

**LOS INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL  
DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS COMO ASUNTO CLAVE EN MATERIA DE  
ECOSISTEMAS DEGRADADOS**

(VERSIÓN PRELIMINAR)

**RED CYTED 411RT0430  
“Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales  
y programas para la evaluación ambiental integral  
y la restauración de ecosistemas degradados”**



**PROGRAMA IBEROAMERICANO  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
PARA EL DESARROLLO**

2013

### **Autores principales**

Grisel Barranco Rodríguez, Lucas Fernández Reyes,  
Alejandra Volpedo, Joaquín Buitrago Borrás y Miriam Labrada Pons

### **Coautores**

Giuseppe Colonnello, Vicent Benedito, Remigio H. Galárraga,  
Rigoberto Rodríguez Quirós, Marlon Peláez Rodríguez, Camilo Torres,  
Francisco Pérez Sabino, Leda Menéndez Carrera y José M. Guzmán Menéndez

Esta nueva versión preliminar de indicadores para la evaluación ambiental de ecosistemas degradados, enfatiza en la problemática de los humedales, y abunda en las contribuciones de la Red 411RT0430 “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados” del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

© Programa CYTED, 2013

La Habana, Cuba, agosto 2013  
ISBN: 978-987-29881-2-8

# LOS INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS COMO ASUNTO CLAVE EN MATERIA DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS

## ÍNDICE

Prólogo	4
1. Introducción	4
2. Aspectos teórico mundiales y conformación de un procedimiento de trabajo.	6
3. Ecosistemas analizados y los indicadores para la EAI.	15
↪ Cuenca río Hacha, amazonía colombiana	18
↪ Lago Maracaibo, Venezuela	20
↪ Lago Atitlán, Guatemala	24
↪ Los humedales cubanos y el caso Ciénaga de Zapata	27
↪ Ecosistemas lagunares pampeanos, Argentina.	34
↪ Morichales y maporales, Venezuela	39
↪ Humedales Parque Nacional Palo Verde	45
↪ Parque Natural de l'albufera, Valencia, España	48
↪ Parque Nacional Laguna de la Restinga, Venezuela	52
↪ Páramos, Ecuador	55
↪ Bosque amazónico, Ecuador	59
↪ Bosque de ciénaga y manglares	63
4. Reflexiones generales	68
Bibliografía	69

# LOS INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL DE HUMEDALES COMO ASUNTO CLAVE EN MATERIA DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS

## PRÓLOGO

La Red CYTED “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados”, ha dado continuidad práctica a la elaboración de indicadores PEIR aplicados a los ecosistemas degradados, pero adentrándose en uno de los aspectos de mayor complejidad e interés en Iberoamérica, que es el caso de los humedales.

La experiencia está orientada a la realización de Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI) basadas en el enfoque GEO (Global Environmental Outlook), constituye una herramienta eficaz para monitorear continuamente el estado del medio ambiente a escala global, regional y local. Un momento determinante durante las evaluaciones EAI consiste en la elaboración de indicadores apropiados para evaluar fuerzas motrices y presiones, estados e impactos. Ello se debe a que el análisis de las relaciones causa efecto entre los cambios de estado, sus causas y consecuencias tiene generalmente un carácter cualitativo. Surge por tanto la necesidad de valorar objetivamente en términos cuantitativos ¿qué le está pasando al medio ambiente?, ¿por qué está sucediendo?, ¿cuáles son las consecuencias para el medio ambiente y la sociedad? y ¿cuán eficaces son las medidas aplicadas?

Los indicadores permiten no solo ilustrar y validar el contenido de las evaluaciones sino también comprender objetivamente en términos cuantitativos. Otro elemento importante es que los indicadores permiten realizar estudios comparativos de ecosistemas funcionalmente diferentes y evaluar con herramientas metodológicas comunes.

En el presente trabajo se resume con diferentes problemas de degradación, entre los que figuran glaciares, morrenas y páramos, bosque húmedo tropical, manglares, pastos marinos y arrecifes, zonas estuarinas y albuferas, humedales interiores y marino costeros, y sistemas lacustres.

Los indicadores han sido elaborados con base en las problemáticas prioritarias utilizando el marco conceptual fuerzas motrices - presión - estado - impactos -respuestas (FMPEIR), que vincula las relaciones entre la actividad humana y el estado del medio ambiente.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones ambientales demandan de una base informativa de amplio espectro. Ello obedece a la propia esencia de contenido del medio ambiente, por cuanto en su condición de sistema abierto que articula a los factores y elementos naturales, económicos y de la población, obliga a una mirada abarcadora y amplia, a la vez que objetiva y concreta, todo lo cual resulta de ineludible complejidad. A pesar de ello, estaba identificada la demanda de emprender tales investigaciones, pues la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (1972) lo identificó como una necesidad de emprendimiento periódico, con el fin de contar con bases homogéneas y comunes para el seguimiento del acontecer ambiental. El tema fue impulsado en especial tras la Cumbre de la Tierra (Conferencia de Río'92), en virtud de la definición de un conjunto de pautas al efecto del rastreo evolutivo de los problemas. Uno de los aspectos identificados con prioridad y urgencia fue el de la

conformación de los indicadores del desarrollo sostenible (IDS), para dar implementación a los respectivos capítulos de la Agenda 21.

Esa convocatoria, colocó una prospectiva diferente en torno a un tema que contaba con alguna raigambre entre los científicos, transformándolo incluso en instrumento para las determinaciones políticas.

La literatura científica en la materia remite a pronunciamientos clásicos de la década de los noventa (OCDE, 1991; OCDE, 1993; EPA 1994; CEPAL, 1994). Diferentes modelos sirvieron para expresar la búsqueda de las opciones de mayor agudeza y sensibilidad para visionar y valorar el medio, así como los cambios dados en el mismo.

Puede apreciarse sin embargo que uno de los procesos más coherentes en la materia ha contado con el protagonismo de la División de Evaluación y Alerta Temprana (DEAT) del PNUMA, por la perspectiva abarcadora que propone. En ella se postula: "Ofrecer a la comunidad internacional un mejor acceso a datos e información ambiental de carácter significativo, así como ayudar a incrementar la capacidad de los gobiernos para usar la información ambiental en el proceso de toma de decisiones y la planificación de medidas conducentes al desarrollo humano sostenible" (Jäger, et al., 2008). A partir de ello se ha generado un marco de evaluación con clara definición de la cadena de relaciones que tienen lugar en el medio ambiente.

La propuesta implica que de modo gradual, a través de un sistema de información y monitoreo, se logren rumbos promisorios en el manejo de los recursos y la protección. Así se haría factible la evaluación de las brechas, entre la realidad y la meta en materia de sustentabilidad económica, social, ambiental e institucional, y además, serviría para indicar la dirección de trabajo efectiva a fin de la reducción de dichas fisuras.

De una u otra manera la información es el elemento clave para lograr el éxito de los procesos evaluadores, de ahí la relevancia que tiene que medir, como y cuando hacerlo. Los indicadores son la respuesta inminente a tales preguntas.

Un primer acercamiento al tema valoró lo concerniente a los ecosistemas degradados, en una panorámica incluyente que visionó las situaciones dadas en materia de Parques Nacionales hasta los propios sistemas antropizados. En el bagaje informativo generado se evidenciaron los humedales como puntos de especial connotación. Sobre ellos Lambert (2003) observaba que... "Si bien los humedales se encuentran entre los ecosistemas más ricos que prestan apoyo a la vida en el planeta, están entre los más amenazados y destruidos". El tema abre la indagatoria en un universo de alta complejidad, pero también de mucho interés mundial por cuanto... "Son cunas de diversidad biológica que suministran el agua y la productividad primaria de la cual innumerables especies de plantas y animales dependen para la supervivencia", (Lambert, 2003).

En esa dirección investigativa, la propuesta aquí plasmada se planteo el siguiente objetivo:

- **Conformar un sistema de indicadores, para evaluar presiones, estados, impactos y respuestas inherentes a los humedales Iberoamericanos, que hagan viable la EAI acorde al modelo GEO.**

El resultado coloca una mirada amplia sobre el tema, que barre los subsistemas del medio ambiente (naturaleza, economía, población), así como otros aspectos cardinales para la vida del ecosistema, como son los asociados a la gestión y protección.

En los mismos se involucran las tendencias mundiales que se vienen promoviendo, la información y la investigación en el contexto objeto. Al efecto se partió de la reflexión en torno a los ahíncos exploratorios desarrollados en diferentes ámbitos espaciales, para proyectar una visión intencionada sobre las potencialidades y conflictos que gravitan en los humedales y que amenazan su vida útil, su producción, reproducción y prestación de servicios ambientales.

La consecución del objetivo se materializó en el presente resultado que además de los propios indicadores, abundó en la conceptualización que sirve de soporte al tema, y que comporta elemento ineludible para la realización de un adecuado abordaje, suponiendo además un inexcusable momento para el mayor y mejor entendimiento entre científicos, pero también con los gestores y decisores de los distintos contextos.

Al indagar en aquellos aspectos capaces de expresar variaciones en el estado ambiental de los humedales (indicadores), destacaron muy particularmente aquellas problemáticas que pueden transformarse en políticas concretas con fines de corrección, rehabilitación y conservación, donde la institucionalidad cobra papel protagónico.

Así, fue factible conformar una herramienta propia, útil y accesible a los diversos actores que interactúan con los humedales, pero la validez del análisis pueden extenderse a otros marcos, visionando nuevas aristas de los ecosistemas degradados.

## 2. ASPECTOS TEÓRICO MUNDIALES Y CONFORMACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE TRABAJO.

Contemporáneamente para enfrentar los estudios ambientales, una de las alternativas que se viene empleando es la de utilizar indicadores. Ciertamente en torno al tema, se ha configurado todo un entramado discursivo no concluido, de modo que hoy no existen visiones únicas sobre su conformación, determinación y el posible alcance.

