

## Capítulo 4. Desarrollo de indicadores y sistema de monitoreo

Las evaluaciones ambientales integrales (EAI) 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.

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, de modo que además, se hagan visibles las brechas ambientales, entre la realidad y la meta de sustentabilidad económica y su evaluación, social, ambiental e institucional. Ello 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 cuantificar y la pertinencia al hacerlo. Los indicadores son la respuesta inminente en esa dirección.

### 4.1 Los indicadores ambientales para la evaluación de humedales seleccionados

Una valoración sobre tipos de ambientes relevantes por su diversidad, riqueza y riesgo, evidenció a los humedales como ámbitos 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).

Esos referentes, junto a las propias indagatorias planteadas por el proyecto compulsaron la demanda de:

- *Conformar un sistema de indicadores, para evaluar presiones, estados e impactos inherentes a los humedales, 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) en atención de la propia integralidad demandada, 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 de los propósitos se concretó con el presente resultado que además de los propios indicadores, probó su eficiencia en la evaluación de impacto.

Obligado referente de partida fue la conceptualización que sirve de soporte al tema, para la realización de un adecuado abordaje práctico, inexcusable momento para el mayor y mejor entendimiento entre científicos, pero también con los gestores y decisores de los distintos contextos.

### *Aspectos teórico- práctico mundiales y conformación de un criterio de trabajo*

Los indicadores han ocupado un espacio creciente en el panorama ambiental, configurando 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, 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 sobre la construcción de indicadores conmensurables (<http://www.ine.gob.mx/>) y los cualitativos, e incluso la conjunción de ambos. Esos elementos hacen valer el partir de la reflexión conceptual.

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, donde las siguientes explicaciones abundan:

- 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 cómo 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 cómo se responde a dicha situación ambiental. Los indicadores se expresarán en un valor numérico y pretenden sintetizar información.

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, en el espacio y el tiempo, 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 en particular 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 entendimiento de la calidad ambiental, el monitoreo, la participación rehabilitadora, y la asunción de políticas públicas.

Colegiada la idea sobre indicadores, es conveniente 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 valedero 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:

-modelo Presión-Estado-Respuesta

-modelo Fuerzas motrices-Presión-Estado-Impacto-Respuesta".

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 abordaron en el proyecto.

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.

Dentro de la urdimbre teórico- metodológica, el modelo GEO es una interesante propuesta, por cuanto 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 lo ambiental. El modelo reconoce "la importancia crítica de contar con **datos e indicadores** adecuadamente seleccionados, porque la pobreza de la información puede traducirse en malas decisiones (Jäger, et al., 2008).

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

### ***Conformación de los indicadores para la evaluación ambiental integral de los humedales***

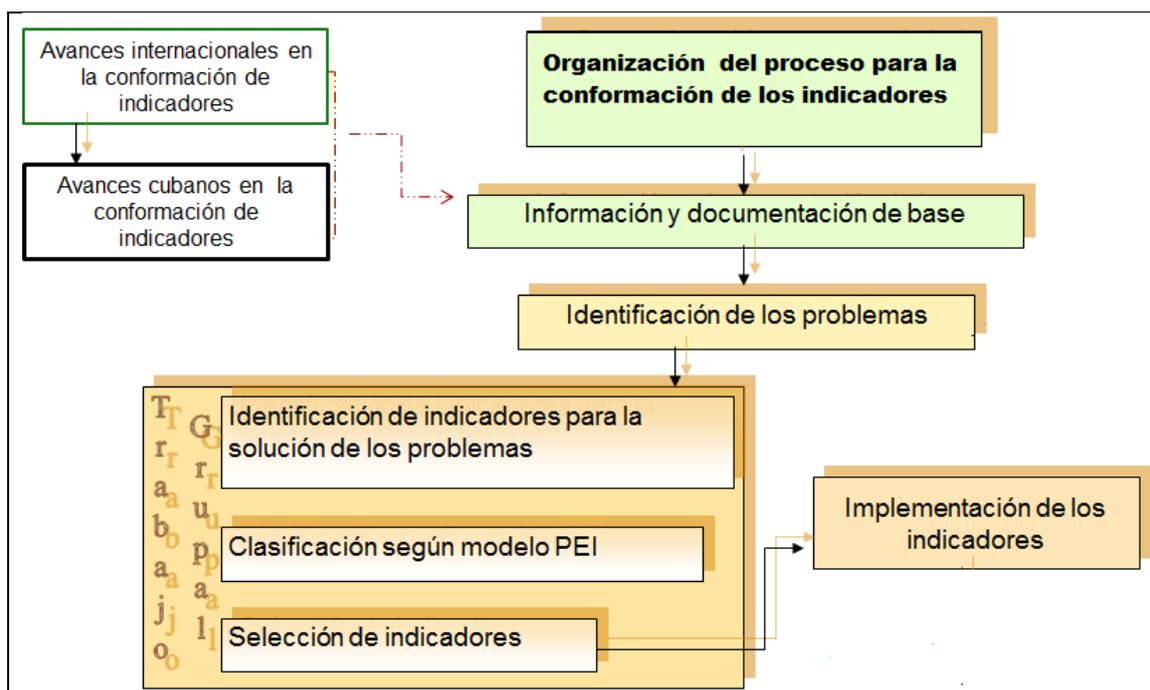
La conformación de los indicadores se adecua al modelo según el cual deben identificarse. GEO-4 identifica como clave el modelo que incluye fuerzas motrices (FM)- presiones (P)- estado (E)- impacto (I)- respuesta (R). En cada caso es necesarios identificar los indicadores más adecuados para realizar 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. 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 ello el diseño fue exhaustivo y minucioso, y tomó en cuenta todos los elementos que comprende la Figura 33.



**Figura 33. Esquema conceptual del proceso para la conformación de los indicadores PEI para los humedales cubanos.**

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 impacto, y la conectividad entre indicadores, 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. Es valedero aclarar sin embargo que no se definieron indicadores para las fuerzas motrices ni las respuestas, pues requerían un nivel de información en materia de planificación del desarrollo y tendencias del mismo, que involucraban incluso escenarios internacionales, que escapaban a las posibilidades del proyecto. Ello no mengua la valides de la elucidación a la que se arribara, en tanto que se manejan los elementos más inmediatos, tangibles y persistentes en la vida del humedal. El anexo 2 detalla el contenido de los indicadores determinados.

