en general y en particular para los vertebrados terrestres (y posiblemente también para algunas especies de la avifauna). En la Comunidad Valenciana en España, se ha producido un efecto urbanizador desmesurado en la zona litoral, relacionado sobre todo con la promoción del turismo. Esto se ha dejado sentir especialmente en la misma línea de costa ya que de una longitud de unos 500 km de costa, quizás menos de 3 decenas representen la costa en estado natural.

En relación con la urbanización ha habido paralelamente un desarrollo de las vías de comunicación, que constituyen elementos conspicuos de fragmentación ambiental en general y en particular para los vertebrados terrestres (y posiblemente también para algunas especies de la avifauna). Estas infraestructuras lineales refuerzan el efecto fragmentador del territorio producido por la urbanización y la transformación del medio natural en tierras de cultivo. Así ocurre que espacios protegidos como, por ejemplo, el Parque natural Albufera de Valencia, que es un humedal costero con cierto grado de protección ambiental, constituya un sistema desconectado de otros sistemas naturales vecinos (protegidos o no). Además dentro del propio Parque Natural existe gran número de acequias que también lo compartimentarían interiormente. Finalmente los campos de arroz que ocupan la mayor parte del área de este humedal inundados una parte del año, también constituyen barreras para la fauna vertebrada terrestre, sin que se hayan buscado mecanismos para mitigar este efecto. Como remate, la presencia de una amplia

red de tendidos eléctricos, representa una importante amenaza para las aves, especialmente las de hábitos nocturnos, que colisionan con frecuencia en los cables y también se electrocutan al posarse en las torres.

La deforestación es considerada una de las presiones de mayor impacto sobre los ecosistemas naturales. Ecuador ha sufrido grandes tasas de deforestación en las últimas tres décadas, con un 1,2% de pérdidas anuales de bosques, situándolo en el segundo lugar entre los países latinoamericanos con los mayores niveles de deforestación. Una de las regiones en la que este fenómeno también se ha agudizado es la Amazonía donde la mayor tasa se ha dado en la zona Noroccidental con el 3% anual. En el período 2000 - 2005 la deforestación anual acumulada de la Amazonía Ecuatoriana fue de más de 8.000 km² (GEO Amazonia), provocada por la construcción de carreteras clandestinas, cambios en el uso del suelo y expansión de la ganadería

La variabilidad climática, especialmente si causa sequías alternadas con los huracanes e incendios asociados, constituye una de las presiones antroponaturales de mayor incidencia en los ecosistemas tropicales de la región. Así por ejemplo, en la ciénaga de Zapata en Cuba en el período seco aumenta la ocurrencia de incendios forestales, cuyas consecuencias suelen ser nefastas para los ecosistemas. Las mayores afectaciones se han producido históricamente en los herbazales de ciénaga y en las sabanas; en cambio, en los últimos años han ocurrido en bosques subperennifolios, semicaducifolios con humedad fluctuante. La sequía, como factor negativo para los manglares, provoca la elevación de la salinidad, que puede ser letal para el ecosistema si se produce con rapidez o si es muy intensa. Los huracanes, por otra parte, se han hecho sentir con fuerza en los últimos años, aumentado en duración e intensidad (Figura 9). La Ciénaga de Zapata ha sido afectada por 4 de ellos en los últimos 5 años. Los huracanes proporcionan una acumulación de material combustible, que favorece la ocurrencia de incendios de gran extensión.

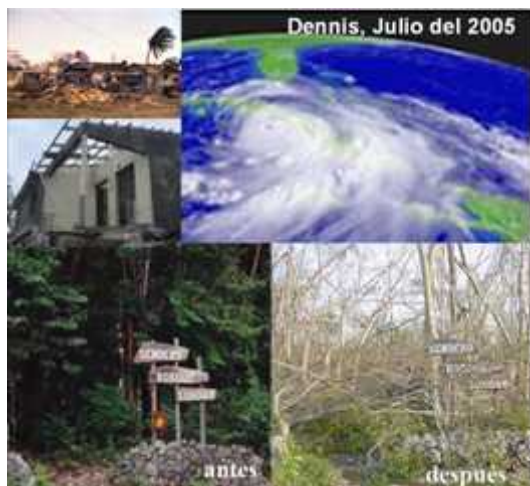


Figura 9. Efectos de los ciclones tropicales.

La introducción de especies invasoras constituye una seria presión para la biodiversidad a escala planetaria. En la Ciénaga de Zapata, se están desarrollando en el medio terrestre especies tanto exóticas como nativas con un comportamiento de invasoras. El desarrollo de la acuicultura con especies foráneas de peces como el *Clarias gariepinus* en embalses construidos en las zonas de alimentación del humedal, ha posibilitado la llegada accidental de esta especie a la Ciénaga, durante las crecidas y derrames de las presas. Actualmente *Clarias gariepinus* se encuentra prácticamente en todos los cuerpos de agua del humedal (Figura 10).

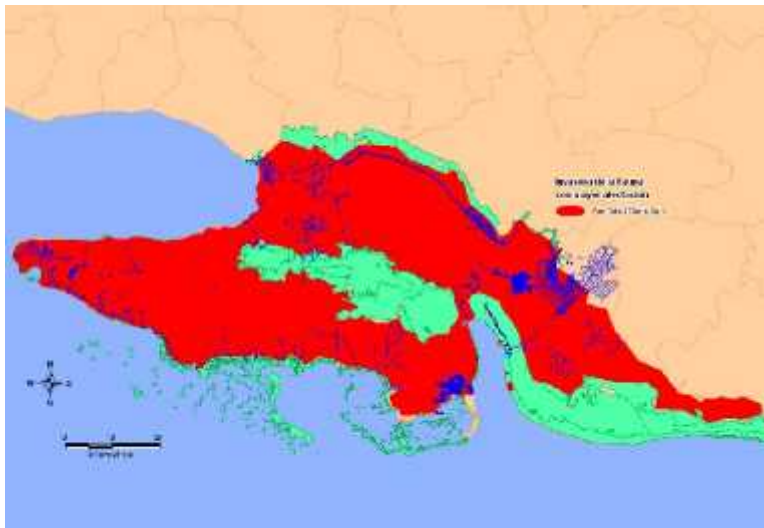


Figura 10. Distribución actual del *Clarias gariepinus* en la Ciénaga de Zapata (Fuente: Jiménez, 2011).

Fuente: Jiménez, J. L. 2011.

La resistencia y adaptabilidad al medio de este pez, su talla y voracidad le convierten en un serio peligro para muchas especies autóctonas del humedal, algunas de ellas endémicos locales, con las que

actualmente comparte el hábitat. Esta situación es considerada un problema ambiental crítico para la biodiversidad de la Ciénaga.

Cada una de las presiones analizadas ejerce un efecto notable sobre el ecosistema, sin embargo, los mayores impactos tienen lugar cuando las presiones crean sinergias (Figura 11)



Figura 11. Efecto sinérgico de las presiones: desarrollo hidráulico, variabilidad climática y especies invasoras. (Fuente: Fernández, 2011).

ELABORACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES

Teniendo en cuenta que el análisis de las relaciones causa-efecto entre los cambios de estado, sus causas y consecuencias tiene generalmente un carácter cualitativo, se desarrollaron indicadores ambientales para cada una de las problemáticas identificadas, con el fin de valorar objetivamente en términos cuantitativos las presiones, estados e impactos, así como evaluar la eficacia de las medidas de respuesta adoptadas (planes, programas y políticas).

El proceso de conformación de los indicadores PEIR se llevó a cabo según la secuencia metodológica que se muestra en la figura 12.