El amplio universo de debate que los mismos han promovido, tiene al propio concepto como eje de controversia. Por eso es pertinente partir de la reflexión conceptual.

### **2.1 Algunas teorías esenciales como premisa en la conformación de los indicadores.**

En relación con los indicadores hay todo un camino avanzado de éxitos e incertidumbres, en tanto que aún se discute sobre las limitantes para integrar los aspectos sociales, económicos y ecológicos, expresivos de una visión sistémica. Pero además se debate en lo teórico sobre la construcción de indicadores comensuralistas (<http://www.ine.gob.mx/>) y los cualitativos, e incluso la conjunción de ambos.

En cualquier caso, orientar con acierto el tema obliga a transitar por su pertinente entendimiento. Sobre el tema observaba Aguirre (2001) que "... teniendo en cuenta que la mayoría de los parámetros o variables estadísticas asociados a temas ambientales pueden ser considerados como indicadores siempre que aporten mensajes simples y claros sobre lo

que está ocurriendo en el medio ambiente". Efectivamente el logro del mensaje fiel y con consistencia en el tiempo, son algunas de las invariantes que se deben encontrar al colocar una perspectiva amplia en el tema, lo cual es necesario al tratar de buscar el acercamiento mas efectivo a lo que es un indicador. Algunas de las siguientes enunciaciones coadyuvan a ello:

- ➔ Un **indicador** es un parámetro, o valor derivado de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor (OCDE, 1993).
- ➔ Un **indicador ambiental** es una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones (Ministerio de Medio Ambiente de España, 1996).
- ➔ Se trata de información cuantitativa que ayuda a explicar como las cosas están cambiando a lo largo del tiempo (Departamento de Medio Ambiente de la Gran Bretaña, 1996),
- ➔ Señal que muestra una tendencia, es una herramienta para simplificar, medir y comunicar información. "Permite representar un conjunto de datos en el tiempo y así visualizar los cambios generados" (Wautiez y Reyes, 2001).
- ➔ "...capaces de sintetizar información medioambiental muy amplia dirigida a cuantificar y notificar el comportamiento medioambiental" (<http://www.life-ecomining.org>).
- ➔ "...los indicadores **condensan** la información, **simplifican** la aproximación a los problemas medioambientales —a menudo muy complejos— y sirven de **instrumento útil para la comunicación** de los mismo" (Aguirre, 2001).
- ➔ "El valor observado representativo de un fenómeno a ser estudiado. Los indicadores señalan, brindan información y describen el estado del medio ambiente con una relevancia superior a lo directamente asociado a la mera observación. En general los indicadores cuantifican la información, al agregar y sintetizar datos distintos y múltiples, simplificando así la información capaz de esclarecer fenómenos de gran complejidad. (European Environment Agency, 2006)".

Aquí merece una reflexión la posición española, por cuanto coloca un tema muchas veces eludido y que atenta contra el más adecuado manejo de la información, y es que superando las posiciones centradas en los científicos, el indicador ambiental se promueve como un objeto de aprehensión por parte de cualquier usuario, o sea, se debe transformar en una verdadera herramienta accesible y útil para el trabajo cotidiano.

Otra de las aristas sensible y en gran medida coadyuvante a la generalización de los indicadores es su sentido facilitador del abordaje de las evaluaciones ambientales, como compendio de situaciones. El uso de un número ilimitado de parámetros en ocasiones lejos de aclarar oscurece y contrapone características espaciales, por tanto la esencia más allá de querer referir todos los elementos del medio está en identificar los aspectos de mayor impacto y centrar en los mismos el examen.

Por otra parte, no son desdeñables otros puntos focales que se vienen manejando más específicamente, pues hay toda una labor orientada a visionar la sostenibilidad y ello ha colocado nuevas complejidades que dimanen de las propias tendencias dadas en materia de desarrollo y de cómo ello se expresa en el diseño de las políticas públicas. Así pueden reconocerse igualmente un conjunto de definiciones, dentro de lo cual, por el apego a las propias directrices de trabajo que aquí se plantean parecieron pertinentes, es el caso de los indicadores de sostenibilidad, configurados como:

➔ "... importantes para avanzar en la comprensión integral del medio ambiente, en donde se combinan aspectos ecológicos, sociales y económicos. Los Indicadores proveen información sobre el estado del medio ambiente, así como de las presiones que ocasionan dicho estado y los impactos que produce. Asimismo, para evaluar la acción pública se pueden generar indicadores de respuesta, que indican como se responde a dicha situación ambiental. Los indicadores se expresarán en un valor numérico y pretenden sintetizar información." <http://www.minambiente.gov.co>

No puede eludirse sin embargo, que el manejo de indicadores, aún cuando se promueven en el sentido de universalizarlos en función de lograr enfoques y posiciones homologadas sobre el medio ambiente, deben también responder a las realidades nacionales, y a los problemas específicos a los que van dirigidos, por cuanto no es una herramienta más, son en realidad el medio para la interpretación de las acciones, que deben diseñarse en el universo de la política y la gestión de un contexto dado. Este aspecto es perfectamente conexo con la reflexión del World Bank (1997) que apunta:

○ "El desarrollo de indicadores ambientales útiles, requiere no sólo de la comprensión de conceptos y definiciones, sino de un conocimiento **exhaustivo** de las necesidades de política pública. De hecho, uno de los factores clave que distinguen a un buen indicador es el vínculo entre la medición de condiciones ambientales y las opciones prácticas de política pública".

Es válido apuntar que incluso mucho antes de los años 90, se venían generando formas de medición de aspectos naturales y socioeconómicos, en especial entre los últimos se abundó sustantivamente, así el producto interno bruto, o la esperanza de vida al nacer se transformaron en índices repetidamente socorridos al querer expresar una realidad, pero al referirse a los temas ambientales, es importante señalar también, que ningún criterio o indicador constituye por si solo una medida de la calidad ambiental o de sostenibilidad. Las herramientas para tales mediciones deben verse en un universo amplio, que superando lo individual, se detenga a considerar el contexto generado con otros criterios de medición: Es a partir de ese conjunto de visiones donde se proporciona, cuando se mide a largo plazo, la imagen total de la tendencia hacia lo ambiental y lo sostenible.

A partir de las anteriores consideraciones, una posición viable sería la que conjugue los aspectos esenciales manejados en una u otra definición, de tal forma se podría considerar que:

○ Un indicador es el instrumento manejable por diferentes actores sociales, para viabilizar, en el tiempo, el conocimiento de una realidad ambiental. Los mismos permiten generar informaciones condensadas y compendiadas, de tipo cualitativo y cuantitativo, que sirven de fundamento a un conocimiento holístico, base para el emprendimiento de la calidad ambiental, el monitoreo, la participación rehabilitadora, y la asunción de políticas públicas.

Colegiada la idea sobre indicadores, es pertinente adentrarse en otras confrontaciones teóricas que se suscitan en el ámbito de lo ambiental, y es lo concerniente a los modelos desde los cuales se visiona el sistema de indicadores. Aquí es valioso considerar que responden a la lógica de ocurrencia de los procesos ambientales, con lo cual se crean bases más sólidas para la corrección de posibles disturbios, al valorar la esencia misma en que se gestan.

En esta materia se ha transitado también por diversos tanteos, que se manifiestan con claridad en los modelos siguientes:

- **"Impulso-estado-respuesta"** (Adriaansse, 1993; OCDE, 1994). Los elementos del modelo responden a una lógica que observa como las acciones humanas producen presiones sobre el medio (el impulso), lo que cambia la calidad y cantidad de los recursos naturales (el estado), estos cambios se observan mediante los efectos sobre la salud ambiental. Ante lo cual la sociedad adopta una respuesta.
- **"Presión-Estado-Impacto/Efecto-Respuesta"** (P-E-I/E-R) que ha sido desarrollado por Winograd (1995, 1997) para el proyecto de indicadores del CIAT/PNUMA para América Latina. Diseñado particularmente para el uso sostenible de tierras; combina información basada en estadísticas ambientales corrientes con variables "georeferenciadas", llegando a indicadores generados por aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Cuando Aguirre (2001) se adentró en el análisis del tema, expresó que: "Aunque en la actualidad son varios los modelos existentes, los que presentan una mayor proyección son los siguientes

1. Modelo Presión-Estado-Respuesta
2. Modelo Fuerzas motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta".

La lógica funcional del primero estaría dada con las relaciones expresadas en la Figura 1

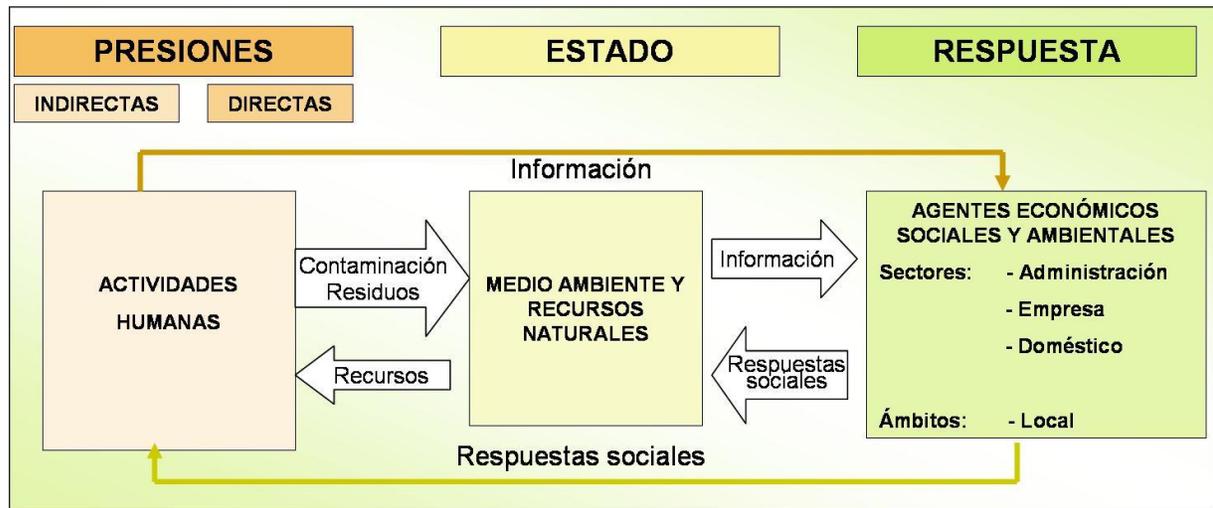


Figura 1 Modelo Presión-Estado-Respuesta (OCDE, 1994, según Aguirre, 2001).