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, pero en especial se consideró lo realizado nacionalmente, pues son detectables aportes elocuentes. En todo ello a las estadísticas nacionales (ONEI, 2012)

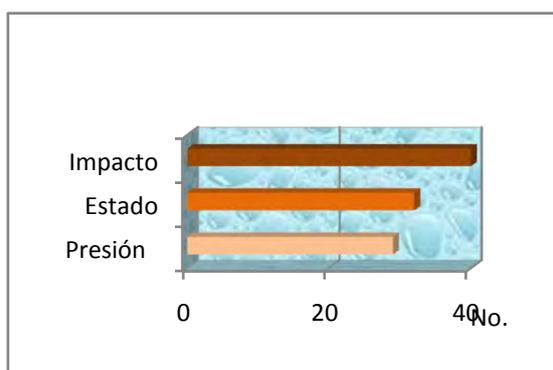
se le confirió mucho interés, por cuanto consignan todo un conjunto de información cuantitativa de carácter oficial, que se puede seguir en el tiempo, y que argumenta todo lo relativo al acontecer socioeconómico, brindando un fundamento a los aspectos relevantes en el orden territorial.

Los propios problemas identificados jugaron un papel orientador, en tanto que al definirlos, se establecieron las primicias sobre las presiones dadas, los cambios en el estado y los impactos sucedidos, de modo que solo se requirió elucidar sobre las diversas expresiones desde las cuales se manifestaban.

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. En la selección del grupo experto se consideró como clave el principio multidisciplinario, de modo que participaron: geógrafos, biólogos, bioquímicos, geólogos y agrometeorólogos para acometer un proceso objetivo y eficaz.

Existieron al respecto diferentes momentos:

- Documentación individual sobre las problemáticas internacionales y nacionales de los humedales y la identificación de indicadores.
- Conformación particular de los indicadores necesarios de acuerdo con la especialización de los participantes.
- Trabajo grupal de socialización y clarificación de las propuestas individuales.
- Trabajo grupal para el recorte del listado primario, en función de la necesidad temática, viabilidad informativa y presencia en la literatura especializada (buscando la comparabilidad en un universo amplio).



**Figura 34. Número de indicadores por componentes del modelo PEI.**

El sistema de indicadores conformado (Anexo 2) incluye de modo integral las correspondencias dadas entre P-E- I, lo que coadyuva a un mejor ejercicio exploratorio (Figura 34), y lo distingue de otras experiencias internacionales donde dichas correspondencias no se establecen integralmente, creando en definitivas evaluaciones irregulares y poco comparables en lo espacio- temporal.

Se consideró importante visionar también aspectos utilitarios. En tal sentido se discurió sobre la capacidad de los humedales de proporcionar 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 colocó una perspectiva interesante, en tanto que se hizo evidente la necesidad de sopesar diferentes elementos de valor del humedal que frecuentemente se omiten, permitiendo desde un universo amplio visionar con mayor pertinencia las aristas diversas que interactúan, los riesgos pero también las alternativas viables en términos de su rehabilitación y conservación.

Una aplicación esencial fue la realizada dentro del sistema de información geográfica (SIG) del proyecto, que sirvió 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.

Los indicadores elaborados han sido confrontados en diversos contextos internacionales como parte de un ejercicio comparativo en la materia (Red CYTED, Fernández, et al., 2013 y 2014), que evidenció la posibilidad de identificar de forma disímil, pero con adecuada aplicabilidad las elucidaciones que de los mismos dimanaban, en un ecosistema de alta complejidad como es el humedal.

Es constatable sin embargo que las mayores certidumbres se alcanzaron dentro del propio proyecto, con su aplicación al estudio integral. En tal sentido la aplicación al análisis del impacto ambiental siguió un manejo riguroso, pero evidenció resultados pertinentes en los humedales de interés, aspecto explicitado en el Capítulo 5.

El ejercicio de implementación se desarrolló con participación parcial del equipo de trabajo gestor de los indicadores (50 % de los participantes), pero integrando nuevos investigadores con formación geográfica y poca experiencia en estos empeños, al efecto de medir la facilidad en la asimilación del contenido de los indicadores, la accesibilidad de la información necesaria y ductilidad gestionaora del indicador.

La disparidad informativa entre los humedales, así como en relación con los temas claves, determinó que se empleara una escala de cero a cinco puntos para estimar los impactos reflejados con el indicador, donde se consideró: 0 cuando el impacto no se manifestaba; 1 punto cuando lo hacía con baja presencia y repercusión; 3 si era media su intervención y 5 puntos cuando resultaba marcada, con secuelas en otros temas y problemas.

Esos mismos criterios se manejaron en la conformación del mapa que distingue espacialmente los impactos experimentados. Al efecto se utilizó la totalización puntual alcanzada en cada caso.

Aun cuando la diversidad en los ámbitos examinados fue notable (latitud geográfica, grado de intervención in situ y ex situ, situación poblacional, entre otras), las problemáticas ambientales observadas tienen alta similitud y coherencia, pero además con mayor o menor intensidad se replican en los diferentes contextos haciendo homologable y viable el manejo de los indicadores. En toda esa urdimbre y de acuerdo a los propios resultados obtenidos pudo constatarse la presencia de incidencias de mucho peso, en temas como el del agua (y en asociación el clima) y en la diversidad biológica. La gestión socioeconómica, aunque no es sobresaliente en estos espacios, merece atención diferenciada en tanto que es la generadora de las presiones observadas en el presente y potencialmente las del futuro.

En relación con las presiones se elocuencia su significación en tanto que son capaces de asociarse al menos 20 problemáticas ambientales, que con los matices dados por la intensidad del manejo, la habilidad gestionadora y el propio posicionamiento geográfico, encuentra disímiles expresiones constatables en los indicadores de cambio de estado e impactos. Se hace muy evidente además, la fuerte conectividad existente en la cadena de 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 los diferentes espacios.

En tal sentido los humedales comportan un excelente exponente, en cada ecosistema seleccionado los indicadores diseñados de presión (P), estado (E), impacto (I), sirvieron de fundamento orientador a las evaluaciones realizadas dentro del proyecto.

Desde tales premisas fue factible conformar una herramienta propia, útil y accesible a los diversos actores que interactúan con los humedales, pero ciertamente la consistencia y solidez alcanzada hace viable la validez en el más amplio universo de análisis, en tanto que pueden extenderse a otros marcos, visionando las diferentes aristas dadas en cualquier ambiente objeto.

En la Tabla 7 se muestran algunos ejemplos de estos indicadores.

