



## Resolución VII.10

*“Los pueblos y los humedales: un nexo vital”*

**7a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), San José, Costa Rica, 10 al 18 de mayo de 1999**

### Marco para evaluar el riesgo en humedales

1. RECORDANDO el párrafo 2 del artículo 3 de la Convención que estipula que las Partes Contratantes *“tomará[n] las medidas necesarias para informarse lo antes posible acerca de las modificaciones de las condiciones ecológicas de los humedales situados en su territorio e incluidos en la Lista [de Humedales de Importancia Internacional] y que se hayan producido o puedan producirse como consecuencia del desarrollo tecnológico, de la contaminación o de cualquier otra intervención del hombre”*;
2. RECORDANDO ADEMÁS que en respuesta al párrafo 2 del artículo 3 la Conferencia de las Partes Contratantes estableció el Registro de sitios incluidos en la Lista de Ramsar en los que se han producido, se están produciendo o pueden producirse modificaciones en las condiciones ecológicas (Registro de Montreux: Recomendación 4.8) y lineamientos para su funcionamiento (Resolución 5.4);
3. CONSCIENTE TAMBIÉN de que en respuesta a la Recomendación 5.2 el Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) preparó definiciones de trabajo de *“características ecológicas”* y *“cambio en las características ecológicas”*, así como lineamientos para describir y mantener las características ecológicas, que se adoptaron en la Resolución VI.1;
4. OBSERVANDO que en el párrafo 9 de la Resolución VI.1 se pidió que las definiciones de trabajo de *“características ecológicas”* y *“cambio en las características ecológicas”*, así como los lineamientos para describir y mantener las características ecológicas se evaluaran en el trienio 1997-99;
5. OBSERVANDO TAMBIÉN que en el párrafo 11 de la Resolución VI.1 se solicitó que se establecieran sistemas de alerta temprana para detectar cambios en las características ecológicas e iniciar la adopción de medidas en respuesta a esos cambios;
6. OBSERVANDO ADEMÁS que para formular opiniones consultivas sobre las dos cuestiones citadas, en abril de 1998 se celebró un seminario que dio cuenta de sus conclusiones al GECT en su 7a. reunión, celebrada inmediatamente después de ese encuentro;
7. CONSCIENTE de que en el trienio 1997-99 el GECT examinó, en el marco de su Plan de Trabajo, la aplicación de las *Líneas directrices para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales* adoptadas en la Resolución 5.7, y de que esto demostró que la inclusión de mecanismos de monitoreo o el empleo de indicadores de alerta temprana para detectar cambios en las características ecológicas ha sido escasos;

8. TOMANDO NOTA de que la Sesión Técnica IV de esta Conferencia, sobre “Instrumentos para evaluar y reconocer los valores de los humedales”, recibió y examinó en detalle el anexo de esta resolución, titulado *Marco para evaluar el riesgo en humedales*; y
9. EXPRESANDO SU RECONOCIMIENTO a los autores del anexo de esta decisión por aportar sus recomendaciones y orientaciones conjuntas, basadas en su experiencia, para dotar a las Partes Contratantes de lineamientos específicos a fin de ayudarles a cumplir sus obligaciones con arreglo al párrafo 2 del artículo 3 de la Convención;

#### LA CONFERENCIA DE LAS PARTES CONTRANTES

10. ADOPTA como orientaciones dirigidas a las Partes Contratantes el anexo de esta Resolución, titulado *Marco para evaluar el riesgo en humedales*;
11. ADOPTA ADEMÁS las definiciones siguientes de “características ecológicas” y “cambio en las características ecológicas” recomendadas por el GECT después de evaluar las definiciones de trabajo de las mismas expresiones adoptadas en la Resolución VI.1:

*Las características ecológicas son la suma de los componentes biológicos, físicos y químicos del ecosistema del humedal y de sus interacciones, lo que en conjunto mantiene al humedal y sus productos, funciones y atributos;*

*El cambio en las características ecológicas es el deterioro o desequilibrio de cualesquiera de los componentes biológicos, físicos o químicos del ecosistema del humedal o de las interacciones entre ellos, lo que en conjunto mantiene al humedal y sus productos, funciones y atributos.*

12. INSTA a las Partes Contratantes a que tomen nota de las orientaciones adjuntas y a que las apliquen, ya que ellas aportan una base para evaluar los principales cambios en las características ecológicas de los humedales, tales como los cambios en el régimen hídrico, contaminación de las aguas, modificaciones físicas, explotación de productos biológicos, e introducción de especies exóticas;
13. EXHORTA a las Partes Contratantes a garantizar que en la preparación de sus planes de manejo/gestión de los sitios incluidos en la Lista de Ramsar y otros humedales se incluyan, como elemento integrado, indicadores de alerta temprana como parte de un programa de monitoreo basado en el marco adoptado en la Resolución VI.1; y
14. ALIENTA al GECT a compilar, sobre la base de información suministrada por las Partes Contratantes y otras fuentes apropiadas, un informe sobre los casos en que existan sistemas de alerta temprana o se estén estableciendo, y sobre la experiencia adquirida en el mantenimiento de estos sistemas.