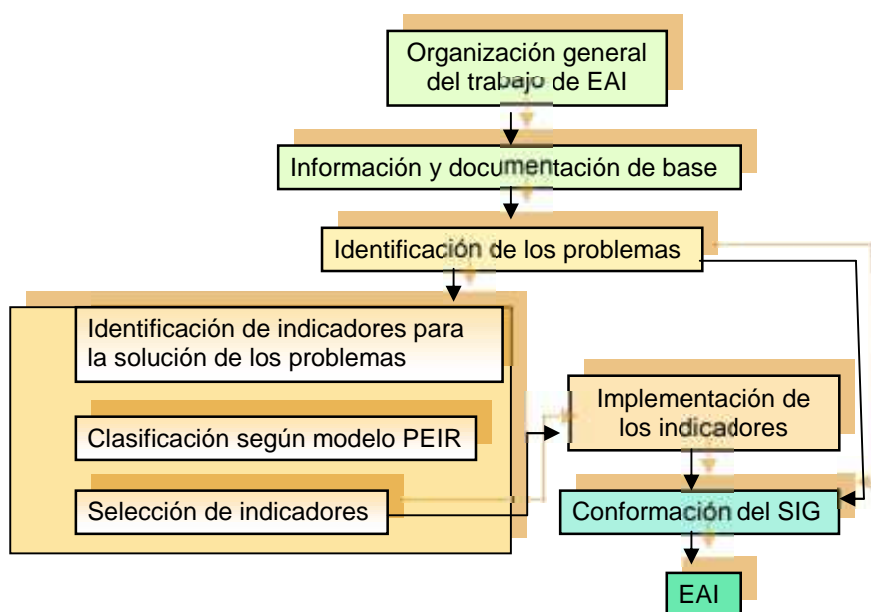


Figura 12. Proceso de conformación de los indicadores PEIR.

En correspondencia con los problemas ambientales identificados, en cada ecosistema se diseñaron indicadores de presión, estado e impacto (PEI) según se muestra a continuación.

Tabla 3. Ejemplo de indicadores para la problemática *Presencia de especies invasoras en ecosistemas de humedales con interface marina. Cuba.*

Tipo de ecosistema: Humedal interior con interface marina			
Tema: Biodiversidad			
Problemática ambiental: Presencia de especies invasoras			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Abundancia de cada especie invasora	Número de especies con comportamiento de invasoras	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.
Forma de expresión	(Número ind /UM)	(Número sp/ha/t)	sp/ha
Forma de monitoreo	Evaluación periódica (Número ind /UM)	Mediciones periódicas ((Número sp x ha)	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

Tabla 4. Ejemplo de indicadores para la problemática *Alteración de la calidad de agua en Ecosistema lagunar dulceacuícola. Argentina.*

Tipo de ecosistema: Lagunar dulceacuícola			
Tema: Agua Dulce			
Problemática ambiental: Alteración de la calidad de agua			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Avance de la frontera agropecuaria	Tendencia de la relación molar N/P. Presencia de compuestos orgánicos y metales en concentraciones mayores a los niveles permisibles	Aumento de la cantidad de eventos anuales de floraciones algales. Aumento de la cantidad de eventos anuales de mortandad de peces.
Forma de expresión	ha/año	Relación molar N/P Concentración de compuestos orgánicos y metales ($\mu\text{g/L}$)	Cantidad de floraciones/ año
Forma de monitoreo	Control anual de la superficie agropecuaria a través de imágenes satelitales periódicas, detallando superficie de cultivos y ubicación de los establecimientos intensivos de cría	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas Determinación de elementos traza Determinación de compuestos orgánicos	Comparación de la cantidad de eventos de floraciones algales y de mortandad de peces durante 5 años.

Tabla 5. Ejemplo de indicadores para la problemática *Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal en ecosistema de albuferas. España.*

Tipo de ecosistema: Albufera			
Tema: Agua Dulce			
Problemática ambiental: Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Descenso del caudal de agua en el humedal	Déficit hídrico estacional	Descenso de niveles e incremento de la salinidad.
Forma de expresión	m^3/s (déficit de caudal), mm (para lluvia, evapotranspiración)	m^3/s (para caudal interno), mm (para lluvia, evapotranspiración)	Altura lámina de agua (para niveles), mL/m^3 (para concentración de sales)
Forma de monitoreo	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m^3/s)	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m^3/s)	Mediciones periódicas de niveles y salinidad

Tabla 6. Ejemplo de indicadores para la problemática *Alteración del régimen hidrológico* en ecosistemas de páramos. Ecuador.

Tipo de ecosistema: Páramo			
Tema: Recurso hídrico			
Problemática ambiental: Alteración del régimen hidrológico			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación: agua	Cambio climático Alteración de la superficie de turberas Alteración de la superficie de cuerpos de agua	Alteración del régimen de regulación hídrica	Pérdida de biodiversidad nativa asociada a ecosistemas acuáticos. Magnitud de la variación del régimen
Forma de expresión	% de disminución de superficie de glaciares(ha)	m ³ /s	Reducción del número de anfibios. Series históricas de caudales.
Forma de monitoreo	Biodiversidad acuática nativa cada 3 años	Regulación del agua: registro diario	Comparación de abundancia de anfibios.

Tabla 7. Ejemplo de indicadores para la problemática *Contaminación microbiológica del agua* en ecosistemas lacustres dulceacuícolas. Guatemala

Tipo de ecosistema: Lacustre dulceacuícola			
Tema: Agua dulce			
Problemática ambiental: Contaminación microbiológica del agua del Lago Atitlán.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Descargas de aguas residuales no tratadas	Niveles de contaminación bacteriológica en agua del lago	Agua contaminada no apta para consumo y fines recreativos
Forma de expresión	Caudal de tributarios (m ³ /s) Niveles de <i>E. coli</i> , coliformes y organismos específicos en descargas al lago (NMP)	NMP de <i>E. coli</i> , coliformes y organismos patógenos en el agua del lago	NMP en sitios en que se supera el Límite Máximo Permitido para contaminantes microbiológicos

Forma de monitoreo	Toma periódica de muestras de aguas residuales de las descargas directas al lago	Toma periódica de muestras de agua en el lago	Toma periódica de muestras de agua en el lago. Generación de información, para alertar a la población sobre enfermedades infecciosas transmitidas por el uso inadecuado del agua
---------------------------	--	---	---

EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y EL BIENESTAR HUMANO

La evaluación de los impactos de los cambios ambientales en los ecosistemas resulta un tema de gran complejidad, sobre todo por la interacción y sinergias que comúnmente tienen lugar entre los diferentes cambios en la naturaleza. Con frecuencia el abordaje se lleva a cabo mediante enfoques parciales que se limitan a evaluar los cambios ambientales y sus efectos por separado.

Una de las alternativas metodológicas más apropiadas es el modelo GEO, basado en el enfoque FMPEIR

Para la evaluación de los impactos, el modelo GEO toma como base los enfoques de desarrollo sostenible, de servicios ecosistémicos, del bienestar humano y de costos y beneficios económicos.

Enfoque de desarrollo sostenible.

Este concepto se basa en el análisis integral de las dimensiones económica, social, ambiental y temporal. Se parte del precepto de que la modificación de una de estas dimensiones genera cambios en las restantes, dada la estrecha interdependencia que existe entre ellas. Así, los cambios en una variable de estado influyen en otros aspectos del medio ambiente y en el bienestar humano. Por ejemplo, un cambio en el régimen de circulación del agua unido al aporte de nutrientes provenientes de la agricultura puede generar procesos de eutrofización que afectan la biodiversidad acuática y la calidad del agua. El impacto en la biodiversidad y la calidad del agua puede traducirse en la eliminación de especies valiosas como recurso ecoturístico (pesca deportiva, observación de especies) y en afectaciones a la navegación fluvial (por exceso de plantas acuáticas). Ello podría afectar la capacidad de generar ingresos con el ecoturismo. La pérdida de biodiversidad también puede significar la disminución de abundancia o desaparición de determinada especie de la que depende la población local como alimento o recurso medicinal (Tabla 8).