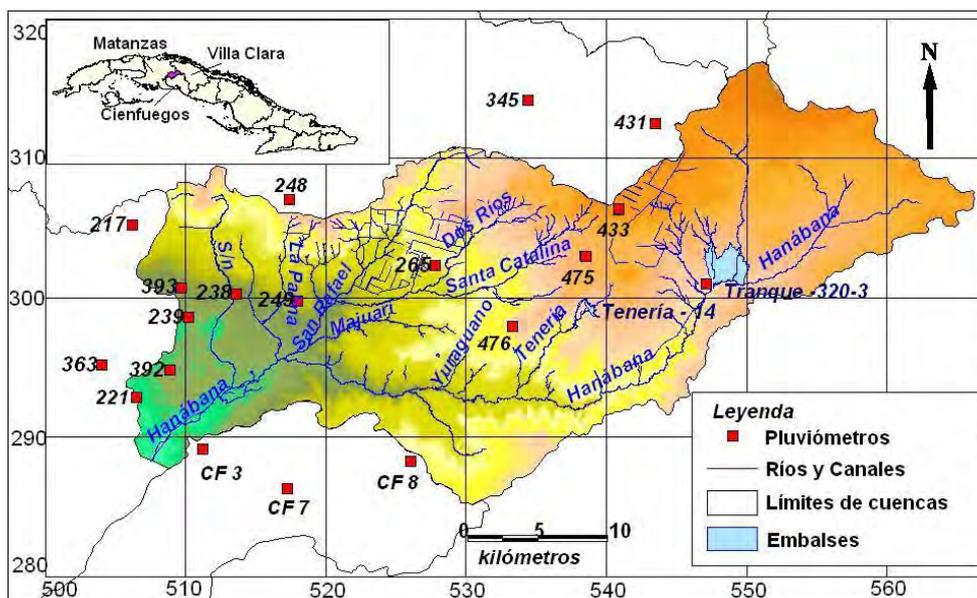
**Tabla 7. Problemática ambiental:** Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal

<b>Indicador de ESTADO</b>	Déficit hídrico
<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Disminución de los aportes de agua al humedal
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Disminución de los espejos de agua e Incremento de la salinidad

Una de las cuencas donde estos indicadores ya han comenzado a aplicarse es en la cuenca Hanábana, la cual constituye el principal portador de la Ciénaga Oriental de Zapata, por lo que una variación en las precipitaciones afectaría directamente el comportamiento del escurrimiento del mayor humedal de Cuba, donde el principal problema es el desequilibrio hídrico. Esta porción oriental ha sufrido a lo largo de más de 40 años innumerables modificaciones antrópicas, las cuales, unido a la variabilidad de las precipitaciones, han transformado el comportamiento hídrico de la misma.

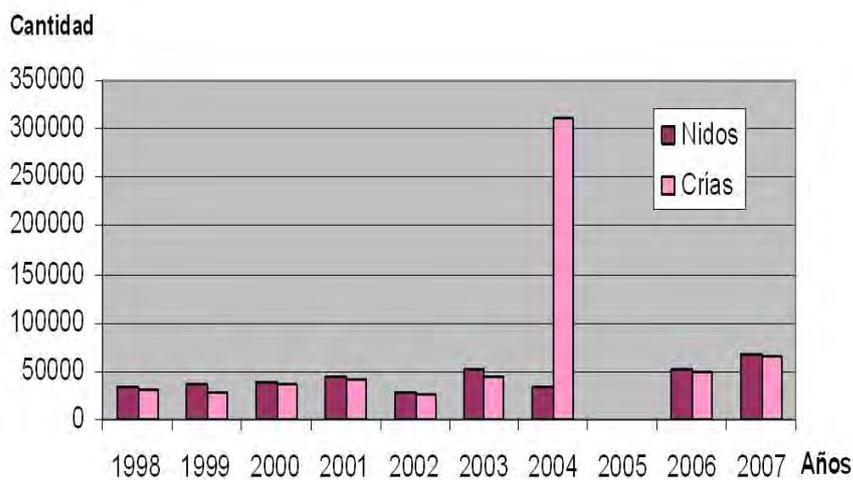
Rodríguez, Petrova y Winograd (2011) plantean un cambio de tendencia en las lluvias medias anuales de la cuenca en 1980, a partir del cual se desarrolla un ciclo de características secas ( $p=63\%$ ). El período 1981 – 2008 muestra una tendencia decreciente. Debido a la disminución de las precipitaciones en el periodo 1991 – 2008, hay una afectación entre el 5% y el 15% del volumen de escurrimiento que aporta la cuenca Hanábana hacia la parte oriental del Humedal Ciénaga de Zapata.

Estos autores corroboraron que los periodos que reflejan los cambios en la variabilidad de las precipitaciones a escala local no coinciden, a partir de 1961, con los establecidos a escala global por la Organización Mundial de Meteorología. Esto indica la necesidad investigar la variabilidad de las precipitaciones territorialmente antes de proceder a evaluar y/o predecir una variable hidrológica y para realizar las tomas de decisiones. De ahí la importancia del empleo de estos indicadores. La existencia de una red de pluviómetros en esta cuenca facilitan este sistema de monitoreo (Figura 35)



**Figura 35. Red de pluviómetros de la cuenca hidrográfica Hanábara**  
Fuente: Rodríguez, K., V. Petrova y L. Winograd (2011)

En el humedal Río Máximo la insuficiente disponibilidad de agua debido a la construcción de tres embalses, cinco micropresas, tres derivadoras y canalizaciones sucesivas ha tenido un impacto significativo en la biodiversidad. Esta situación se ha agravado por los efectos de la sequía iniciada en 1997 que provocó una reducción en las lluvias con respecto a los valores históricos y que fue acentuada en el año 2004 con un déficit de 567.8 mm, situación mantenida hasta julio de 2005. Este año fue clasificado como el más seco de los últimos 75 años. (Boletín Estadístico INRH. Camagüey 2007). Un indicador de los efectos de la sequía se refleja en la Figura 36 donde se muestra una disminución drástica de la cantidad de nidos y crías de flamencos en el período 2004 - 2005, en éste último año no existió nidificación por encontrarse totalmente alterado el equilibrio ecológico en el refugio de fauna Río Máximo.



**Figura 36. Cantidad de nidos y crías de flamencos en el período 1998-2007**

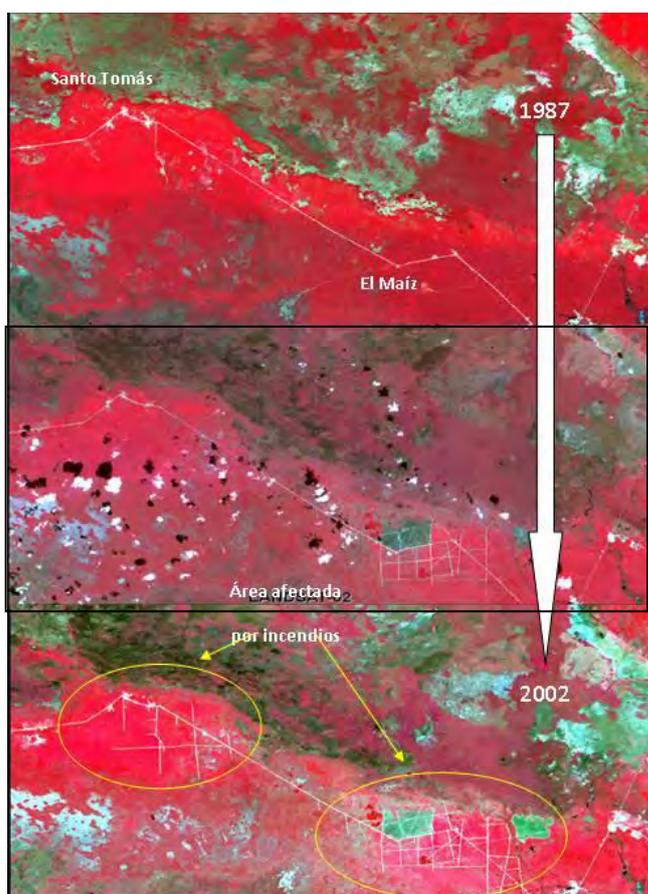
Otro ejemplo de la aplicación de los indicadores