En el segundo es posible apreciar una mayor profundización en las relaciones causa efecto dadas en el medio ambiente, y por otra parte, se incentivan las complejidades interpretativas concernientes al vínculo naturaleza- economía- población, que con pertinencia se pueden ejemplificar con la Figura 2.

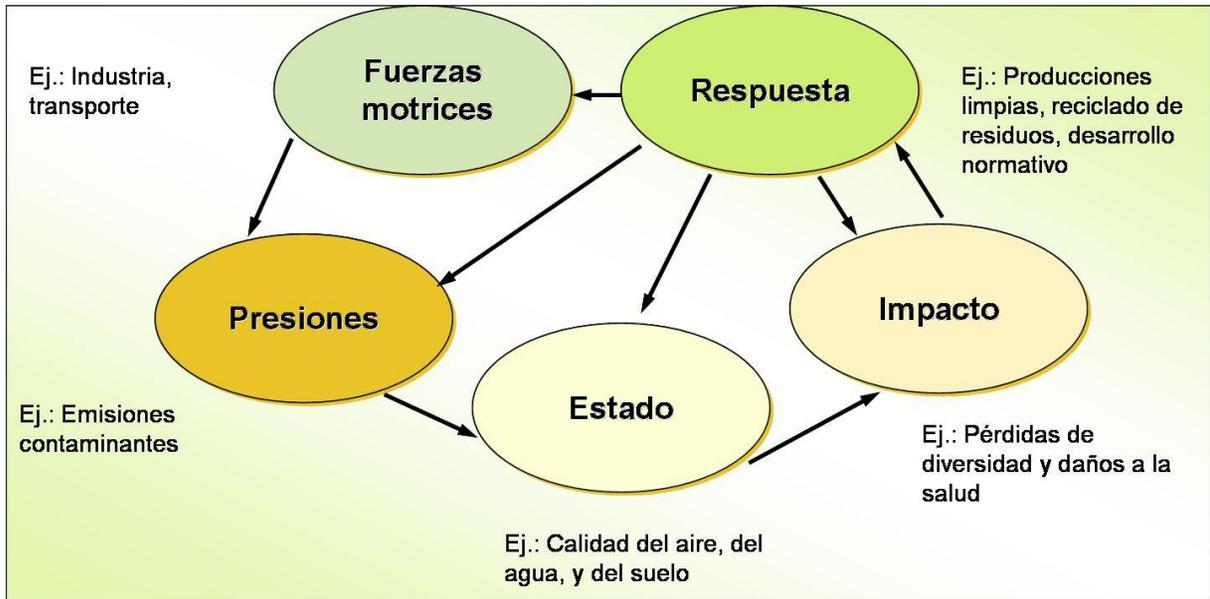


Figura 2 Modelo FPEIR (Agencia Europea de Medio Ambiente. Tomado de Aguirre, 2001).

En cualquier variante seleccionada, los modelos suponen como requerimiento un conocimiento muy preciso de las relaciones de procedencia- consecuencia, que si bien adecua mejor el comportamiento mismo del medio ambiente, en ocasiones, en su implementación, en tanto que dependen de la habilidad de los investigadores, se ven lastradas en el alcance interpretativo de los nexos, lo cual en muchos casos está agravado por las propias deficiencias de los sistemas estadísticos, su consistencia y representatividad espacial y temporal. Es detectable también un complejo posicionamiento vinculante entre temas ecológicos y económicos, que sitúa al segundo como subsistema del primero, o sea, lo posiciona en el plano de inconmensurabilidad que solo es aplicable a la naturaleza. Desde ese criterio se generan valoraciones endebles del medio y de forma consecuente se desregularizan los aspectos económicos que lo merecen y se simplifican las políticas públicas asociadas.

Dentro de la urdimbre teórico- metodológica, el modelo GEO es una interesante propuesta, por cuanto además de considerar aspectos manejados en otras propuestas se adentra en el universo de las respuestas asumidas por la sociedad con lo cual se gesta una mayor articulación de los procesos dados en el medio ambiente. El modelo "...dedica especial atención a la recolección y el análisis de estadísticas y datos espaciales...". En el mismo se reconoce "la importancia crítica de contar con **datos e indicadores** adecuadamente seleccionados, porque la pobreza de la información puede traducirse en malas decisiones. Al mismo tiempo es necesario que la información resulte significativa y relevante para el público objetivo, de lo contrario, incluso los mejores indicadores tendrán escaso impacto" (Jäger, et al., 2008).

Esas reflexiones explican la esencia misma del modelo, que la Figura 3 representa en sus detalles. Se aprecian aquí elementos concordantes con los referidos por la Figura 2, pero destaca la amplitud con que se valoran todos los componentes del modelo, otorgando mayor objetividad y alcance a las EAI que se emprendan desde la perspectiva GEO.

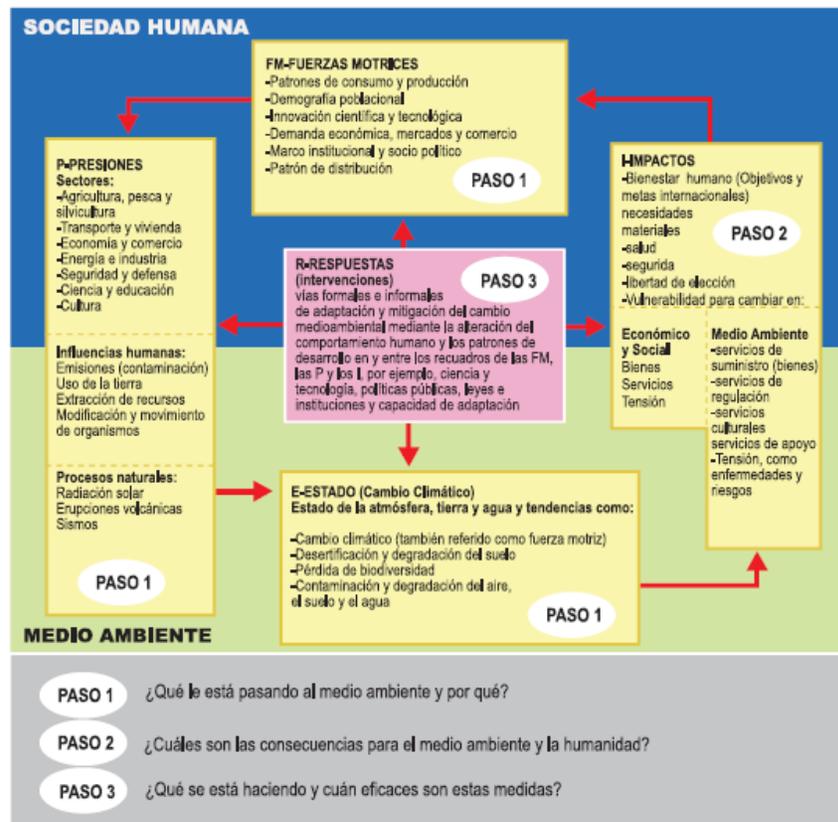


Figura 3 Marco analítico simplificado de GEO, PNUMA, 2004

Desde esa perspectiva se asumió la determinación de los indicadores para el estudio de los humedales. Con ello, la demanda informativa se presenta en un universo amplio.

## 2.2 El abordaje de los indicadores para la evaluación ambiental integral de los humedales.

La conformación de los indicadores se adecua al modelo según el cual deben identificarse. Al respecto, la División de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible reconoció y trabajó de acuerdo al marco presión - estado - respuesta (PER), del Departamento de Estadística de Canadá y la OCDE, que sirvió de referente al modelo GEO, pero el mismo no se ha mantenido estático, de modo que es objeto de modificaciones hasta llegar al marco conceptual que vincula fuerza motriz - estado – respuesta (FMER) y más recientemente, con el GEO-4 se introdujo el impacto como eje de atención de modo que en general el modelo considera:

**Fuerzas Motrices** (factores indirectos): Sirven como telón de fondo a los agentes inductores.

**Presiones** (factores directos): Son los agentes inductores del cambio ambiental. Se suman a aquellos que son consecuencia de los procesos naturales (cambios en el clima, la biodiversidad, el agua, los suelos).

**Estado:** Que alude a los cambios en el estado del medio ambiente, que provocan a su vez mutaciones en los servicios ambientales de que se sirve la sociedad directa o indirectamente, por medio de la disponibilidad de aire y agua de calidad, de alimentos, etc.

**Impactos:** Son la incidencia de los cambios ambientales que unida a los factores demográficos, sociales y materiales, producen efectos contradictorios en el bienestar humano (inseguridad alimentaria, decremento de la salud, los activos materiales y adecuadas relaciones sociales).

**Respuestas:** Entendida como una elaboración de la sociedad a fin de adaptarse a los cambios en el estado en general, o bien reducir las presiones sobre el medio ambiente.