Tabla 8. Relaciones causa efecto entre el cambio de estado y los impactos al ecosistema y al bienestar humano (Ciénaga de Zapata, Cuba)

Cambio de estado	Impacto en el ecosistema y en el bienestar humano
Modificación de los patrones de circulación del agua Exceso de nutrientes en las aguas	Eutrofización y afectación a la biodiversidad acuática y la calidad del agua Mortandad o disminución de especies e individuos

provenientes de la agricultura	Afectaciones a la salud por enfermedades de origen hídrico Pérdida de ingresos por afectaciones a la pesca, al turismo y a la navegación fluvial
--------------------------------	---

Enfoque de servicios ecosistémicos y de bienestar humano

Los servicios ecosistémicos o de los ecosistemas son los beneficios que la humanidad obtiene del funcionamiento de los ecosistemas. Estos servicios son tan abundantes y diversos que los intentos de clasificación ya sea desde el punto de vista ecológico (Ehrlich y Ehrlich, 1992), o desde el económico y político-geográfico (Bishop y Landell-Mills, 2002), siempre van a traer discusión sobre la pertenencia de un servicio a un tipo o a otro.

Hyvarinen y McNeill (2003) en la declaración de las Naciones Unidas del Milenio (<http://www.millenniumassessment.org/>) proponen dividir los servicios de acuerdo a cómo los utiliza la humanidad. Estos beneficios contemplan servicios de suministro, como alimentos y madera; servicios de regulación, como prevención de inundaciones, protección de costas y regulación del clima; servicios de soporte, como mejora de suelos y ciclos de los nutrientes; y servicios de información o culturales, como beneficios recreacionales y otros beneficios intangibles. Sin embargo, el marco más común categoriza los beneficios que proveen los ecosistemas en términos de si contribuyen directa o indirectamente al bienestar de la humanidad, es decir al tipo de uso (Quiggin, 1998).

A fin de ilustrar cómo se pueden identificar los impactos sobre los servicios ecosistémicos mediante un indicador de estado, se puede tomar a modo de ilustración la degradación de la calidad del agua del humedal Ciénaga de Zapata. Por ejemplo, el conteo de plantas acuáticas puede ser un indicador de la calidad del agua (estado). En este caso, el cambio en el indicador de estado (número de plantas) podría estar vinculado a los impactos sobre los servicios ecosistémicos (Tabla 9).

Tabla 9. Ejemplo de impactos sobre los servicios de los ecosistemas debido al cambio de la calidad del agua del humedal (Ciénaga de Zapata, Cuba)

Cambio de estado	Impacto en los servicios ecosistémicos	Indicador de Impacto
Degradación de la calidad del agua por aumento de plantas acuáticas	<i>Servicios de suministro</i> <i>Alimentación</i> – cambios en la magnitud/especies de la pesca <i>Agua dulce</i> – cambio en la cantidad de agua potable de calidad aceptable	Pesca anual promedio Costos de tratamiento o trasvase de agua de otro sitio
	<i>Servicios de regulación</i> <i>Regulación de enfermedades humanas</i> – cambio en la cantidad de algas y plantas superficiales que sirven de hospedadores de vectores	Conteo de mosquitos transmisores/vectores o manifestación de dengue
	<i>Servicios culturales</i> <i>Inspiración cultural</i> – cambio de imagen perceptual de un humedal originalmente prístino que podría verse afectado por la proliferación de	Número de visitantes, (e.g. turismo de observación de aves)

	vegetación invasora	
	Servicios recreativos <i>Usos recreativos</i> – cambio en las ofertas de pesca deportiva o natación por pérdida de un recurso pesquero o degradación de las zonas de baño	Ingresos por turismo local

Un examen elemental de las relaciones entre servicios ambientales de los ecosistemas y bienestar humano no deja lugar a dudas sobre su relevancia, por cuanto los primeros además de proporcionar productos esenciales para la vida humana como agua de calidad y oxígeno, suministran alimentos y elementos para la salud, el trabajo, la recreación y la cultura. La Figura 13 brinda una panorámica sobre los servicios ambientales, ilustrando los vínculos entre los mismos, los recursos y el propio hombre.



Figura 13. Categorías y tipología de los servicios ambientales (Según evaluación de ecosistemas del milenio)

Enfoque de costos y beneficios económicos

Este enfoque vincula los cambios de estado con los costos y beneficios económicos de los impactos en los servicios ecosistémicos y el bienestar humano (tabla 10).

Tabla 10. Vínculo de los cambios de estado con los costos y beneficios económicos

Cambio de estado	Impacto en los servicios ecosistémicos	Impactos en el bienestar humano	Costo
Disminución de la calidad del agua (concentración de fósforo o extensión de la superficie cubierta)	<i>Servicio de suministro de alimento</i> - Disminución de la magnitud de la pesca	<i>Seguridad alimentaria</i> - Disminución de la disponibilidad de alimento	-Costo de alimento sustituto o importación. -Pérdida de ingresos por la pesca

por las plantas acuáticas)			comercial.
	<i>Servicio de suministro de agua-</i> Disminución de la cantidad de agua potable	<i>Salud</i> – Disminución de la disponibilidad de agua de calidad. –Incremento de enfermedades	-Incremento de los costos de tratamiento o conducción de agua. -Incremento de los costos de salud.

Como los servicios ecosistémicos no son contemplados en los mercados comerciales o adecuadamente cuantificados, a menudo se les concede poca importancia en las decisiones políticas (Costanza *et al.*, 1997). Las áreas protegidas garantizan servicios que pueden valorarse en montos considerables pero al mismo tiempo, crearlas y mantenerlas es costoso, especialmente las marinas (Balmford *et al.*, 2004) por lo que se hace ineludible evaluar dichos servicios y buscar mecanismos de retribución.

La valoración económica, ecológica, social y cultural de los servicios ambientales constituye un requisito indispensable para la aplicación correcta de políticas para la conservación, defensa y mejoramiento, porque proporciona las bases necesarias para el establecimiento de estímulos, compensaciones o penalidades en su planificación y gestión (Tabla 11).

Tabla 11. Esquema de clasificación de los Servicios según su Uso y Valor, empleado en el estudio del Parque Nacional Laguna de La Restinga, Venezuela.

Tipo de uso		Valor económico	Valor ecológico	Valor social	Valor cultural
Usos Directo	Extractivo	Pesquerías dentro del Parque.	Prevención degradación de ecosistemas. Investigación	Empleo e ingresos	Pesca deportiva.
	No extractivo	Turismo, ecoturismo, servicios transados.	Prevención degradación de ecosistemas. Investigación	Empleo e ingresos. Refugio de embarcaciones.	Educación formal e informal. Investigación.
Usos indirectos		Criadero de especies pesqueras. Fijación de carbono. Incremento en precio de la tierra y bienes raíces.	Criadero de especies no pesqueras. Resiliencia de cadenas tróficas. Exportación de nutrientes. Fijación de carbono.	Atracción de población y actividades.	Valor hedónico. Educación formal e informal. Modificación de valores.
		Bioprospección . Semilla para	Mejor conocimiento	Atracción de población y	Educación formal e

Uso Pasivo	Uso opcional	acuicultivos.	de los ecosistemas.	nuevas actividades.	informal. Afirmación de valores.
	Legado Existencia	Reservas	Equilibrio de ecosistemas.	Solaz	Reforzamiento de valores.