PEIR es para la problemática pérdida de hábitat en la Ciénaga de Zapata (Tabla 8).

**Tabla 8. Problemática ambiental: Pérdida de hábitat**

<b>Indicador de ESTADO</b>	Cambio de cobertura vegetal
<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Cambios de uso
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Variación de la disponibilidad de recursos (refugio, alimentación) de especies sombrilla.

La ocurrencia de reiterados incendios forestales en el sector (Santo Tomás- San Lázaro- Los Arroyones) en la Ciénaga de Zapata (Figura 37) ha provocado cambios notables en



la cobertura vegetal con las consiguientes afectaciones en el hábitat de numerosas especies de la flora y la fauna. Los reiterados incendios han provocado la pérdida y alteración de una parte considerable de los suelos por combustión de la materia orgánica, erosión hídrica y una alteración de la morfología del diente de perro (campos de lapiéz). Sus consecuencias en un periodo a mediano y a largo plazo pueden comprometer los servicios ambientales de los ecosistemas de la Ciénaga de Zapata.

**Figura 37. Secuencia del deterioro de los bosques en el sector (Santo Tomás- San Lázaro- Los Arroyones) Ciénaga de Zapata desde 1987-2002. Fuente: Labrada et al, 2010.**

La fragmentación de la cobertura vegetal debido a las actividades de supresión (construcción de trochas cortafuegos), provoca el desarrollo de procesos erosivos y disminuye la calidad del paisaje, ocasiona la fragmentación del ecosistema original con la consecuente disminución espacial del hábitat, su distribución y continuidad. Esto significa que una población que vive en un hábitat original se ve reducida a un tamaño total más pequeño, es decir que son divididos en poblaciones múltiples.

La fragmentación de la cobertura vegetal debido a las actividades de

La ausencia de ríos permanentes en la zona meridional de la Ciénaga de Zapata, y la topografía del terreno provocan que en períodos prologados poco lluviosos exista menos humedad, favoreciendo las condiciones para la ocurrencia de incendios. Por otra parte las cuencas del río Hanábana y Hatiguanico, ubicadas al Norte del área de incendio presentan modificaciones del drenaje por la construcción de canales, viales, etc. lo que ha provocado alteraciones en el régimen del escurrimiento superficial en estas cuencas.

Otra de las causas de deterioro de la cobertura vegetal está relacionada con el hecho de que en las áreas devastadas por los incendios se ha establecido una vegetación secundaria que en muchos casos limita la recuperación del bosque, al impedir la

regeneración natural de las especies originales. En las zonas donde ocurrieron los incendios del 2002 y del 2007, la materia orgánica que conforma estos suelos fue consumida por las llamas en el 80%, con daños irreversibles en muchos casos.

Los ecosistemas degradados por el fuego pueden recuperarse relativamente de forma natural o sustituirse por ecosistemas de reemplazo, a veces muy simplificados, debiendo tomarse medidas para restituir, en lo posible, su biodiversidad y establecer un monitoreo a largo plazo para saber cómo funcionan estos procesos.

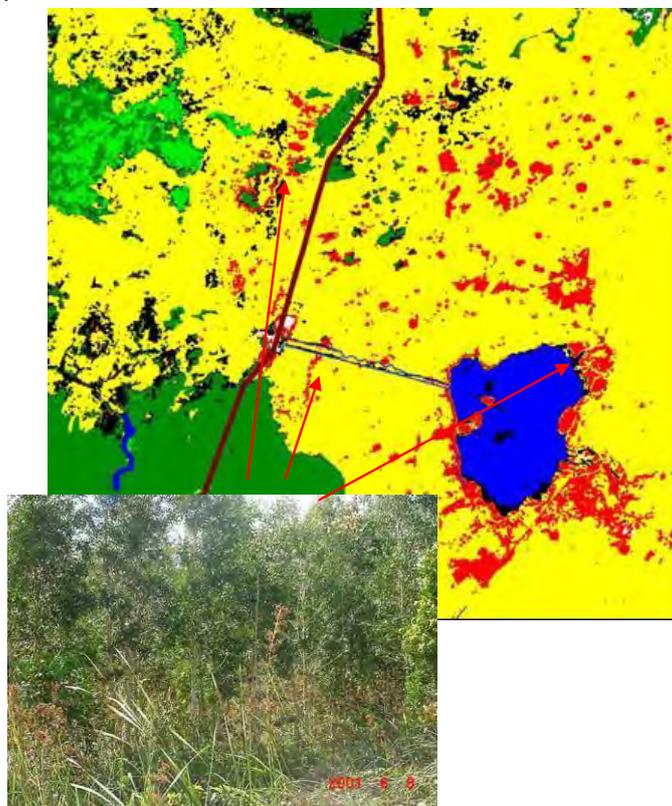
La presencia de especies invasoras tanto de la fauna como la flora es otra de las problemáticas, que por su incidencia en el ecosistema de humedal es preciso monitorear y controlar. Con este fin se propone la Tabla 9 de indicadores PEIR

**Tabla 9. Problemática ambiental: Presencia de especies invasoras**

<b>Indicador de ESTADO</b>	# de especies con comportamiento de invasoras
<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Abundancia de cada especie invasora
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.

Las principales especies de la flora con comportamiento de invasoras en el humedal Ciénaga de Zapata son la Melaleuca, la Casuarina, el Marabú, la Leucaena y el Mirofilum.

La *Melaleuca leucadendrom* (Figura 38) presenta los mayores niveles de infestación (en los herbazales de ciénaga alrededor de la Laguna del Tesoro). Aunque su presencia se ha expandido por otras áreas del humedal donde ha encontrado condiciones favorables para su desarrollo.