En cada caso es necesarios identificar los indicadores más adecuados para realizar el examen y evaluación del cuadro territorial. Pero para medir verdaderamente la pertinencia de los mismos se deben valorar otros aspectos como son:

- ➔ Significación en cuanto a la caracterización de tendencias históricas relacionadas con problemáticas prioritarias.
- ➔ Que se evidencien patrones espaciales de cambio.
- ➔ Que expliciten los avances que analíticamente se puede obtener de los parámetros y valores de referencia.

De la elección de indicadores dependen los datos necesarios para llevar a cabo la EAI, pues ayudan a estructurar y orientar la recolección de información, de modo que sea mostrado lo singular y más relevante acerca de los temas y problemáticas en estudio, pero también, que se constituyan en facilitadores de la comunicación entre diferentes entes gestores.

Todos estos argumentos fueron manejados y tomados como referentes de base para la conformación de los indicadores ambientales y la correspondiente EAI. En el caso de los humedales, que constituyen ámbitos espaciales tan complejos en cuanto a ubicación, conformación y uso, se consideró la necesidad de reflejar todas esas peculiaridades y riquezas que los caracteriza, por lo cual no se pudo eludir que fueran:

- de clara definición, fáciles de entender y capaces de mostrar tendencias a lo largo del tiempo;
- científicamente creíbles;
- relevantes a los efectos de las políticas públicas;
- notables para los usuarios, constituyendo un fundamento para la acción;
- sensibles a los cambios en el medio ambiente y la actividad humana;
- base para la comparación internacional al ofrecer un valor de referencia o umbral;
- viables a la agregación por niveles (región, municipio, provincia, nación);
- objetivos (de modo que eludan los sesgos según quien recolecta los datos);
- limitados numéricamente.

Por ello el diseño fue exhaustivo y minucioso, y tomó en cuenta todos los elementos que comprende la Figura 4.

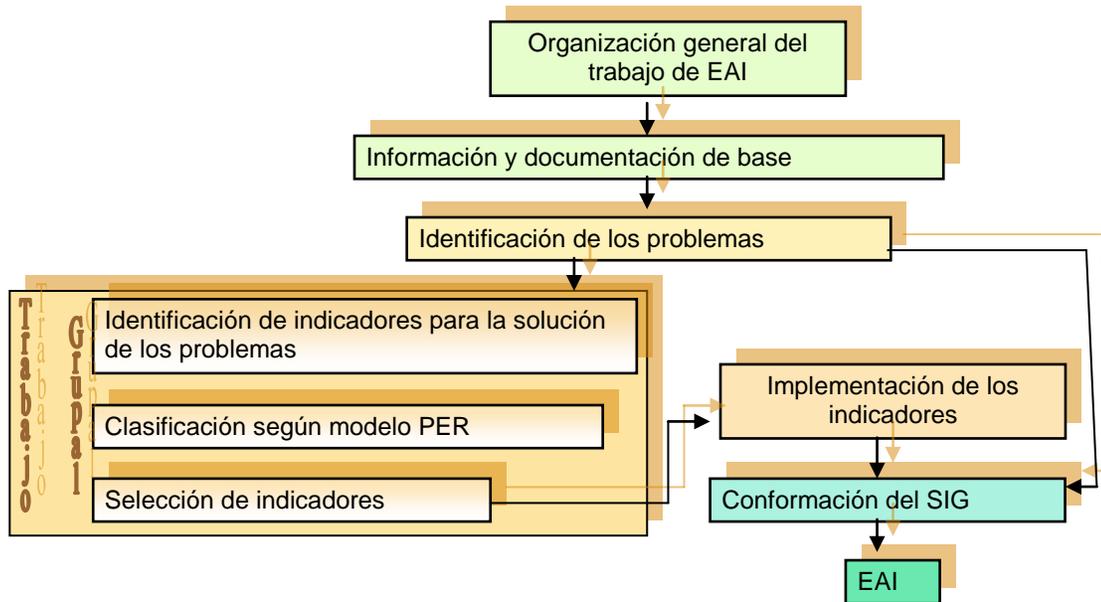


Figura 4 Esquema del proceso para la conformación de los indicadores PEIR para los humedales.

La figura evidencia la intencionalidad y los nexos causales aplicados al trabajo, donde el marco conceptual permitió colocar una perspectiva precisa sobre el ámbito de actuación específico del indicador, o sea, si es válido para definir presión, estado o respuesta, así como conformar una mejor visión sobre el criterio de idoneidad y la propia discriminación de aquellos que mejor se adecuaron al tema objeto, o sea, los que respondieron de forma más pertinente a las respuestas claves del modelo GEO.

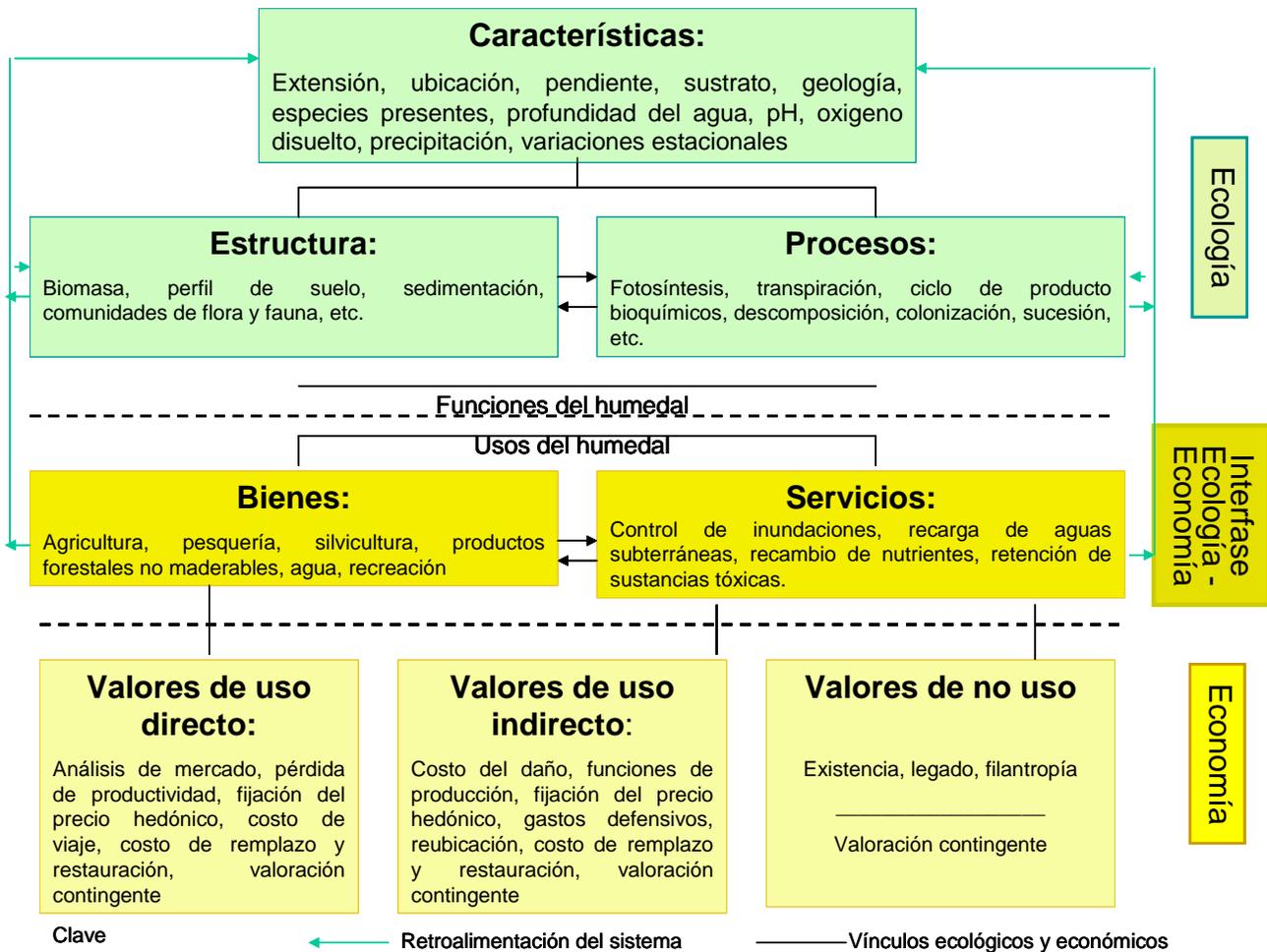
Cuando se habla de los humedales no se pueden eludir sus importantes funciones, pues aparte de ser un gran ecosistema y un importante hábitat para muchos seres vivos, actúan como filtradores naturales de agua. De ello se deriva un número importante de aspectos a considerar en la conformación del sistema de indicadores, sin embargo, valorando las insuficiencias cognitivas dadas en la materia, pareció importante visionar también aspectos utilitarios.

En tal sentido se debe considerar que los humedales proveen recursos naturales esenciales a las actividades humanas: pesca, agricultura, pastoreo, actividad forestal, el manejo de vida silvestre, transporte, recreación y turismo, dependen del mantenimiento de sus funciones y valores. Aquí destaca en especial su importancia para el abastecimiento de agua dulce con fines domésticos, y otros de la vida socioeconómica.

Todo ello no logra mitigar las acciones que agraden dichos espacios, directa o indirectamente como son: drenarlos y cambiar el uso; la construcción irracional de represas y canalizaciones; la deforestación; entre otros. En todo ese universo la contaminación es uno de los aspectos más agresivos, tanto si se trata de efluentes líquidos como sólidos.

Todo ello colocó una perspectiva interesante al conformar los indicadores, en tanto que se hizo evidente la necesidad de sopesar diferentes elementos de valor del humedal que

frecuentemente se omiten. Las valoraciones de Lambert (2003), que coloca una perspectiva amplia sobre las aristas focales asumibles en el estudio. La figura 5 se refiere a ello.