Es importante resaltar que muchos de los servicios ambientales son interdependientes. Una misma función ecosistémica conduce a más de un servicio para la sociedad y un servicio puede derivar de varias funciones y ser usado de diversas formas. Sin embargo, a pesar de la interdependencia, en muchos casos los valores pueden ser sumados puesto que representan diferentes formas de apoyar el bienestar humano (Costanza *et al.*, 1997). En otros casos se trata de valorar un mismo uso de un servicio mediante diversos mecanismos, que pueden incluir diversos aspectos, confines comparativos.

EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS SOCIALES

El tercer paso en el enfoque GEO para la EAI aborda el tema de las respuestas sociales que incluyen las políticas, planes y programas gubernamentales y las intervenciones de la sociedad civil y de las instituciones del sector académico.

El análisis de políticas tiene como objetivo conocer qué planes, programas y estrategias se están aplicando en los ecosistemas para prevenir o revertir los efectos adversos; qué nivel de efectividad tienen las medidas vigentes; qué vacíos de información existen; qué políticas están ausentes o no están surtiendo los efectos deseados y que deben ser corregidas o eliminadas; y cuáles han tenido impactos positivos y deben ser estimuladas.

Una de las limitaciones de las políticas ambientales actuales es la falta de metas cuantificables o la ausencia de una visión integral para el análisis de la cadena de la problemática (fuerza motriz, presión, estado e impacto). Sus objetivos generalmente se orientan a la ejecución de acciones de remediación del estado de los ecosistemas.

Si bien una política puede describirse como una serie interrelacionada de decisiones y metas, un instrumento de política es una herramienta o un mecanismo que sirve para cumplir las metas de la política. Los instrumentos de la política pública pueden ser: económicos, normativos, de gasto e institucionales (Iids y Teri, 2003).

La adopción de respuestas efectivas resulta una tarea difícil debido a la diversidad y complejidad de las presiones que interactúan, en ocasiones de modo sinérgico, con efectos difíciles de evaluar. Estas respuestas se pueden contemplar desde diversos puntos de vista (Figura 14).

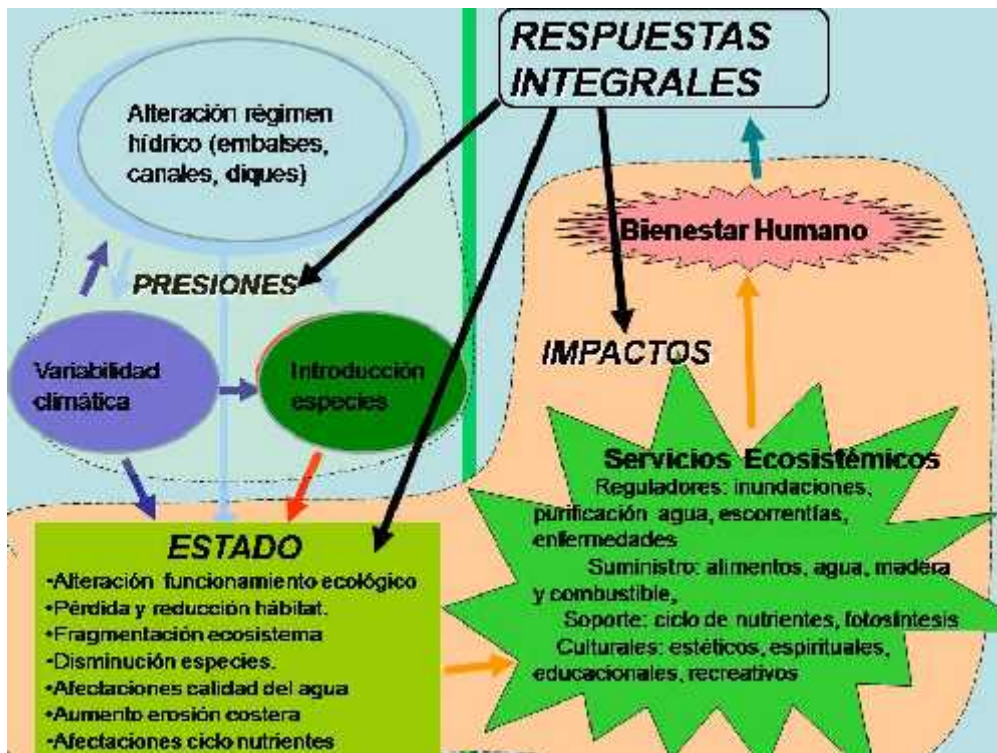


Figura 13. Esquema ilustrativo de la sinergia de presiones y la necesidad de respuestas integrales. (Fuente: Garea y Fernández, 2009).

Pasos para el análisis de las políticas vigentes.

El análisis de políticas conforme al enfoque GEO contempla los siguientes pasos: la comprensión de la problemática, la elaboración de la ficha de datos de política pública (variedad de estrategias, políticas, programas e indicadores de desempeño), el diagnóstico de instrumentos de política pública, el análisis de vacíos y congruencia de políticas públicas y la elaboración de la hoja de resumen de la política pública.

Cuando se analiza la cadena fuerzas motrices – presiones – estado – impacto, se puede apreciar que las tendencias clave de los indicadores de estado constituyen un elemento central para el entendimiento básico del análisis de políticas. El estado del medio ambiente puede verse afectado por fuerzas motrices y presiones de tipo antropogénico que son resultado de ciertas políticas. Por ejemplo, la afluencia de altas concentraciones de nutrientes provenientes de las zonas de desarrollo agrícola, debido a la falta de restricciones para el vertimiento de residuos líquidos en los cuerpos de agua, provoca un aumento de la extensión de la cobertura de plantas acuáticas y una disminución de la biodiversidad piscícola, lo que finalmente se traduce en una disminución de la pesca comercial y de los ingresos del sector pesquero (Tabla 12). Al mismo tiempo los indicadores de estado también se ven afectados por causas naturales como las sequías, que pueden influir negativamente en la dinámica de la población piscícola.

Tabla 12. Ejemplo Ciénaga de Zapata, Cuba.

Fuerzas motrices	Presiones	Estado	Impacto
Política dirigida a satisfacer la	Aumentan las concentraciones de fertilizantes (nitratos,	Aumenta la extensión de la cobertura de plantas	Disminuyen la cantidad de especies de valor comercial, la magnitud

demanda de alimentos	fosfatos) pesticidas que llegan al humedal desde las zonas agrícolas por escorrentía	acuáticas y disminuye la biodiversidad piscícola	promedio de las capturas y el valor anual de ingresos
----------------------	--	--	---

Para ilustrar el siguiente paso veamos un ejemplo hipotético de metas y objetivos, estrategias y avances de una política (Tabla 13).

Tabla 13. Ejemplo de problemáticas, metas, objetivos y avances

Problemática	Meta y objetivo	Estrategia o plan de acción	Avances
Afectación de calidad de agua por eutrofización intensa de los cuerpos de agua.	Reducción en un 80% de la carga de contaminantes que llega por escorrentía al humedal Disminución de la densidad de plantas acuáticas hasta umbrales permisibles en los principales cuerpos de agua	Cumplimiento de los estándares de calidad para vertimiento de aguas residuales a los cuerpos de agua Monitoreo de las principales variables físico-químicas y biológicas en los principales cuerpos de agua	Variante 1. Puesta en marcha de algunos instrumentos de política, mejoran los indicadores ambientales y se alcanzan las metas y objetivos programados (BUENA POLÍTICA) Variante 2. Puesta en marcha de algunos instrumentos de política, mejoran algunos indicadores ambientales, se cumplen parcialmente las metas y objetivos programados (PERFECCIONAR POLÍTICA) Variante 3. Puesta en marcha de algunos instrumentos de política, no mejoran indicadores ambientales y no se cumplen las metas y objetivos programados (CAMBIAR POLÍTICA)

Ejemplos de respuestas sociales

Experiencias en el manejo integral de cuencas en Cuba

Grisel Barranco Rodríguez, Cuba

Las cuencas hidrográficas cubanas han experimentado fuertes presiones, conducentes a cambios de estado e impactos no deseados como consecuencia de las actividades antrópicas desarrolladas.