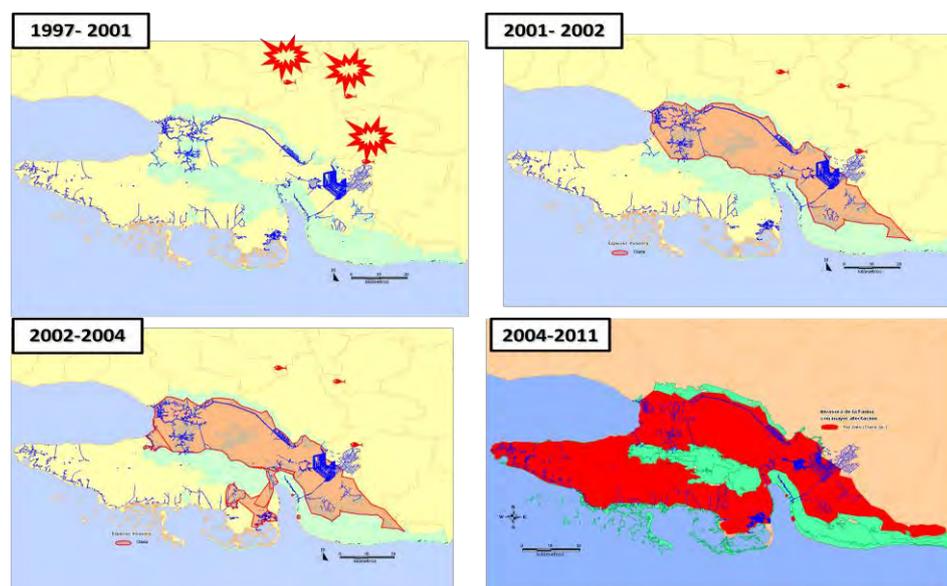
**Figura. 38. Presencia de Melaleuca en los alrededores de la Laguna del Tesoro.**

La aplicación de un conjunto de medidas para el control o eliminación de estas especies tales como: tala de árboles, aplicación de herbicida (Glyphosate 0.1 %) y eliminación de las plántulas, entre otras, ha permitido reducir el indicador sp/ha, según se muestra en la Tabla 9 en los valores:

**Tabla 9. Reducción del indicador sp/ha mediante la aplicación de medidas de control.**

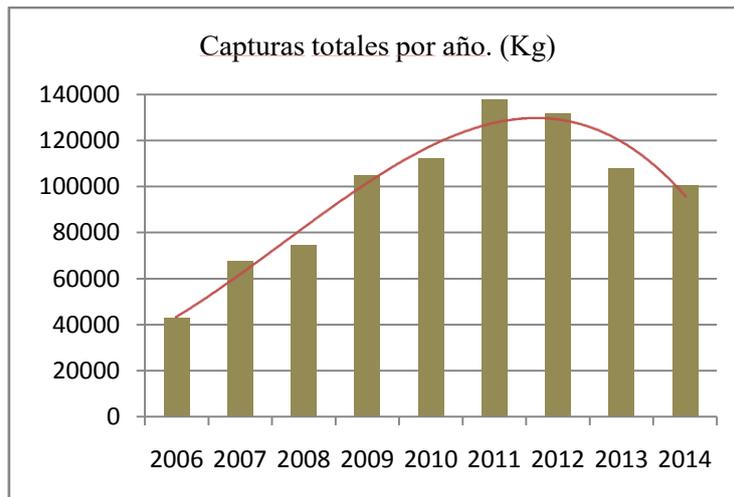
Especies invasoras	Reducción indicador sp/ha
Melaleuca	619.9 ha
Casuarina sp	145 ha
Marabú / Casuarina	909.9 ha
Leucaena	48.0 ha

En cuanto a la fauna la principal especie invasora en este humedal es el *Claria gariepinus*. Un posible indicador para evaluar la incidencia de esta especie es la determinación del área de expansión en el tiempo, como se muestra en la Figura 39.



**Figura 39. Dinámica espacio temporal de la invasión del Clarias en la Ciénaga de Zapata.**

La implementación de las medidas enmarcadas en el programa de manejo adaptativo del clarias han permitido una reducción considerable de las poblaciones en el tiempo lo cual se puede medir a través del indicador capturas/año (Figura 40)



**Figura 40. Dinámica de las capturas del clarias entre los años 2006-2014.**

La relación entre la calidad del agua de consumo y las enfermedades gastrointestinales se puede expresar a través de indicadores de costos de tratamiento médico. La Tabla 10, muestra los costos del tratamiento de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA), que es la segunda causa de morbilidad de ese territorio, debido al consumo de agua de pozos sin tratamiento en 10 poblados de la Ciénaga de Zapata

**Tabla 10. Costo de las Enfermedades Diarreicas Agudas en la Ciénaga de Zapata.**

Años	Costo unitario
2008	37.09
2009	45.13
2010	54.45
2011	49.06
2012	44.01

Fuente: L. Olmo, 2014.

#### **4.2 Propuesta de sistema de monitoreo basado en indicadores PEIR**

Uno de los propósitos principales de las Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI) basadas en el enfoque GEO es el monitoreo permanente del estado del medio ambiente a escala global, regional y local. Con este fin, como parte de las tareas del proyecto se desarrolló un sistema de monitoreo basado en el empleo de indicadores ambientales elaborados. El monitoreo permite analizar continuamente la evolución de las presiones, estados e impactos, así como el grado de cumplimiento de las metas y objetivos programados.

Para la conformación del sistema de monitoreo se emprendió un trabajo exhaustivo, donde se involucraron las tendencias mundiales que se vienen promoviendo en la materia, los criterios de expertos y la experiencia de los grupos de investigación de la Red 411RT0430 del Programa CYTED, de la cual el presente proyecto es contraparte nacional.

De esta forma, fue factible conformar una herramienta propia, de fácil implementación, que puede ser útil y accesible a los diversos actores con intereses investigativos y

prácticos en los ecosistemas de humedales, aunque es evidente que sus valores pueden extenderse a otros ambientes.

En el proceso de trabajo los propios problemas identificados jugaron un papel importante, en tanto que al definir las causas modificadoras del contexto, se establecen las primicias sobre las presiones dadas, los cambios en el estado y los impactos sucedidos. Durante el trabajo se utilizaron, como herramientas de apoyo el análisis grupal y el sistema de información geográfica (SIG).

El sistema de monitoreo se sustenta en indicadores cuantitativos para evaluar las presiones, estado e impactos en diferentes ecosistemas de humedales, conforme a problemáticas ambientales concretas (Anexo 2). La propuesta de monitoreo comprende 69 indicadores para una amplia diversidad de ecosistemas que incluyen humedales de interface, humedal deltaico mixohalino, lagunas litorales marino costera, bosque natural, vegetación acuática natural, humedales interiores dulceacuícolas, cuerpos de agua dulceacuícola, bosque de ciénaga, herbazales de ciénaga, bosque de mangles, entre otros. Para cada indicador se brinda la forma de expresión, la frecuencia y forma en que debe ser monitoreado, según se establece en las Tablas 11-15.