Fuente: Turner, et al., 2000, citado por Lambert, 2003, modificado.  
Figura 5 Relaciones entre funciones, usos y valores del humedal.

Efectivamente la EAI debe valorar desde un universo amplio todo lo concerniente a los humedales para visionar con mayor pertinencia los riesgos pero también las alternativas dables en términos de su rehabilitación y conservación.

Más específicamente, la identificación y selección de los indicadores propios para la EAI de los humedales partió del conjunto informativo dado en la literatura internacional, donde los científicos del ambiente, las universidades y otras entidades han realizado aportes elocuentes. En todo ello a las estadísticas nacionales se les ha conferido mucho interés, por cuanto consignan todo un conjunto de información cuantitativa, que se puede seguir en el tiempo, y que argumenta todo lo relativo al acontecer socioeconómico, brindando un asidero a los aspectos relevantes en el orden territorial.

En el proceso de trabajo los propios problemas identificados jugaron un papel importante, en tanto que al definir las causas modificadoras del contexto, se establecieron las primicias sobre las presiones dadas, los cambios en el estado y los impactos sucedidos.

Una herramienta clave fue la aplicación del análisis grupal, que resultó un ejercicio académico eficiente y aportador, que facilitó desde el pensamiento colectivo, la mejor visualización de las relaciones causa - efecto que se están sucediendo en los contextos espaciales estudiados.

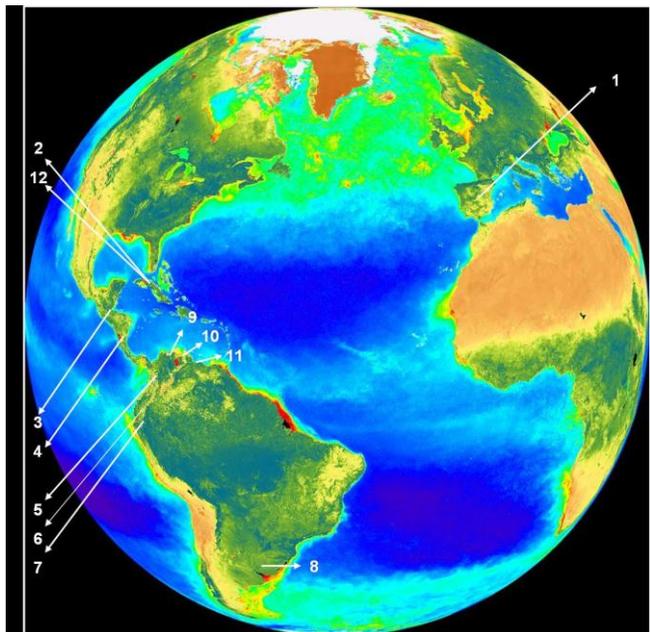
Otro instrumento esencial fue la conformación de un sistema de información geográfica (SIG), como soporte de la voluminosa información generada a partir de los indicadores, e incluso en atención a ello, la generación de nuevas aristas de análisis que permitieron hacer más exhaustiva la propia evaluación ambiental integral (EAI).

### 3. HUMEDALES DE INTERÉS Y LOS INDICADORES PARA LA EAI.

La versión preliminar de la conformación de indicadores para los ecosistemas degradados (Lucas, et al., 2012) atendió de forma generalizada las problemáticas ambientales en diferentes ecosistemas con signos de degradación, lo cual evidenció además la posibilidad de identificar de forma diferenciada la aplicabilidad y posible refinamiento de las elucidaciones en un ecosistema de alta complejidad como puede ser el humedal, por ello el segundo año de funcionamiento de la Red CYTED, orientó sus esfuerzos en dicha dirección, que abarcó modelos de referencia que difieren en las condiciones naturales en que se ubican, el tipo e intensidad de los procesos de desarrollo transitados, e incluso la situación en cuanto a investigaciones y base informativo documental, elementos esenciales para conformar un universo amplio para el discernimiento de las mejores opciones remediadoras y mitigadoras de disturbios ambientales.

Así, atendiendo a la objetividad que demanda la indagatoria de los humedales, se hizo necesario el manejo de un conjunto de modelos como referencia. Es por ello que se consideraron diferentes problemas de degradación que se caracterizan por ser: a) funcionalmente diferentes y relevantes por bienes y servicios que brindan a los sistemas humanos y la regulación de procesos globales; b) altamente vulnerables a efectos de los cambios ambientales producidos por actividades humanas y procesos naturales. Los tipos de ecosistemas seleccionados fueron: glaciares, morrenas y páramos (Andes ecuatorianos), bosque húmedo tropical (Amazonía), manglares, pastos marinos y arrecifes (Caribe), zonas estuarinas y albuferas (Península Ibérica), humedales interiores (Pantanal, Ciénaga de Zapata, Planicies deltaicas costeras del Orinoco), agrosistema llanura pampeana, Argentina a los que remite la Figura 6.

**Figura 6. Ubicación geográfica de los ecosistemas seleccionados.** 1- Parque Natural de l'albufera de Valencia, España. 2- Humedal Ciénaga



de Zapata, Cuba. 3- Lago de Atitlán, Guatemala. 4- Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. 5- Cuenca del río Hacha, Colombia. 6- Ecosistemas de páramos, Ecuador. 7- Amazonía ecuatoriana. 8- Ecosistemas acuáticos Pampeanos, Argentina. 9-Cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela. 10- Chaguaramales y morichales en el golfo de Paria, Venezuela. 11- Parque Nacional Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. 12- Bosque de ciénaga y manglares, Cuba

Aun cuando la diversidad en los ámbitos examinados fue notable (latitud geográfica, grado de intervención in situ y ex situ, densidad poblacional, entre otras), las problemáticas ambientales observadas tienen alta similitud, pero además con mayor o menor intensidad se replican en otros ecosistemas. Por otra parte, se apreció que las mismas abarcan un amplio espectro de temas que involucra los ambientes terrestres y los marinos, pero en toda esa urdimbre pudo constatar la presencia de cinco temas claves que son los del clima, el agua, la diversidad biológica, la zona marina y la gestión socioeconómica, que se despliegan en una serie de situaciones a las que la Tabla 1 se refiere.

Tabla 1. Temas fundamentales y problemáticas ambientales asociadas.

Tema	Problemática ambiental
Clima	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambios acelerados del tiempo y el clima que limitan el desarrollo de los procesos de adaptación de las especies.</li> <li>2. Incremento sistemático de las temperaturas medias anuales y temporales.</li> <li>3. Incentivo en la presencia y recurrencia de eventos extremos del clima, generadores de déficit o exceso de pluviosidad que altera los ciclos vitales de las especies</li> </ol>
Biodiversidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proliferación de especies con comportamiento de invasoras, tanto exóticas como nativas.</li> <li>2. Fragmentación y deterioro de ecosistemas, pérdida de hábitat por cambios de uso, tala indiscriminada e incendios forestales.</li> <li>3. Destrucción de la flora en sitios de refugio, alimentación y reproducción de fauna.</li> <li>4. Pérdida de biodiversidad de las comunidades acuáticas por eutrofización.</li> <li>5. Conversión de los páramos en tierras de uso agropecuario.</li> <li>6. Pérdida de diversidad ecológica de los páramos.</li> <li>7. Incremento de las poblaciones de especies amenazadas y pérdida de especies.</li> <li>8. Reducción de la superficie de bosques por deforestación para uso agropecuario e incendios forestales.</li> <li>9. Alteración de la composición florística y del funcionamiento del bosque.</li> <li>10. Enfermedad y pérdida de la superficie de manglares, por contaminación y colmatación.</li> <li>11. Reducción de la superficie de manglares en función del uso agropecuario, camaronicultura y arrozales.</li> <li>12. Cambios en el balance hídrico de los manglares por intercepción de flujos de agua dulce.</li> <li>13. Sobreexplotación pesquera.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>14. Enfermedad y pérdida de la superficie de corales por contaminación, turbidez y aumento de temperatura del agua.</li> <li>15. Pérdida de los ecosistemas de praderas de pastos marinos por eutrofización.</li> </ol>
Agua dulce	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambios en el balance hídrico de los ecosistemas.</li> <li>2. Modificación de los patrones de circulación del agua a causa de las condiciones de manejo inapropiadas.</li> <li>3. Contaminación de los cuerpos de agua con agroquímicos y otros efluentes provenientes de las zonas agrícolas y urbanas.</li> <li>4. Disminución de los niveles de los acuíferos y avance de la intrusión salina por el manejo inadecuado de los mismos.</li> <li>5. Reducción de la superficie y volumen de los glaciares.</li> <li>6. Aparición de morrenas por retracción de glaciares debido al cambio climático.</li> <li>7. Alteración de la calidad del agua en las nacientes de ríos amazónicos.</li> <li>8. Eutrofización de los cuerpos de agua con afectaciones a la calidad de la misma e implicaciones negativas para su uso en diferentes actividades socioeconómicas.</li> </ol>
Zonas marinas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anomalías por déficit o exceso de los sedimentos en suspensión en zonas marino costeras, debido a las condiciones del escurrimiento lineal concentrado desde la tierra firme.</li> <li>2. Aportes de nutrientes y otros contaminantes originados en las tierras inmediatas.</li> </ol>
Actividades socioeconómicas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Insuficiencias en el manejo de tierras por debilidades o incumplimientos del ordenamiento y la planeación.</li> <li>2. Manejo inapropiado de efluentes líquidos y sólidos.</li> <li>3. Escasa vinculación de la población local a las actividades de gestión y manejo del territorio.</li> <li>4. Falta de una adecuada conciencia ambiental de los principales actores del territorio.</li> <li>5. Incumplimiento de la legislación y regulaciones ambientales.</li> </ol>

Fuente: Conformada a partir de las evidencias dadas por los ecosistemas usados como modelos.