La aparición de problemas ambientales en estos espacios geográficos condicionó la necesidad de implementar diversas medidas de carácter técnico, organizativo, jurídico y de gestión, algunos de las cuales se exponen a continuación:

- ↳ Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH). Fue instaurado en 1997, como el máximo órgano coordinador en materia de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas del territorio nacional, y conformó un nuevo estilo de trabajo en el que se consideran todos los componentes naturales del medio ambiente y los aspectos de desarrollo económico y social, con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible de las áreas en estudio (www.unep.org/GC/GCSS-VIII/Cuba).

- ↪ Definición de prioridades. Se concretaron diez cuencas hidrográficas sobre la base de su complejidad económica, social y ambiental. Han servido como referentes en la aplicación de medidas restauradoras.
- ↪ Conformación de los Consejos Provinciales y Específicos. Como complemento se dio conformación a los Consejos Provinciales (17 en total, uno por provincia y el Municipio Especial de Isla de la Juventud) y 6 Consejos de Cuencas Específicas (aquellas que ocupaban más de un contexto provincial). Ellos coordinan las acciones rehabilitadoras, y otras orientadas al mejoramiento de las cuencas.
- ↪ Diagnósticos Integrales y Planes de Acción. Son una herramienta esencial, para el análisis de la evolución de los problemas ambientales, sus tendencias, las oportunidades y las realidades limitantes, considerando las características propias de cada ámbito, pero también los recursos tecnológicos, humanos y financieros disponibles.
- ↪ Programas de trabajo. Permiten consolidar la gestión ambiental nacional. Para ello se cuenta con 11 Programas, que en su implementación han aportado resultados concretos en la mitigación de conflictos y al mismo tiempo han creado las bases para una solución definitiva.
- ↪ Marco legal y normativo. Cuba ha implementado un sistema legal para regular las situaciones contradictorias en el marco ambiental, en el cual los instrumentos orientados a la protección de las cuencas, a pesar de su larga datación, alcanzaron un punto cimero con la Ley 81 del Medio Ambiente, que explicitó en el 2012 la Ley de Agua.
- ↪ Reforestación y restauración de franjas hidrorreguladoras. El mantenimiento del bosque fue una dirección esencial del trabajo, que incluso determinó de forma particular una línea de acción orientada a la rehabilitación o conformación de las franjas hidrorreguladoras. La reforestación se ha incentivado, buscando específicamente la protección de las riberas. Ello concede una base a los trabajos de conservación y mejoramiento de aguas, suelos, biota y medio ambiente en general.
- ↪ Gastos de inversión para la protección del medio ambiente. La protección ambiental ha contado con la prioridad requerida a fin de asegurar la gestión en las cuencas hidrográficas de interés nacional. Las inversiones realizadas responden a las acciones de mejoramiento planificadas, pero atienden de forma diferenciada las afectaciones eventuales como son las lluvias intensas, huracanes, sequías u otras circunstancias ambientales que representen una agudización del estado ambiental y que por tanto demanden medidas extraordinarias.
- ↪ La ordenación de cuencas hidrográficas. La aplicación de soluciones ventajosas para la población residente y el medio ambiente fueron la base del plan integral de manejo "que constituye la entrada institucional que trata de organizar ese sistema" (FAO, 1996), en el que la ordenación tiene un lugar específico. Se basa en un enfoque sistémico para desarrollar procesos de largo plazo en pro de la sostenibilidad. Estos procesos resaltan las características esenciales de la cuenca,

como base de las opciones de manejo del espacio, dentro del cual el agua es el recurso integrador.

Los elementos mencionados configuran el diseño que a modo de buenas prácticas se ha generalizado a todo el contexto, en función de la rehabilitación de la cuenca hidrográfica como principio. El mecanismo es valedero, además, para todo el medio ambiente cubano.

Ejemplo de programa para el manejo de humedales. Ciénaga de Zapata, Cuba

Miriam Labrada Pons

Para la conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales y socioeconómicos, se ha establecido un plan de manejo del territorio estructurado en cinco programas.

Para la conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales y socioeconómicos de Cuba, se ha establecido un plan de manejo del territorio estructurado en cinco programas.

- Protección y manejo de recursos (protección, manejo forestal y manejo de especies y ecosistemas)
- Uso público (recreación y turismo y educación ambiental)
- Investigación científica y monitoreo.
- Socioeconómico (desarrollo social y actividades socioeconómicas sostenibles)
- Administración (capacitación, desarrollo físico integrado y mantenimiento)

Estos programas contemplan la zonificación funcional del territorio e incluyen, la lista detallada y organizada de las acciones a realizar, la correspondencia de estas acciones con los problemas y objetivos de manejo y los recursos e inversiones necesarios.

Para el establecimiento de una gestión ambiental efectiva, el territorio cuenta con una Junta Coordinadora de la Reserva de la Biosfera y del Área Protegida de Recursos Manejados, en la que participan todos los actores que intervienen en el Sistema de Áreas Protegidas del Territorio. En este foro se compatibilizan los aspectos que tienen que ver con la administración y manejo de las áreas de humedales, prestando especial atención a las acciones de control, inspección, capacitación y divulgación ambiental.

Las políticas y proyectos de desarrollo socioeconómico están dirigidos fundamentalmente a garantizar la salud, la educación, y la provisión de servicios básicos a los pobladores, así como la diversificación económica del país.

Todas las áreas protegidas aprobadas por ley cuentan con un plan de manejo y su correspondiente plan operativo anual.

Desde el año 2001 existe una Estrategia Nacional para la actividad de protección contra incendios forestales en la República de Cuba, elaborada con el auspicio de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Esta estrategia tiene una expresión bien definida para la zona especial Ciénaga de Zapata, con un monitoreo y sistema de actuación rápida en fase de ejecución, y un papel protagonista del Cuerpo de Guardabosques.

Entre las acciones emprendidas para el control de las especies invasoras se encuentra el plan de manejo adaptativo de la Claria que contempla la selección de cuerpos de agua, la extracción masiva de invasores y su comercialización, así como la educación ambiental, monitoreo e investigación de la dinámica poblacional. Igualmente se implementan planes de acción para otras especies invasoras como la Melaleuca, Casuarina, Marabú, y Miriofilum con amplia participación de la población local.

Se ha implantado un sistema de soluciones hidráulicas que permite: mejorar el equilibrio hídrico de la Ciénaga Oriental; elevar el nivel de agua en los canales principales; eliminar la posibilidad de que las capas de turba más superficiales se desequen y finalmente se incendien; mejorar el intercambio hídrico y elevar los niveles en las porciones Oriental y Occidental; propiciar el aumento de los nutrientes en la desembocadura del río Hatiguanico y por ende el aumento de la captura de peces en la Ensenada de la Broa; mejorar el hábitat hídrico del cocodrilo cubano y de las aves migratorias y autóctonas; y proteger, mediante un dique contra la salinidad, la fuente de abasto superficial en el caso de elevación del nivel del mar.

Ejemplos de buenas prácticas y experiencias positivas resultantes de las investigaciones

Un papel apreciable en el mejoramiento de los cambios de estado corresponde a las medidas resultantes de las investigaciones científicas, especialmente a las metodologías, experiencias positivas y buenas prácticas en materia de rehabilitación de los ecosistemas degradados. A continuación se exponen algunas experiencias dirigidas fundamentalmente a la rehabilitación de ecosistemas.