**Tabla 11. Ejemplo de monitoreo de la eutrofización de cuerpos de agua.**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con de interface marina			
<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 llegan al humedal desde zonas agrícolas	Densidad de plantas acuáticas x ha	Disminución de especies nativas
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (para caudal) ml/ m <sup>3</sup> (para concentración)	D/ ha	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Medición anual de caudal y concentración de N, F ml/ m <sup>3</sup> .	Mediciones periódicas de D/ ha	Mediciones periódicas de abundancia de especies.
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

**Tabla 12. Ejemplo de monitoreo de la salinización de acuíferos.**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Salinización de acuíferos			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Sobrexplotación, avance cuña salina por la sequía	Aumento de CL, SST	Empeoramiento de calidad de agua

<b>Forma de expresión</b>	Avance de cuña salina, en metros	mlg/l de Cl y SST	Número de pozos afectados
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de explotación	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Monitoreo semestral-análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

Tabla 13. Ejemplo de monitoreo de la contaminación química.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación química			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Cantidad de fertilizantes utilizados, aguas residuales sin tratamiento	Concentración de elementos tóxicos	-Enfermedades hídricas de personas -Muerte y afectación en las poblaciones de peces y crustáceos. -Afectaciones de hábitat y especies, muerte y migraciones.
<b>Forma de expresión</b>	kg/ha y total por cosechas para fertilizantes. DQO - para agua residual	mlg/l de los elementos toxicas y relación con la norma admisible	-Número de los enfermos. -t/año para la pesca. -Numero 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>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

Tabla 14. Ejemplo de monitoreo de la contaminación bacteriológica.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación bacteriológica			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<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 los cultivos tubérculos. -Agua no apta para baños de playa. - Alteración de ictiofauna

			cavernícola.
<b>Forma de expresión</b>	DQO	NMP	-Número de los enfermos e intoxicados. -t/cosecha de tubérculos. -Monitoreo visual
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de calidad del agua	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	-Monitoreo semestral de enfermos. 2, 4 – monitoreo anual.
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

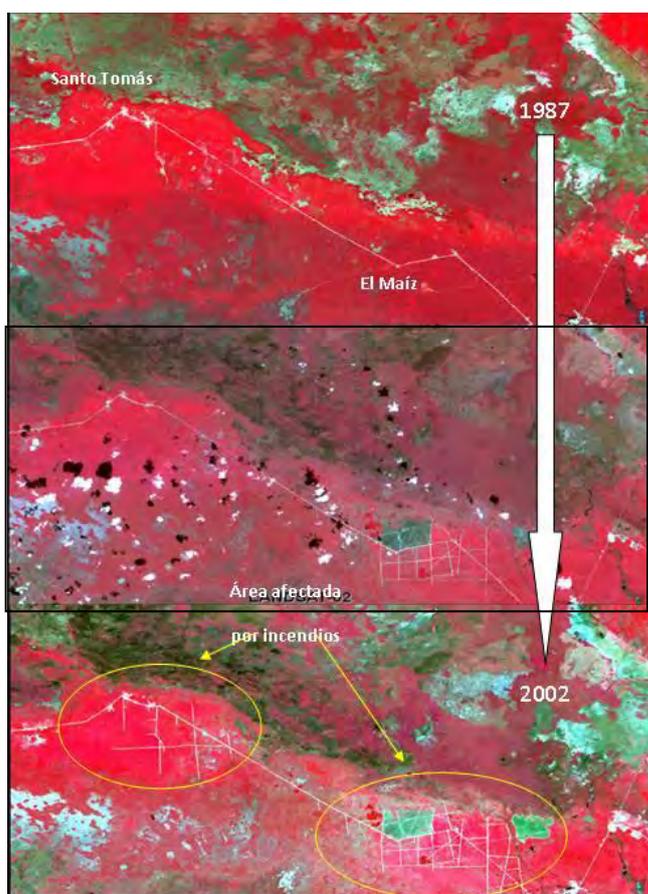
Tabla 15. Ejemplo de monitoreo de la fragmentación de hábitat natural.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque natural			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Fragmentación del hábitat natural			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación: biodiversidad</b>	Expansión de la frontera agrícola y ganadera.	Número de fragmentos de bosque en un área	Medición de vegetación secundaria
<b>Forma de expresión</b>	% de reducción del área de páramo	% con relación al área	Número de especies por fragmento
<b>Forma de monitoreo</b>	Censos anuales de riqueza florística en parcelas pre definidas	Comparaciones reiteradas del % con relación al área	Comparaciones reiteradas del número de especies por fragmento
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Anual	Anual	Anual

**Tabla 8. Problemática ambiental: Pérdida de hábitat**

<b>Indicador de ESTADO</b>	Cambio de cobertura vegetal
<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Cambios de uso
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Variación de la disponibilidad de recursos (refugio, alimentación) de especies sombrilla.

La ocurrencia de reiterados incendios forestales en el sector (Santo Tomás- San Lázaro- Los Arroyones) en la Ciénaga de Zapata (Figura 37) ha provocado cambios notables en



la cobertura vegetal con las consiguientes afectaciones en el hábitat de numerosas especies de la flora y la fauna. Los reiterados incendios han provocado la pérdida y alteración de una parte considerable de los suelos por combustión de la materia orgánica, erosión hídrica y una alteración de la morfología del diente de perro (campos de lapiéz). Sus consecuencias en un periodo a mediano y a largo plazo pueden comprometer los servicios ambientales de los ecosistemas de la Ciénaga de Zapata.

**Figura 37. Secuencia del deterioro de los bosques en el sector (Santo Tomás- San Lázaro- Los Arroyones) Ciénaga de Zapata desde 1987-2002. Fuente: Labrada et al, 2010.**

La fragmentación de la cobertura vegetal debido a las actividades de supresión (construcción de trochas cortafuegos), provoca el desarrollo de procesos erosivos y disminuye la calidad del paisaje, ocasiona la fragmentación del ecosistema original con la consecuente disminución espacial del hábitat, su distribución y continuidad. Esto significa que una población que vive en un hábitat original se ve reducida a un tamaño total más pequeño, es decir que son divididos en poblaciones múltiples.

La fragmentación de la cobertura vegetal debido a las actividades de

La ausencia de ríos permanentes en la zona meridional de la Ciénaga de Zapata, y la topografía del terreno provocan que en períodos prologados poco lluviosos exista menos humedad, favoreciendo las condiciones para la ocurrencia de incendios. Por otra parte las cuencas del río Hanábana y Hatiguanico, ubicadas al Norte del área de incendio presentan modificaciones del drenaje por la construcción de canales, viales, etc. lo que ha provocado alteraciones en el régimen del escurrimiento superficial en estas cuencas.