Las temáticas identificadas como claves, tienen un papel preeminente para los humedales en tanto que son garantes del mantenimiento de los ciclos vitales.

Por otra parte, se elocuencia su significación en tanto que son capaces de generar al menos 34 problemáticas ambientales, que con los matices dados por la intensidad del manejo, la habilidad gestionadora y el propio posicionamiento geográfico, encuentra disímiles expresiones en Iberoamérica. Se hace muy evidente además, la fuerte conectividad existente entre lo global- regional- local, razón por la cual el conocimiento de la evolución ambiental de uno u otro modelo territorial tributa claridad al entendimiento de los procesos generales que se vienen apreciando.

En tal sentido los humedales comportan un excelente exponente, de modo que en correspondencia con los problemas ambientales identificados, en cada ecosistema seleccionado se diseñaron indicadores de presión, estado, impacto (PEI), como antecedente a la evaluación.

Las peculiaridades de los humedales seleccionados y sus indicadores básicos se muestran a continuación.

## CUENCA RÍO HACHA, AMAZONÍA COLOMBIANA



La cuenca del río Hacha se ubica en la región Andino Amazónica Colombiana (Figura 5), esta ubicación le confiere condiciones propicias para albergar una singular diversidad de especies. Además, es un área con abundantes recursos hídricos, sin embargo, tanto por problemas socioeconómicos como de orden público, es la parte de la cuenca amazónica menos estudiada. De ella se extrae agua para abastecimiento y, a su vez, es el principal lugar de recreación, de la población de Florencia, mayor ciudad de la Amazonía colombiana con aproximadamente 160.000 habitantes.

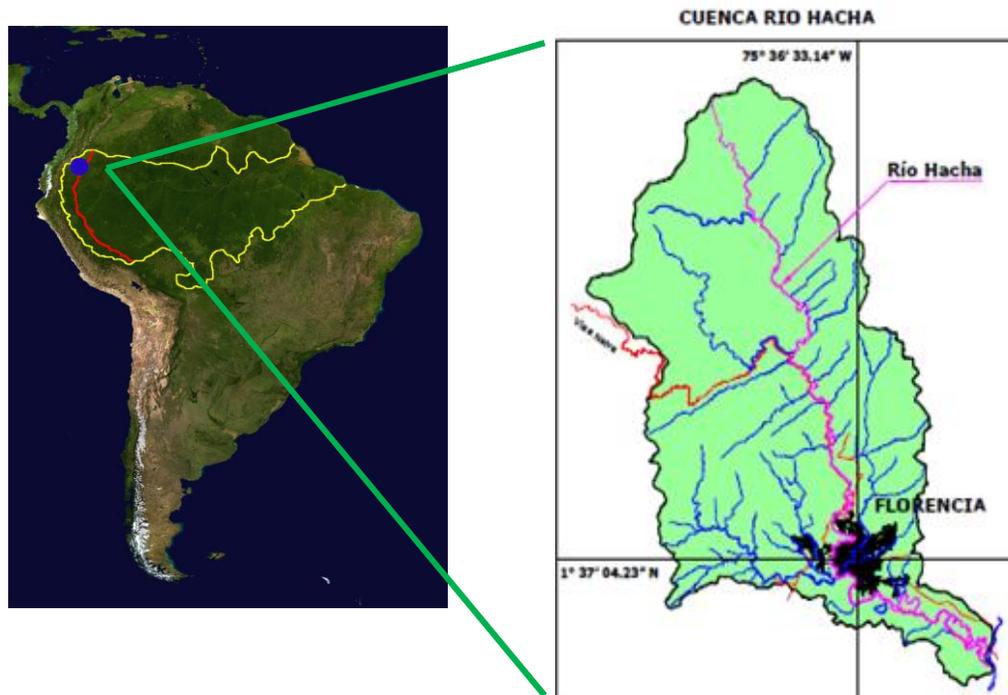


Figura 7. Ubicación geográfica de la cuenca río Hacha

Las principales problemáticas ambientales en la cuenca corresponden al uso inadecuado del suelo, siendo la ganadería la principal actividad y la contaminación de sus recursos hídricos, ya que la cuenca en su parte media y baja es la receptora final de las aguas residuales de la población urbana.

Las presiones que amenazan la degradación de la cuenca son la actividad sísmica, la remoción en masa, las inundaciones, la deforestación, la erosión, los incendios forestales y la contaminación hídrica.

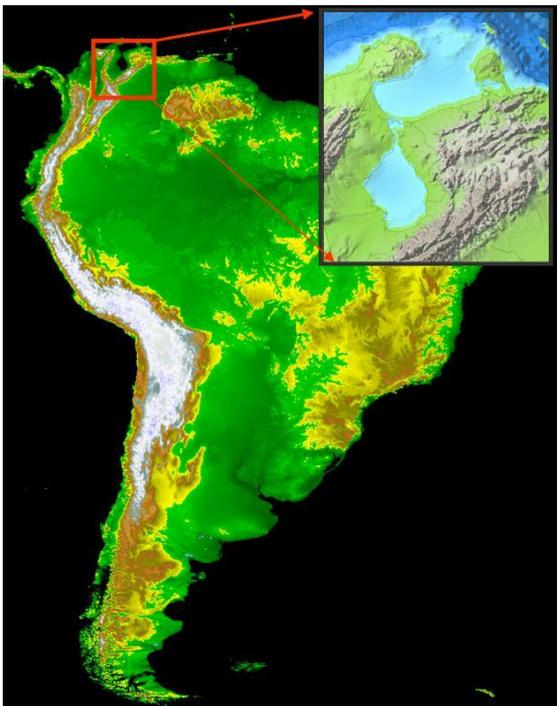
### Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en cuenca hidrográfica

<b>Tipo de ecosistema:</b> Cuenca hidrográfica			
<b>Tema:</b> Suelos y Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Uso inadecuado del suelo y Contaminación de los recursos hídricos			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Avance de la frontera pecuaria (ganado bovino) y expansión urbana	Intensificación en el uso del suelo y deterioro de ecosistemas acuáticos.	Afectación de la oferta hídrica en cantidad y calidad
<b>Forma de expresión</b>	ha/año	ha/año	m <sup>3</sup> /s y a través de indicadores de calidad de agua (Ortofosfatos, DBO5, DQO, Sólidos, Coliformes y macroinvertebrados acuáticos).
<b>Forma de monitoreo</b>	Control periódico de la superficie de bosques y tierras para actividad pecuaria y área urbana, a través de imágenes satelitales y reconocimiento en campo.	Control periódico de la superficie con aplicación de agroquímicos e irrigación no conforme y de expansión urbana a través de imágenes satelitales y reconocimiento en campo.	Mediciones periódicas de estos parámetros.

## CUENCA DEL LAGO MARACAIBO, VENEZUELA



La Cuenca del Lago Maracaibo está ubicada en la parte noroccidental de Venezuela (Figura 8). De forma detallada, políticamente la sitúa en el estado Zulia, aunque parcialmente se asocia también a los estados Táchira, Mérida, Trujillo y Lara. Al norte limita con el Golfo de Venezuela y Mar Caribe, al este con las Serranías de Ciruma o Barbacoas (Sistema Coriano), al sur con la cordillera de Mérida, al oeste con la Serranía de Perijá (ramal nororiental de la Cordillera de Los Andes), en cuya divisoria de cuencas se encuentra (en parte) los límites con Colombia.



**Figura 8. Mapa fisiográfico de Suramérica y de la porción noroccidental de Venezuela que contiene la cuenca y Lago de Maracaibo (CLM).**

La CLM tiene en su totalidad un área aproximada de 90000 Km<sup>2</sup>, de los cuales alrededor de 65000 Km<sup>2</sup> (incluyendo el propio lago), corresponden a Venezuela (7.1 % de la superficie del país). El Lago es el mayor de Sudamérica, con una extensión aproximada de 11.900 Km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 35 m.

Sus aguas son una mezcla de agua dulce de origen pluvial y fluvial con agua salada que penetra desde el Golfo de Venezuela por la Bahía El Tablazo y el Estrecho del lago, de acuerdo al régimen de mareas, viento y pendiente hidráulica del lago (Mago, 1970).

La deforestación e Incendios forestales, actividades de la industria petrolera en áreas interiores y lacustres, dragados, canalizaciones y embalses, malas prácticas agrícolas, uso

indiscriminado de biocidas y fertilizantes, incremento poblacional e inadecuada disposición de desechos sólidos y líquidos están ocasionando presiones en el Lago.

Todo ello ha condicionado que en el estado actual puedan apreciarse cuerpos de agua eutrofizados (contaminación por desechos sólidos y líquidos, fertilizantes y biocidas), pesquerías artesanales menguadas, baja biodiversidad en áreas extensas muy intervenidas, para uso agropecuario e industrias extractivas, alta diversidad en áreas restringidas y endemismos (e.g. Sierra de Perijá), alta fragmentación de ecosistemas y especies, refugios de fauna y flora (P.N. Ciénagas de Juan Manuel amenazadas), que pone a riesgo el alto potencial ecoturístico, pero en especial los servicios ambientales del lago.

En consecuencia se están sucediendo impactos muy notables en la contaminación de suelos y aguas, pérdida de biodiversidad y extinción de ecosistemas y especies en peligro, regímenes torrenciales, aludes y desbordes, pérdidas de infraestructuras públicas y daños personales, introducción de especies exóticas que compiten con las nativas, pérdida de valores ecoturísticos y escénicos, entre otros.

### Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema lacustre mixohalino

<b>Tipo de ecosistema:</b> Lacustre mixohalino			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestaciones por cambios de uso			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Expansión de fronteras agropecuarias.	Cobertura de ecosistemas naturales.	Pérdida de biodiversidad y valores ecosistémicos.
<b>Forma de expresión</b>	Superficie con sistemas productivos, mini y latifundios (ha)	Reducción de la cobertura vegetal de ecosistemas (ha)	Reducción del número de especies.
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica del territorio (ha)	Evaluación periódica del territorio (ha)	Evaluaciones periódicas de riqueza de especies ó índices de diversidad y equidad (p.e. Shanon-Wiener).

<b>Tipo de ecosistema:</b> Lacustre mixohalino			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Actividades de la industria petrolera en áreas terrestres y lacustres			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Expansión de la instalación de pozos extractivos y de las redes de tuberías, y otros elementos	Disponibilidad del recurso suelo y aguas para uso tanto humano como de la biota.	Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos.

		infraestructurales asociados		
<b>Forma expresión</b>	<b>de</b>	No. de pozos de extracción de crudo y plantas industriales conexas; Km. de redes de tuberías	Pérdida de la calidad de las aguas y de los suelos para sostener vida vegetal y animal.	Superficie de suelo contaminada. No. de cuerpos de agua (o volúmenes) afectados en sus parámetros físicos y químicos.
<b>Forma monitoreo</b>	<b>de</b>	Evaluación periódica con sensores remotos de las superficies cubiertas (ha) y de las nuevas áreas intervenidas y estadísticas correspondientes bianuales	Mediciones periódicas de calidad de suelos y aguas, detectando la presencia de metales pesados en suelos y de transparencia (disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu\text{M}$ ), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu\text{g/l}$ ), Oxígeno (mg/l), (pH), potencial redox (mV), $T^a$ ( $^{\circ}\text{C}$ ), y conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ ) en aguas.	Conteo de desembarcos en puertos de la pesca y encuestas a los pobladores y pescadores. Monitoreo con sensores remotos de plumas de derrames petroleros y grasas.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Lacustre mixohalino			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Dragados, canalizaciones y embalses			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Modificación de los cursos y flujos de aguas superficiales	Características físico-químicas del suelo y aguas para la biota y ecosistemas en general	Desecamiento, salinización, anegación y otros signos de degradación de suelos y aguas.
<b>Forma expresión</b>	<b>de</b>	Incremento de períodos de sequía ó inundación edáfica. Aumento de valores de salinidad, conductividad, pH, etc.	Pérdida de la condición natural de las aguas y de los suelos generando alteraciones de la vida vegetal y animal y reordenamiento de las poblaciones previamente
			Pérdida de los componentes tróficos preexistentes y aparición de otras especies adaptadas (si posible) a nuevas condiciones ambientales

		existentes	
<b>Forma de monitoreo</b>	Monitoreo con visitas de campo y sensores remotos, senescencia de árboles, reducción de actividad clorofílica, etc.	Mediciones periódicas de suelos y aguas	Evaluaciones periódicas de la biota terrestre y acuática. Entrevistas con pobladores locales que realizan actividades de subsistencia ó productivas.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Lacustre mixohalino			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Uso indiscriminado de biocidas y fertilizantes en la CLM			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Uso no regulado de biocidas y fertilizantes para obtener sobreproducción de rubros agrícolas	Alteración de los parámetros físico-químicos normales de suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas	Contaminación de suelos y aguas con N, F y agroquímicos.
<b>Forma de expresión</b>	Kg /ha. Producción de rubros agrícolas (t/ha), en relación a la cantidad de fertilizantes y biocidas utilizados.	Contrastación con las normas de calidad referidas en la literatura, para detección de metales pesados en suelos y de transparencia (disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu$ M), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu$ g/l), Oxígeno (mg/l), (pH), potencial redox (mV), T <sup>a</sup> (°C), y conductividad ( $\mu$ S/cm).	Mortandad y reducción de especies nativas y su abundancia.
<b>Forma de monitoreo</b>	Estadísticas de las aplicaciones de biocidas y agroquímicos. Evaluación de la productividad en relación con la cantidad de fertilizantes y biocidas comparado con los rendimientos	Mediciones periódicas de calidad de los suelos y aguas	Evaluaciones periódicas de la biota terrestre y acuática. Monitoreo con sensores remotos de plumas de sedimentos, macrofitas acuáticas etc.

	y gastos de otras áreas de producción.		
--	--	--	--

## LAGO ATITLÁN, GUATEMALA



El Lago de Atitlán, de 100 km<sup>2</sup>, un volumen de 25 km<sup>3</sup> de agua y profundidad máxima de 324 m, se encuentra situado a 1562 msnm, en el departamento de Sololá, a 145 km al oeste de la Ciudad de Guatemala (Figura 9).



**Figura 9.** Imagen satelital con los sitios de muestreo (Modificación de imagen de Google Herat. Fuente: datos de campo) y mediciones en el Lago Atitlán.

El Lago es de gran importancia socioeconómica por los servicios ambientales que presta a las poblaciones de sus alrededores y la foránea; sirve como fuente de agua y alimentos, para el transporte, la recreación pues es considerado uno de los más bellos del mundo, por lo cual es un primordial destino turístico. Uno de los principales problemas, es que desde 2008 han ocurrido floraciones extensivas de cianobacterias, que han abarcado hasta 38% de su área superficial, lo que ha propiciado impactos negativos en las actividades económicas, como la disminución del turismo, de la actividad pesquera y el riesgo de intoxicaciones por la posible producción de cianotoxinas. La floración de cianobacterias es consecuencia de

presiones humanas, que incluyen contaminación causada por descargas de aguas residuales, de aguas mieles, malas prácticas agrícolas, turismo sin manejo adecuado y mala disposición de residuos sólidos. Aunado a esto, el cambio climático ha provocado incremento en la temperatura del agua y una mayor radiación solar, condiciones que favorecen las floraciones de cianobacterias principalmente de *Lyngbya* sp.

La Autoridad para el Manejo de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), ha detectado que 10 de los 15 municipios que se encuentran dentro de la Cuenca descargan directamente sus aguas residuales al mismo, ya sea por un sistema de drenaje o por escurrimiento superficial sin ningún tratamiento previo; los restantes municipios lo hacen de igual forma, pero a ríos y arroyos, que al final de su recorrido llevan esas aguas al Lago, que es el punto más bajo de la cuenca hidrográfica.

Esta situación afecta la calidad del agua y pone en peligro la salud, la seguridad alimentaria y el nivel de ingresos de los habitantes de la cuenca, que dependen en buena medida de los servicios ambientales suministrados por el Lago, como la actividad turística, la pesca y la provisión de agua para riego y otros usos humanos.

Según los resultados de las investigaciones realizadas en cuatro muestreos del Atitlán en 2009, aún presenta características de cuerpo de agua oligotrófico, sin embargo, los niveles de nutrientes se han incrementado, especialmente cerca de las poblaciones localizadas en sus riberas.

Los niveles de nitrógeno y fósforo, la transparencia del agua y sólidos en suspensión, así como las cianobacterias *Lyngbya* sp y *Microcystis* sp., son propuestos como indicadores de estado de la calidad del agua del lago de Atitlán.

### **Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistemas lacustres dulceacuícolas**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Sistema lacustre dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Alteración de la calidad del agua			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Volumen de descarga de aguas residuales no tratadas y esorrentía agrícola.	Densidad de fitoplancton. Concentración de nutrientes (P y N) en el Lago. Turbidez del agua, presencia de sólidos en el lago, sedimentación.	Floraciones de cianobacterias. Pérdida del espejo de agua. Disminución en la visibilidad del agua en el lago.

<b>Forma expresión</b>	<b>de</b>	Descargas de aguas residuales (m <sup>3</sup> /s); niveles de N, P (mg/l). Caudal de tributarios (m <sup>3</sup> /s) y Presencia de sólidos en el agua (m <sup>3</sup> ).	Conteo de organismos (unidades/m <sup>3</sup> ). Niveles de P y N (mg/l) Presencia de sólidos en el agua (m <sup>3</sup> ).	Cantidad de floraciones por año y sus duraciones. Frecuencia y duración en que la visibilidad del agua disminuye y hay incremento de sólidos en el lago.
<b>Forma monitoreo</b>	<b>de</b>	Muestreo periódico de aguas tributarias al Lago y de descargas residuales directas. Fotografías satelitales.	Toma periódica de muestras de agua y fitoplancton en el Lago.	Observación periódica del Lago y registro de fechas y duración de las floraciones e incremento de sólidos.

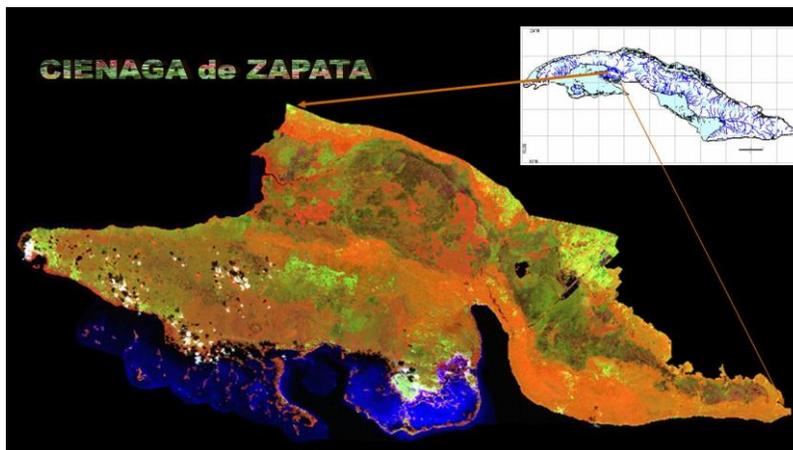
<b>Tipo de ecosistema:</b> Sistema lacustre dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación microbiológica del agua del Lago Atitlán.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Volumen de descargas de aguas residuales no tratadas.	Niveles de contaminación bacteriológica en agua del Lago.	Agua contaminada no apta para consumo y fines recreativos.
<b>Forma expresión</b>	<b>de</b> Caudal de tributarios (m <sup>3</sup> /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.
<b>Forma monitoreo</b>	<b>de</b> Toma periódica de muestras de aguas residuales de 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 sobre riesgos de uso y consumo por la población sobre enfermedades infecciosas de tipo hídrico.