Recuperación medioambiental del Río Besós (Cataluña, España)

Antonio Alarcón Puerto, Miquel Salgot de Marçay y Montserrat Folch Sánchez

El río Besós es uno de los dos que configuran el área metropolitana de Barcelona, España. Se trata de una cuenca muy degradada en la que el crecimiento continuo de las poblaciones que ocupan las riberas del tramo final (Barcelona, Sant Adrià de Besós, Santa Coloma de Gramenet y Montcada i Reixac), así como la notable industrialización que se ha desarrollado en sus márgenes han alterado el equilibrio natural del río.

El tramo final del río Besós está situado en el núcleo de la Región Metropolitana de Barcelona, donde vive un millón de personas (más del 20 % de la población de la región).

En la década de los noventa se comenzaron a operar estaciones depuradoras de aguas residuales prácticamente en toda la cuenca. A partir de ese momento, casi toda el agua que lleva el río, excepto en los episodios de lluvia continuada o tormentas, es agua residual procedente de tratamientos secundarios por fangos activos.

A pesar de la mejora de la calidad del agua, el río Besós seguía planteando problemas de olores y un aspecto muy degradado, con las consiguientes quejas de la población residente. Aparte de lo mencionado, su calidad “ecológica” era prácticamente nula.

En 1995 se puso en marcha el proyecto de “*Recuperación medioambiental del tramo final del cauce del río Besòs*”, que comprendía los últimos 9 km hasta la desembocadura, planteándose diferentes soluciones según los tramos.

El proyecto se realizó en cuatro fases según se indica en la Tabla 14.

Tabla 14. Fases de la recuperación medioambiental del tramo final del río Besòs (Barcelona, España)

Fase	Tramo del río	Acción	Mejora
I	<i>Primer tramo:</i> Naturalización	Construcción de zonas húmedas con vegetación helofítica en ambos márgenes del cauce (10 ha de superficie), tratan parte del agua de la depuradora de Montcada i Reixac	Se reduce el impacto del vertido Vertido distribuido a lo largo de la ribera
		Meandrificación del canal central	Estabilidad frente a avenidas Favorece una mayor diversidad de microhábitats
	<i>Canal central</i> En zona urbana	Instalación de 5 presas hinchables con sistema de gestión	Incremento del agua en el canal central Mantienen lámina de agua superficial
	<i>Segundo tramo:</i> Zona urbana	Margen derecho: Construcción de zonas húmedas con vegetación helofítica Margen izquierdo: Además, inicio de la zona accesible de prado fluvial	Mejora ambiental y de calidad del agua: mayor presencia de anfibios, peces y pájaros
II	<i>Últimos 3 km</i> (antes desembocadura)	Creación del parque fluvial (11 ha de prado fluvial, 2,5 km de carril bici)	Espacio para el ocio urbano de la población
III	<i>Desembocadura</i>	Implantación de masas arbustivas de especies adaptadas a vivir en condiciones de elevada salinidad y sequía Creación de prados halinos	Potencia y garantiza que la desembocadura continúe siendo un paraje de refugio y estancia para aves Creación del conector ecológico entre la fachada litoral colindante a la desembocadura
IV	<i>Estudios y pruebas ambientales</i>	Caracterización materiales del río Evaluación de la contaminación Relación río y sus acuíferos Estudios de calidad	Éxito social de la recuperación del río Presencia de aves en cantidad de individuos y especies; reaparición de peces Mejora ecológica

El impacto social de la recuperación del río Besòs ha sido significativo, pero al mismo tiempo ha tenido un efecto claro en el ecosistema.

La presencia de aves en gran cantidad de individuos y especies ha creado un nuevo atractivo en la zona, no tan solo por la mejora de la calidad ambiental del sistema sino

que también por la vertiente científica y de atracción de observación de aves. La mejora ecológica del sistema no es en absoluto despreciable.

La localización del parque en el tramo final del río es estratégica para las aves en migración porque la línea de costa y la sierra próxima se usan como parte de la ruta migratoria. Esta situación permite observar aves migratorias raras (especialmente paseriformes) a nivel catalán, español e incluso europeo.

Se ha constatado que el parque es una zona de alimentación y abrevadero para numerosas especies de la Sierra Litoral, y por tanto de los parques de Collserola y de la Serralada de Marina, colindantes con el río.

Hoy se puede afirmar que este proyecto ha sido un éxito no solo por la mejora de las condiciones ambientales sino porque cada año más de 500.000 personas visitan el Parc Fluvial del Besós.

Experiencias sobre restauración ecológica de ecosistemas degradados. Cuba

Ing. Jesús Matos Mederos, Cuba

La *restauración ecológica* es considerada como el conjunto de acciones *multidisciplinarias* sobre elementos naturales degradados de un ecosistema, mediante el uso de técnicas adecuadas de manejo, que permitan guiar la *sucesión ecológica*, hacia la recuperación de las características *típicas o cercanas* a estas, de un ecosistema, hasta lograr que por sí solo pueda alcanzar su *maduración o clímax*.

Cada día gana más terreno la tendencia de ver a la restauración ecológica enfocada hacia la recuperación de:

- las funciones de los ecosistemas (procesos);
- las interacciones biológicas (relaciones);
- ecosistemas autosustentables, íntegros y sanos (evolución y continuidad);
- los bienes y servicios que aportan los bosques, la participación del hombre como parte y no dueño (participación comunitaria y educación ambiental);
- la aplicación de técnicas de manejo adaptativo.

La restauración ecológica se puede realizar a escala de hábitat, especies, comunidades, ecosistemas y paisajes.

La organización de las acciones y métodos a utilizar, incluye las siguientes etapas:

Descriptiva: En esta etapa se capacita al personal participante, se recopilan los datos existentes sobre el área, y se realizan los estudios de aquellos aspectos aún desconocidos y necesarios para el futuro manejo. Un aspecto de gran importancia es el diseño o rediseño de los objetivos y metas del proyecto, o sea, hacia donde se desea conducir el resultado final en el ecosistema que se restaura.

Preparatoria: Una vez que se ha caracterizado el área y se conocen los principales problemas a resolver, se comienzan a aplicar las acciones que permitan solucionarlos y preparar el área para el comienzo de la restauración. Entre las acciones propuestas están: el control, eliminación o disminución de las causas de deterioro de la zona a restaurar; la creación de viveros y producción de posturas; la preparación del terreno; la toma de

medidas contra incendio; la toma de medidas contra la erosión y el control de plagas forestales.

Restauración (sensu stricto): Es la etapa de aplicación de las acciones, que sobre la base de los resultados de los estudios anteriormente realizados, garantizará el éxito. Entre las tareas que se proponen para lograrlo están: la preparación de la tierra; la plantación y reposición de la vegetación; el mantenimiento de plantaciones; el enriquecimiento; el muestreo y control de la fauna natural; el muestreo de la fauna establecida y la reintroducción de fauna.

Monitoreo y evaluación: Comienza desde el momento que se realiza la primera acción de restauración, en la cual se deben definir los indicadores de éxito, que permitirán evaluar el curso del proceso de recuperación. Ewel, J. J., in Jordan *et al.* (1987) propone cinco criterios para evaluar si la restauración se ha realizado con éxito, estos son: sustentabilidad, invasibilidad, productividad, retención de nutrientes e interacciones bióticas.

Experiencias en la restauración de áreas degradadas de manglares en el Archipiélago Cubano

Leda Menéndez Carera y José Manuel Guzmán Menéndez

Las experiencias metodológicas para la restauración ecológica de áreas degradadas del ecosistema de manglar se pueden definir a partir del inventario de los principales tensores y tensiones.