Otra de las causas de deterioro de la cobertura vegetal está relacionada con el hecho de que en las áreas devastadas por los incendios se ha establecido una vegetación secundaria que en muchos casos limita la recuperación del bosque, al impedir la

regeneración natural de las especies originales. En las zonas donde ocurrieron los incendios del 2002 y del 2007, la materia orgánica que conforma estos suelos fue consumida por las llamas en el 80%, con daños irreversibles en muchos casos.

Los ecosistemas degradados por el fuego pueden recuperarse relativamente de forma natural o sustituirse por ecosistemas de reemplazo, a veces muy simplificados, debiendo tomarse medidas para restituir, en lo posible, su biodiversidad y establecer un monitoreo a largo plazo para saber cómo funcionan estos procesos.

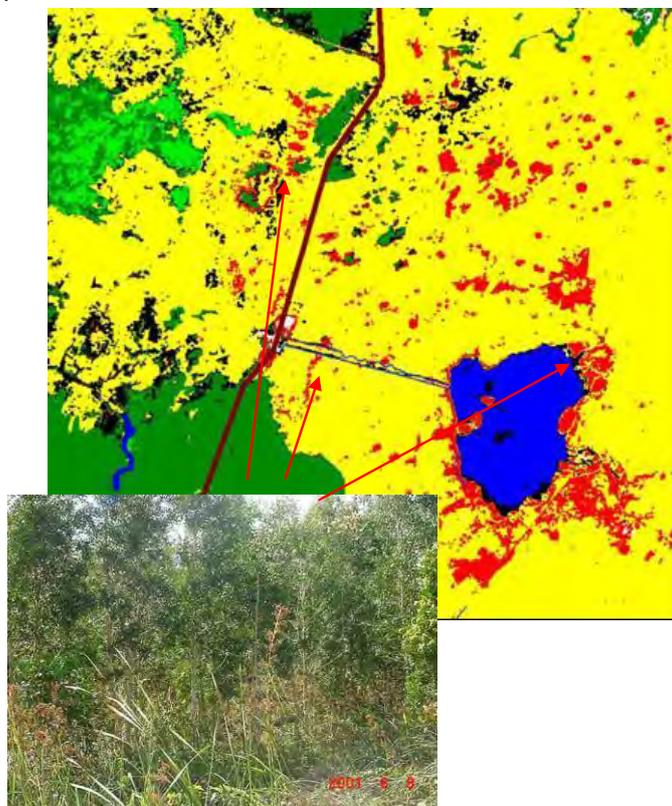
La presencia de especies invasoras tanto de la fauna como la flora es otra de las problemáticas, que por su incidencia en el ecosistema de humedal es preciso monitorear y controlar. Con este fin se propone la Tabla 9 de indicadores PEIR

**Tabla 9. Problemática ambiental: Presencia de especies invasoras**

<b>Indicador de ESTADO</b>	# de especies con comportamiento de invasoras
<b>Indicador de PRESIÓN</b>	Abundancia de cada especie invasora
<b>Indicador de IMPACTO</b>	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.

Las principales especies de la flora con comportamiento de invasoras en el humedal Ciénaga de Zapata son la Melaleuca, la Casuarina, el Marabú, la Leucaena y el Mirofilum.

La *Melaleuca leucadendrom* (Figura 38) presenta los mayores niveles de infestación (en los herbazales de ciénaga alrededor de la Laguna del Tesoro). Aunque su presencia se ha expandido por otras áreas del humedal donde ha encontrado condiciones favorables para su desarrollo.



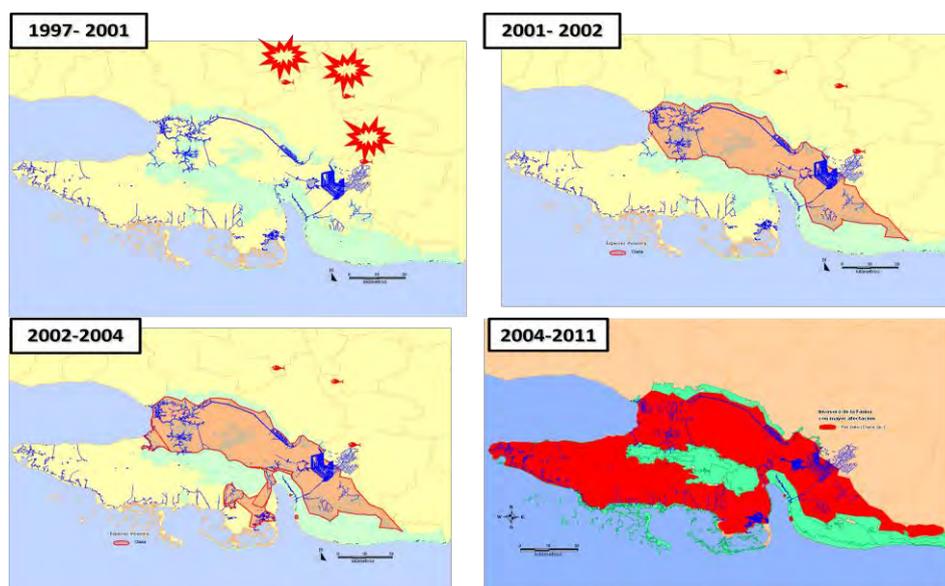
**Figura. 38. Presencia de Melaleuca en los alrededores de la Laguna del Tesoro.**

La aplicación de un conjunto de medidas para el control o eliminación de estas especies tales como: tala de árboles, aplicación de herbicida (Glyphosate 0.1 %) y eliminación de las plántulas, entre otras, ha permitido reducir el indicador sp/ha, según se muestra en la Tabla 9 en los valores:

**Tabla 9. Reducción del indicador sp/ha mediante la aplicación de medidas de control.**

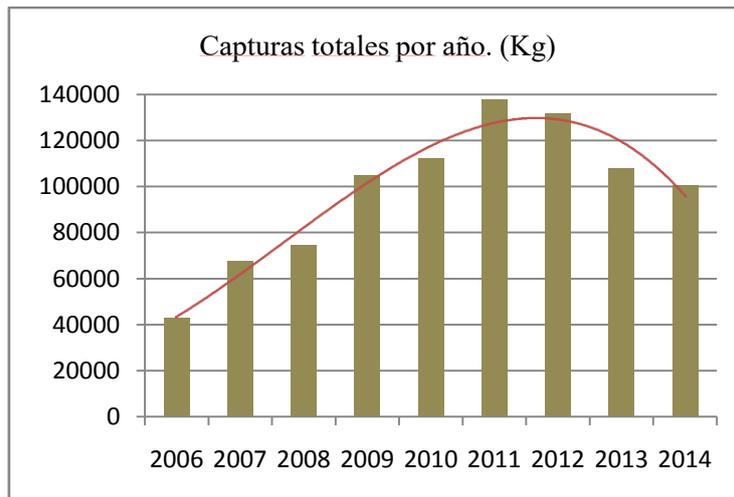
<b>Especies invasoras</b>	<b>Reducción indicador sp/ha</b>
Melaleuca	619.9 ha
Casuarina sp	145 ha
Marabú / Casuarina	909.9 ha
Leucaena	48.0 ha

En cuanto a la fauna la principal especie invasora en este humedal es el *Claria gariepinus*. Un posible indicador para evaluar la incidencia de esta especie es la determinación del área de expansión en el tiempo, como se muestra en la Figura 39.