## HUMEDAL CIÉNAGA DE ZAPATA, CUBA



Aprobada por la UNESCO como Reserva de la Biosfera en el año 2000 y también reconocida como Sitio Ramsar en el 2001, la Ciénaga de Zapata es el mayor humedal de Cuba y uno de los mayores de América Latina y el Caribe. Comprende una superficie total de 720 748 ha, donde 512 036 ha son terrestres y 208 711 ha son marinas. Asienta uno de los mayores reservorios de agua dulce del país, así como la mayor área de pantanos y marismas. Han sido aprobadas dentro de la misma cuatro áreas protegidas de diferentes categorías: el Parque Nacional Ciénaga de Zapata, el Elemento Natural Destacado Sistema Espeleolacustre y los Refugios de Fauna: Bermejas y Los Sábalos, ámbitos de abrigo de una notable biodiversidad (Figura 10).

La Ciénaga de Zapata está experimentando un conjunto de presiones asociadas al desarrollo de diversas actividades económicas dentro y fuera del humedal, con enfoques marcadamente sectoriales, que son causantes de los cambios ambientales. El desempeño hidráulico, forestal, turístico, pesquero, agrícola, junto a los procesos relacionados con la variabilidad climática, inciden en la ocurrencia de incendios forestales, el aumento de especies invasoras, modificación de los patrones de circulación del agua alteración del funcionamiento del bosque, contaminación de los cuerpos de agua, la fragmentación y deterioro de ecosistemas, la eutrofización de los cuerpos de agua, desencadenantes en impactos que implican en el detrimento de los resultados socioeconómicos y dificultades para la sostenibilidad ambiental, del territorio, entre otras.



**Figura 10.**

**La Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata en el contexto cubano.**

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en humedal interior con zona marina de interface.**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Usos intensivos del agua del humedal	Tendencias del gasto y la lluvia	Superficie de espejos de agua e Incremento de la salinidad
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (para gasto) mm (para lluvia, evapotranspiración)	m <sup>3</sup> /s (para gasto) mm (para lluvia)	ha (para espejos de agua) ml/m <sup>3</sup> (para la salinidad)
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s)	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s)	Foto interpretación y mediciones periódicas de la salinidad

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de hábitat.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Cambios de uso de la tierra	Cambio de cobertura vegetal	Disponibilidad de recursos (refugio, alimentación) de especies sombrilla.
<b>Forma de expresión</b>	(ha)	(ha x t)	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica por fotointerpretación y medición de la tasa de deforestación anual % Tdf	Análisis multitemporal de cobertura vegetal	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Presencia de especies invasoras			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Abundancia de cada especie invasora	No. de especies con comportamiento de invasoras	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.

<b>Forma de expresión</b>	No. individuos /UM	No. especies/ha/t	especies/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica (bianual)	Mediciones periódicas	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Variabilidad climática (sequías, huracanes)			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Duración e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos	Áreas afectadas por déficit o exceso hídrico	Costos de aplicación de medidas remediadoras
<b>Forma de expresión</b>	mm (para lluvia o sequía) Km/h (para viento)	ha	MM de pesos MN
<b>Forma de monitoreo</b>	Medición de la frecuencia e intensidad	Evaluación de los daños ocasionados (ha)	Evaluación de las pérdidas directas en MM de pesos

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Ocurrencia de incendios forestales			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Recurrencia y duración de los incendios forestales	Áreas afectadas	Costos de mitigación y rehabilitación de áreas de ignición
<b>Forma de expresión</b>	No. de eventos	ha	MM de pesos
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación del área	Medición de los daños ocasionados (ha)	Pérdidas directas en (MM de pesos)

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua			
<b>Problemática ambiental:</b> Eutrofización de cuerpos de agua.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Concentración de aguas contaminadas con N, F y agroquímicos que	Densidad de plantas acuáticas	Afectación de especies nativas; superficie de algas; migraciones;

		llegan al humedal desde zonas agrícolas		
<b>Forma expresión de</b>		m <sup>3</sup> /s (para caudal) ml/m <sup>3</sup> (para concentración)	Plantas acuáticas/ ha	sp/ha
<b>Forma monitoreo de</b>		Medición anual de caudal y concentración de N, F ml/m <sup>3</sup> .	Mediciones periódicas del comportamiento de la densidad	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de los niveles de las aguas superficiales			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Sequías; y aumento de explotación económica del agua	Tendencia en los niveles los ríos y otros cuerpos de agua	Pérdidas socioeconómicas
<b>Forma expresión de</b>	Miles m <sup>3</sup> (explotación) mm (precipitaciones)	Cotas absolutas (msnm)	Miles de pesos
<b>Forma monitoreo de</b>	Control de explotación y de las precipitaciones	Medición diaria de las precipitaciones; Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Seguimiento estadístico de costes de pérdidas productivas del agro y por tratamiento enfermedades de génesis hídrica

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de los niveles de las aguas subterráneas			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Profundización de sequías; aumento de explotación económica del agua	Niveles de los pozos y cenotes	Pérdidas socioeconómicas
<b>Forma expresión de</b>	mm de lluvia (sequía) Miles m <sup>3</sup> (para la explotación)	Cotas absolutas comparadas con las históricas (msnm)	Miles de \$
<b>Forma monitoreo de</b>	Control de explotación,	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Seguimiento estadístico de costes de pérdidas productivas del agro y por tratamiento enfermedades de génesis hídrica

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Salinización de acuíferos			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Avance cuña salina por sobreexplotación	Presencia de Cl, SST	Pozos con aguas salinas
<b>Forma de expresión</b>	En metros	mg/l de Cl y SST	Número de pozos afectados
<b>Forma de monitoreo</b>	Seguimiento de registros explotación, y por imágenes satelitales	Monitoreo por períodos hidrológicos (seco y húmedo)	Monitoreo semestral-análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación química			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	-Cantidad de fertilizantes utilizados en el agro -aguas residuales sin tratamiento	Concentración de elementos tóxicos en suelos y aguas residuales	- Enfermos por causas hídricas (personas); - Mortandad y afectación en las poblaciones de peces y crustáceos; - Afectaciones de hábitat
<b>Forma de expresión</b>	- kg/ha y total por cosechas (fertilizantes). - DQO - para agua residual	mg/l de los elementos toxicas y relación con la norma admisible	-Número de enfermos. -t/año para la pesca. -Número de conteo de especies.
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de usos de fertilizantes. Control de calidad del agua	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	-Monitoreo semestral. -Monitoreo anual. -Conteo anual.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación bacteriológica			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Descarga de aguas residuales sin tratamiento	Concentración de Coliformes totales, fecales y disminución de oxígeno disuelto	-Enfermedades hídricas de personas, Intoxicación. -Agua no apta para el

			cultivo de tubérculos. -Agua no apta para baños recreativos. - Alteración de la ictiofauna cavernícola.
<b>Forma de expresión</b>	DQO	NMP	-Número de enfermos e intoxicados. -t/cosecha de tubérculos contaminadas. -Impacto visual
<b>Forma de monitoreo</b>	Vigilancia semestral de los registros de la DQO y otros indicadores de calidad del agua	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	-Monitoreo semestral de enfermos. Los indicadores 2- 4 con monitoreo anual.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Inundaciones			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Capacidad de retener agua	Aumento de niveles de los ríos, áreas inundadas	Pérdidas socioeconómicas
<b>Forma de expresión</b>	Millones m <sup>3</sup>	Metros de aumento del nivel respecto a la media. Ha – áreas inundadas.	Miles de pesos por los daños y pérdidas en objetivos socioeconómicos. Número de viviendas afectadas y destruidas. Número de objetivos económicos afectados y destruidos.
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de los eventos meteorológicos extraordinarios.	Monitoreo al paso de los eventos meteorológicos extraordinarios.	Monitoreo de las afectaciones después del paso de los eventos hídricos extremos.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Aspectos socioeconómicos			
<b>Problemática ambiental:</b> Discordancias entre la política de desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad ambiental, económica y social del territorio.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Impacto ambiental de las políticas económicas y sociales	Conflicto de intereses ramales y falta de enfoque integral en la gestión del humedal	Aprovechamiento no sustentable de las potencialidades del humedal
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de políticas económicas y sociales ambientalmente exitosas	Cantidad y extensión de zonas bajo influencia de conflicto	Cantidad de servicios ambientales afectados
<b>Forma de monitoreo</b>	Revisión periódica de los instrumentos de política	Revisión de la cantidad y extensión de zonas de conflicto	Revisión periódica de los efectos ambientales, económicos y sociales de las políticas

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Aspectos socioeconómicos			
<b>Problemática ambiental:</b> Baja vinculación de la población local a la gestión del humedal			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Bajo nivel de estimulación y escaso sentido de pertenencia de la población local.	Cantidad de pobladores con conciencia ambiental	Nivel de bienestar material y social
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de pobladores que participan en actividades relacionadas con la conservación de los recursos naturales	Porcentaje de participación de la población local en actividades relacionadas con la conservación y la educación ambiental	Nivel de ingreso de la población
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de datos estadísticos	Comparación de datos estadísticos	Comparación de la cantidad de usos y beneficios que se revierten en el desarrollo endógeno