Las tensiones más frecuentes en los manglares cubanos están relacionadas con los cambios en el régimen hidrológico, la fragmentación y la desaparición de áreas de bosques de mangles. Tanto la construcción de viales, como el represamiento de los ríos y las canalizaciones en zonas de manglares, conllevan cambios en el régimen hidrológico, con una disminución sensible de la llegada de agua dulce a las áreas costeras lo que repercute en la elevación de la salinidad y la disminución de los nutrientes y energía aportados al sistema.

La restauración de los manglares afectados se debe llevar a cabo en función de las singularidades de los diferentes sitios. A partir de las bases generales de la restauración ecológica del ecosistema de manglar se debe hacer un análisis particular de cada lugar y aplicar acciones de restauración específicas, que en algunos casos están asociadas a acciones de ingeniería costera.

La siembra de mangle se recomienda realizarla solamente en casos muy específicos cuando no lleguen al área propágulos o éstos no sean viables. En los casos en sea necesaria la siembra, se debe seleccionar la especie a utilizar a partir de las condiciones de salinidad e inundación ya que cada especie tiene sus requerimientos en cuanto a estos parámetros.

En los lugares afectados por la construcción de viales es imprescindible que se restablezca el flujo de las aguas. Es preciso construir pasos de agua eficientes, controlar el escape de agua por las canalizaciones, y permitir que una parte del caudal de los ríos represados vierta hacia la zona costera. En determinados lugares del país se observa un acelerado retroceso de la línea de costa asociado a la pérdida de la franja de bosque de

Rhizophora. mangle como consecuencia de la construcción de viales paralelos a la línea de costa y sobre el manglar.

Para retsaurar el manglar en estos sitios y detener el retroceso de la línea costera, se debe plantar una franja con *R. mangle* (mangle rojo), detrás de la faja de *Avicennia germinans* (mangle prieto); de esta manera las plántulas de mangle rojo tendrían la oportunidad de establecerse antes de que la fuerza del oleaje las pueda derribar, por estar protegidas por los arboles de *A. germinans*. Se deben sembrar los propágulos directamente, sin aviveramiento, de 3 a 5 propágulos juntos; teniendo en cuenta que la competencia entre las plántulas estimula que la más fuerte sobreviva. Al mismo tiempo se deben fomentar el establecimiento de plántulas de *R. mangle* en el agua, para lo cual se podrán utilizar estacas de madera con los propágulos sujetos, de manera que sus raíces zancudas o fúlcreas lleguen al sustrato y se establezcan, favoreciendo que se revierta el retroceso de la línea de costa.

En sitios donde los cambios del régimen hidrológico han afectado la zona costera con una elevación significativa de la salinidad se requiere utilizar herramientas de ingeniería ecológica costera, como la construcción de canales. En la franja litoral del municipio de Caimaneras, Guantánamo, la actividad minera (salinas) ha afectado drásticamente el bosque de mangles en detrimento de la protección costera del área. Para la restauración de esta área de manglar, se construyeron canales que redujeron los altos valores de salinidad provocados por la salina, y posteriormente comenzó la plantación de plántulas de *A. germinans*.

En áreas de manglar que han sido degradadas por contaminación de hidrocarburos, la restauración requiere identificar el alcance de la contaminación, pues no solo causa la muerte de los árboles, sino que el sustrato contaminado por los hidrocarburos impide el restablecimiento de las plántulas. En la ensenada de Tricornia, bahía de La Habana, el bosque de mangle está muy deprimido por la contaminación con petróleo y un fuerte proceso de colmatación.

Para restaurar esta área de manglar se deben eliminar los residuos de hidrocarburos solidificados en las capas más superficiales, y remover el sustrato con el fin de ventilar las capas de suelo más profundas. También se deben profundizar los canales existentes o rehacer los mismos en los sitios de escorrentía de las aguas, basándose en información histórica y aeroespacial.

Posteriormente se potencia la regeneración natural de las especies de mangle con mayor abundancia en el área como *Laguncularia racemosa* (patabán), y se realiza una plantación de especies con poca abundancia o que no están en la franja costera, como *R. mangle* y *A. germinans*, teniendo en cuenta los valores de salinidad e intercambio de las aguas. De ser necesario se deben aplicar métodos de biorremediación con bacterias que reduzcan los residuos de hidrocarburo.

Las acciones para restaurar las áreas degradadas de manglares están determinadas por el tipo de tensión que ha causado la degradación y las características ecológicas y de otro tipo del sitio. La restauración ecológica del ecosistema de manglar debe estar basada en el conocimiento de su ecología y los requerimientos de cada especie arbórea que conforman estos bosques. La ingeniería ecológica costera constituye un aspecto básico en la restauración de los bosques de mangles.

CONSIDERACIONES FINALES

Como se aprecia en los ejemplos analizados, la gestión eficiente del medio ambiente y de los recursos naturales precisa de evaluaciones ambientales con un enfoque sistémico que generen respuestas integrales basadas en las interrelaciones entre las presiones, el estado y los impactos a los servicios del ecosistema; y por tanto al bienestar humano.

Se necesita por tanto, conocer los tipos de intervenciones humanas que tienen lugar o que se proyectan realizar en el medio y en las zonas adyacentes, tales como proyecciones o estrategias de desarrollo económico y cambios de uso, políticas de regulación de los recursos hídricos o aportes de flujos biogeoquímicos. De igual forma, es preciso conocer la posibilidad de ocurrencia, intensidad y duración de procesos naturales que pueden hacer sinergias con las acciones del hombre y reforzar efectos indeseables.

Por otra parte, es necesario disponer de conocimientos científicos sobre el estado y funcionamiento de los diferentes componentes de un ecosistema (suelo, agua, flora, fauna y atmósfera y el clima), su dinámica y evolución. Es importante tener en cuenta que determinados cambios en los componentes del medio pueden en un momento determinado convertirse en presiones como es el caso de la fragmentación de la biodiversidad, la sequía, los huracanes y los vertidos a los ecosistemas.

Los impactos al bienestar humano pueden tener efectos directos como es el caso de las afectaciones inmediatas a la seguridad física de las personas y sus bienes materiales, o ser indirectos (a corto, mediano e inclusive, a largo plazo) a través de los cambios en los componentes ambientales (servicios del ecosistema), que inciden en los factores demográficos, sociales y materiales; determinan la seguridad física, alimentaria, y de salud e inciden también en las relaciones humanas.

Se requieren herramientas para evaluar las afecciones a los ecosistemas naturales, como los manglares o los ecosistemas fluviales. En este sentido, la aplicación de la metodología GEO es una herramienta valiosa para evaluar integralmente los ecosistemas degradados y buscar alternativas de respuesta a las problemáticas ambientales que éstos presentan a fin de garantizar su conservación y la preservación de los servicios ecológicos que brindan.

En el proceso de la evaluación integral de los sistemas naturales, una de las etapas más complejas y decisivas es el análisis de escenarios y respuestas a los retos ambientales, o sea, el establecimiento de medidas de restauración, mitigación o adaptación, según proceda para revertir la situación actual.

El enfoque GEO permite valorar las interrelaciones y definir los factores que determinan cambios en el medio ambiente y ejercen presión sobre los recursos naturales; así como averiguar las respuestas oportunas para enfrentar los problemas ambientales. O sea, facilita conocer cuáles son los agentes transformadores, el estado del medio y qué está ocurriendo en él, qué se debe hacer y qué puede suceder si la respuesta no es la adecuada.

El ciclo Presión-Estado-Impacto-Respuesta-Presión en un ecosistema es muy dinámico y las interrelaciones entre cada uno de sus componentes y los cambios de éstos son aceleradas o no por el tipo de medida o acción de política que se aplique, sea de mitigación o adaptación a los cambios.