**Figura 39. Dinámica espacio temporal de la invasión del Clarias en la Ciénaga de Zapata.**

La implementación de las medidas enmarcadas en el programa de manejo adaptativo del clarias han permitido una reducción considerable de las poblaciones en el tiempo lo cual se puede medir a través del indicador capturas/año (Figura 40)



**Figura 40. Dinámica de las capturas del clarias entre los años 2006-2014.**

La relación entre la calidad del agua de consumo y las enfermedades gastrointestinales se puede expresar a través de indicadores de costos de tratamiento médico. La Tabla 10, muestra los costos del tratamiento de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA), que es la segunda causa de morbilidad de ese territorio, debido al consumo de agua de pozos sin tratamiento en 10 poblados de la Ciénaga de Zapata

**Tabla 10. Costo de las Enfermedades Diarreicas Agudas en la Ciénaga de Zapata.**

Años	Costo unitario
2008	37.09
2009	45.13
2010	54.45
2011	49.06
2012	44.01

Fuente: L. Olmo, 2014.

#### **4.2 Propuesta de sistema de monitoreo basado en indicadores PEIR**

Uno de los propósitos principales de las Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI) basadas en el enfoque GEO es el monitoreo permanente del estado del medio ambiente a escala global, regional y local. Con este fin, como parte de las tareas del proyecto se desarrolló un sistema de monitoreo basado en el empleo de indicadores ambientales elaborados. El monitoreo permite analizar continuamente la evolución de las presiones, estados e impactos, así como el grado de cumplimiento de las metas y objetivos programados.

Para la conformación del sistema de monitoreo se emprendió un trabajo exhaustivo, donde se involucraron las tendencias mundiales que se vienen promoviendo en la materia, los criterios de expertos y la experiencia de los grupos de investigación de la Red 411RT0430 del Programa CYTED, de la cual el presente proyecto es contraparte nacional.

De esta forma, fue factible conformar una herramienta propia, de fácil implementación, que puede ser útil y accesible a los diversos actores con intereses investigativos y

prácticos en los ecosistemas de humedales, aunque es evidente que sus valores pueden extenderse a otros ambientes.

En el proceso de trabajo los propios problemas identificados jugaron un papel importante, en tanto que al definir las causas modificadoras del contexto, se establecen las primicias sobre las presiones dadas, los cambios en el estado y los impactos sucedidos. Durante el trabajo se utilizaron, como herramientas de apoyo el análisis grupal y el sistema de información geográfica (SIG).

El sistema de monitoreo se sustenta en indicadores cuantitativos para evaluar las presiones, estado e impactos en diferentes ecosistemas de humedales, conforme a problemáticas ambientales concretas (Anexo 2). La propuesta de monitoreo comprende 69 indicadores para una amplia diversidad de ecosistemas que incluyen humedales de interface, humedal deltaico mixohalino, lagunas litorales marino costera, bosque natural, vegetación acuática natural, humedales interiores dulceacuícolas, cuerpos de agua dulceacuícola, bosque de ciénaga, herbazales de ciénaga, bosque de mangles, entre otros. Para cada indicador se brinda la forma de expresión, la frecuencia y forma en que debe ser monitoreado, según se establece en las Tablas 11-15.

**Tabla 11. Ejemplo de monitoreo de la eutrofización de cuerpos de agua.**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con de interface marina			
<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 llegan al humedal desde zonas agrícolas	Densidad de plantas acuáticas x ha	Disminución de especies nativas
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (para caudal) ml/ m <sup>3</sup> (para concentración)	D/ ha	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Medición anual de caudal y concentración de N, F ml/ m <sup>3</sup> .	Mediciones periódicas de D/ ha	Mediciones periódicas de abundancia de especies.
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

**Tabla 12. Ejemplo de monitoreo de la salinización de acuíferos.**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Salinización de acuíferos			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Sobreexplotación, avance cuña salina por la sequía	Aumento de CL, SST	Empeoramiento de calidad de agua

<b>Forma de expresión</b>	Avance de cuña salina, en metros	mlg/l de Cl y SST	Número de pozos afectados
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de explotación	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Monitoreo semestral-análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

Tabla 13. Ejemplo de monitoreo de la contaminación química.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación química			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Cantidad de fertilizantes utilizados, aguas residuales sin tratamiento	Concentración de elementos tóxicos	-Enfermedades hídricas de personas -Muerte y afectación en las poblaciones de peces y crustáceos. -Afectaciones de hábitat y especies, muerte y migraciones.
<b>Forma de expresión</b>	kg/ha y total por cosechas para fertilizantes. DQO - para agua residual	mlg/l de los elementos toxicas y relación con la norma admisible	-Número de los enfermos. -t/año para la pesca. -Numero 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>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

Tabla 14. Ejemplo de monitoreo de la contaminación bacteriológica.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación bacteriológica			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<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 los cultivos tubérculos. -Agua no apta para baños de playa. - Alteración de ictiofauna

			cavernícola.
<b>Forma de expresión</b>	DQO	NMP	-Número de los enfermos e intoxicados. -t/cosecha de tubérculos. -Monitoreo visual
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de calidad del agua	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	-Monitoreo semestral de enfermos. 2, 4 – monitoreo anual.
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Semestral	Semestral	Semestral

Tabla 15. Ejemplo de monitoreo de la fragmentación de hábitat natural.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque natural			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Fragmentación del hábitat natural			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación: biodiversidad</b>	Expansión de la frontera agrícola y ganadera.	Número de fragmentos de bosque en un área	Medición de vegetación secundaria
<b>Forma de expresión</b>	% de reducción del área de páramo	% con relación al área	Número de especies por fragmento
<b>Forma de monitoreo</b>	Censos anuales de riqueza florística en parcelas pre definidas	Comparaciones reiteradas del % con relación al área	Comparaciones reiteradas del número de especies por fragmento
<b>Periodicidad De monitoreo</b>	Anual	Anual	Anual