Los ejemplos mostrados constituyen una primera aproximación a la aplicación del enfoque de Evaluación Ambiental Integral. Este enfoque es útil, pero complejo y no siempre evidente, y en él, el conocimiento, los indicadores para medir los cambios y la integración entre actores son elementos vitales en su aplicación. La utilización de este modelo general se convierte en una herramienta muy útil para la conciliación de intereses, la solución de conflictos, el establecimiento de planes de gestión y manejo de ecosistemas y la proyección de políticas y estrategias para el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buitrago J. y M. Rada. 2005. Metodología de Valoración de los Servicios Ambientales de los Parques Nacionales; La Laguna de La Restinga, Venezuela. Monografía N 2 Los Humedales de Iberoamérica. CYTED. 263-271.
- CITMA, 2008. Plan Integral para el Ordenamiento, sobre bases sostenibles, de la Ciénaga de Zapata. Octubre 2008.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton y M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* (387), 253 – 260.
- Duke, N.C.; Z.S Pinzón y M.C. Prada. 1999. Recovery of tropical mangrove forests following a major oil spill: a study of recruitment and growth, and the benefits of planting. 231-253. En: Yáñez-Arencibia, A. y L. Lara-Domínguez (eds.) Ecosistemas de manglar en América Tropical 380 p.
- Ejemplos de buenas prácticas de evaluaciones ambientales integrales en América Latina y el Caribe. Trabajo para una orientación metodológica. 2010. Coordinación técnica: Graciela Metternicht, Coordinadora Regional, División Evaluación y Alerta Temprana, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Panamá. Elaboración: Bárbara Garea Moreda y Lucas Fernández. Instituto de Tecnología y Ciencias Aplicadas e Instituto de Geografía Tropical Cuba.
- Fernández, L. 2011. Interrelaciones. Estudio de caso Ciénaga de Zapata. Convención de Medio Ambiente. La Habana. Cuba.
- Fernández, L, M Labrada Pons, G Barranco, O Cárdenas, A Roque Miranda, H Alfonso de Anta, L Marrero y L Azor. 2011. Resultados preliminares de la evaluación Ambiental integral de los principales humedales de Cuba. Caso Ciénaga de Zapata. 2011. En: Volpedo, A, L Fernández y J Buitrago (Eds.). (2011). Experiencias en la aplicación del enfoque GEO en la evaluación de ecosistemas degradados de Iberoamérica. Buenos Aires ISBN 978-987- 27758-0-3. 493 pp.
- Fernández, L y Volpedo, A, (Eds.). 2013. Evaluación de los cambios de estado en ecosistemas degradados de Iberoamérica. ISBN 978-987-29881-0-4. 261 pp.
- Fernández, L, M Labrada Pons, G Barranco, O Cárdenas, A Roque Miranda, H Alfonso de Anta, G Martín, A Armiella, A Roque Miranda, E Rodríguez, Y Cuzán, L Marrero y L Azor, R Rangel, A Oliveros, F Delgado Fernández y Y Lemus Martínez. 2013. Evaluación del estado y tendencias de los principales humedales de cuba: problemáticas ambientales e indicadores de presión, estado e impactos.

- En: “Evaluación de los cambios de estado en ecosistemas degradados de Iberoamérica”. ISBN 978-987-29881-0-4. 261 pp.
- Fernández, L y Volpedo, A. (Eds.). 2009. Estrategias Integradas de Mitigación y Adaptación a Cambios Globales. Buenos Aires 2009. ISBN 978-987-96413-9-2. 493 pp.
- Fernández, A, Fernández, L y Volpedo, A. (Eds.). 2007. Monografía “Efecto de los cambios globales sobre los recursos hídricos y los ecosistemas marino costeros”. Buenos Aires. 2008. ISBN 978-987-96413-2-3 pp153
- Fernández, L. 2003. Técnicas de Teledetección y SIG para caracterización, inventario monitoreo de recursos hídricos. Serie: El agua en Iberoamérica. Vol 5 “Aportes para la integración entre organismos de gestión y los centros de investigación”. Alicia Fernández Cirelli. (Ed.). Buenos Aires. ISBN 987-43-5908-0
- Garea B y Fernández L, 2009. Evaluación de las interrelaciones. Importancia para la toma de decisiones. GEO Cuba. Evaluación del medio ambiente cubano. La Habana, 2009
- Gatto, M. y G. De Leo. 2000. Pricing Biodiversity and Ecosystems Services: The Never-Ending Story. *BioScience* 50 (4): 347-355.
- GEO. Resource Book. A training manual on integrated environmental assessment and reporting. UNEP. IISD.
- Lewis, R R. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests *Ecological Engineering* 24: 403–418
- Lugo, A. E.; G Cintron, y C. Goenaga. 1980. El Ecosistema de Manglar bajo Tensión. p. 261-285. En: Memorias del Seminario sobre Estudio Científico e Impacto Humano en Ecosistemas de Manglar, UNESCO. 405 p.
- Menéndez. L. 2013. El Ecosistema de Manglar en el Archipiélago Cubano: Bases para su gestión. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante 171 p.
- Menéndez, L. J. M, Guzmán y A. Priego. 2006. Manglares del Archipiélago Cubano: aspectos generales. 17-27 pp. En: L. Menéndez y J. M. Guzmán, (Eds.). El ecosistema de manglar en el archipiélago cubano: estudios y experiencias enfocadas a su gestión. Editorial Academia. 331p.
- Labrada, M, Fernández, L, Linares, 2013. Evaluación de los cambios de estado de la cobertura vegetal de la reserva de la biosfera ciénaga de zapata, cuba. Sus causas y consecuencias. En: Fernández, L y Volpedo, A, “Evaluación de los cambios de estado en ecosistemas degradados de Iberoamérica”. ISBN 978-987-29881-0-4. 261 pp.
- Labrada, M.; J. Machín; H. González; I. Zamora; L. Cuadrado; A. Longueira; R. Oviedo; L. Torres; H. Alfonso; O. Durán; D. Vilamajó; A. Llanes y R. Borroto 2005. Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera de Ciénaga de Zapata, Informe final de Proyecto. Programa Ramal Medioambiente y desarrollo sostenible del Archipiélago Cubano. Instituto de Geografía Tropical, La Habana, Cuba. 115 pp.
- Jiménez, J. L. 2011. Humedal Ciénaga de Zapata: experiencias en el manejo y gestión de sus recursos. VIII Seminario Internacional de Humedales 2011.
- Propuesta de indicadores para la evaluación ambiental integral de ecosistemas degradados de Iberoamérica. ISBN 978-959-7167-34-1. 77 pp. Autores principales: Lucas Fernández Reyes, Grisel Barranco Rodríguez, Alejandra Volpedo, Joaquín Buitrago Borrás y Miriam Labrada Pons. Coautores: Giuseppe Giuseppe Colonnello, Vicent Benedito, Remigio H. Galárraga, Rigoberto Rodríguez Quirós, Marlon Peláez Rodríguez, Camilo Torres, Obllurys Cárdenas

- López, Viera Petrova Nicolaevna, Katia del Rosario Rodríguez, Francisco Pérez Sabino, Leda Menéndez Carrera y José M. Guzmán Menéndez
- Quiggin, J. 1998. Existence value and the contingent valuation method. *Austral. Econom. Pap.* 37(3):312-329.
- Selected Satellite Images of the Atlas of Our Changing Environment. Division of Early Warning and Assessment. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
- Volpedo, A, L Fernández y J Buitrago. (Eds). 2011. Experiencias en la aplicación del enfoque GEO en la evaluación de ecosistemas degradados de Iberoamérica. Buenos Aires 2011. ISBN 978-987- 27758-0-3. 493 pp.