## Anexo

# Marco para evaluar el riesgo en humedales

### Índice:

- Introducción
- Clases de cambio en las características ecológicas
- Evaluación del riesgo en humedales
- Indicadores de alerta temprana
- Atributos ideales de los indicadores de alerta temprana
- Ejemplos de indicadores de alerta temprana
- Sensibilidad de un indicador de alerta temprana a los cambios

### Introducción

1. La Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) ha elaborado este marco conceptual para evaluar el riesgo en humedales a fin de ayudar a las Partes Contratantes a predecir y evaluar el cambio en las características ecológicas de los humedales incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. Este Marco aporta orientaciones acerca de cómo predecir y evaluar cambios en las características ecológicas de los humedales y en particular destaca la utilidad de los sistemas de alerta temprana. El *Marco para evaluar el riesgo en humedales* se presenta como uno de los componentes integrantes de los procesos de planificación respecto de los humedales.
2. Los procedimientos de la Convención para evaluar y mantener las características ecológicas de los humedales constan de muchos elementos y son un aspecto fundamental del concepto de uso racional de la Convención y de las obligaciones de las Partes Contratantes con arreglo al tratado. Estos elementos comprenden:
  - a. los Criterios para la Identificación de Humedales de Importancia Internacional (Resolución VII.11);
  - b. el Registro de Montreux de sitios incluidos en la Lista en los que se han producido, se están produciendo o pueden producirse modificaciones en las características ecológicas (Resolución 5.4); y
  - c. las definiciones de trabajo, los Lineamientos para describir y mantener las características ecológicas de los sitios incluidos en la Lista, así como los Lineamientos para el funcionamiento del Registro de Montreux (Resolución VI.1).
3. En la Resolución VI.1, adoptada por la 6a. Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención en 1996, se presentó también un diagrama para establecer un programa efectivo de monitoreo de los humedales y se pidió que se establecieran sistemas de alerta temprana idóneos para detectar cambios desfavorables y evaluar las definiciones de trabajo de “características ecológicas” y “cambio en las características ecológicas”. En el trienio siguiente estas definiciones de trabajo se examinaron y modificaron según se indica en el proyecto la Resolución VII. 10, en que se adoptó este *Marco para evaluar el riesgo en humedales*.

### Clases de cambio en las características ecológicas

4. Las causas de los cambios desfavorables en las características ecológicas de un humedal pueden agruparse en cinco grandes categorías:

- a. cambios en el régimen hídrico;
  - b. contaminación de las aguas;
  - c. modificación física;
  - d. explotación de productos biológicos; y
  - e. introducción de especies exóticas.
5. La importancia relativa de estas causas varía de una región o país e incluso de un sitio a otro. Además, las causas de cambio citadas están a menudo interrelacionadas entre sí y puede ser difícil aislar los efectos de cada una de ellas. Una manera más sencilla de examinar el cambio en las características ecológicas descansa en la **clase de cambio**, por contraste con la **causa del cambio**. En consonancia con la definición de cambio en las características ecológicas (véase el párrafo 11 de la Resolución VII. 10 en que se adopta este Marco), la clase de cambio puede considerarse bajo tres grandes acápites: **biológico, químico y físico**.
6. Al trazar un marco y métodos idóneos para predecir cambios en las características ecológicas de los humedales, a los administradores de sitios les preocupan sobre todo las **clases de cambio**. Específicamente, les preocupan los cambios desfavorables causados por la actividad humana.

### Evaluación del riesgo en humedales

7. Para garantizar la aplicación acertada de indicadores de alerta temprana, es esencial que los procesos de seleccionar, evaluar, analizar y basar decisiones en las respuestas de los indicadores formen parte de un marco de evaluación estructurado pero flexible. En el contexto de la Convención de Ramsar, se recomienda un marco de evaluación de riesgos ecológicos modificado, denominado **evaluación del riesgo en humedales**. La finalidad de este marco es señalar de forma esquemática cómo esta evaluación puede servir de 'vehículo' impulsor del proceso de predecir y evaluar el cambio en las características ecológicas, con especial hincapié en la aplicación de técnicas de alerta temprana.
8. En el diagrama 1 se presenta un modelo básico para evaluar el riesgo en humedales, que representa una versión modificada de un paradigma general de evaluación de los riesgos ecológicos. En él se esbozan seis pasos, descritos en los párrafos siguientes.
9. **1<sup>er</sup> Paso- Identificación del problema.** Este es un proceso de identificación de la naturaleza del problema y de trazado de un plan para el resto de la evaluación de los riesgos basado en esta información. En él se definen los objetivos y el alcance de la evaluación del riesgo, y le sirve de base. En el caso de un impacto de un producto químico, también se requerirá obtener e integrar información sobre las características (por ejemplo, propiedades, toxicidad conocida) y la fuente del producto, qué puede resultar afectado y cómo y, lo que es importante, qué se ha de proteger.

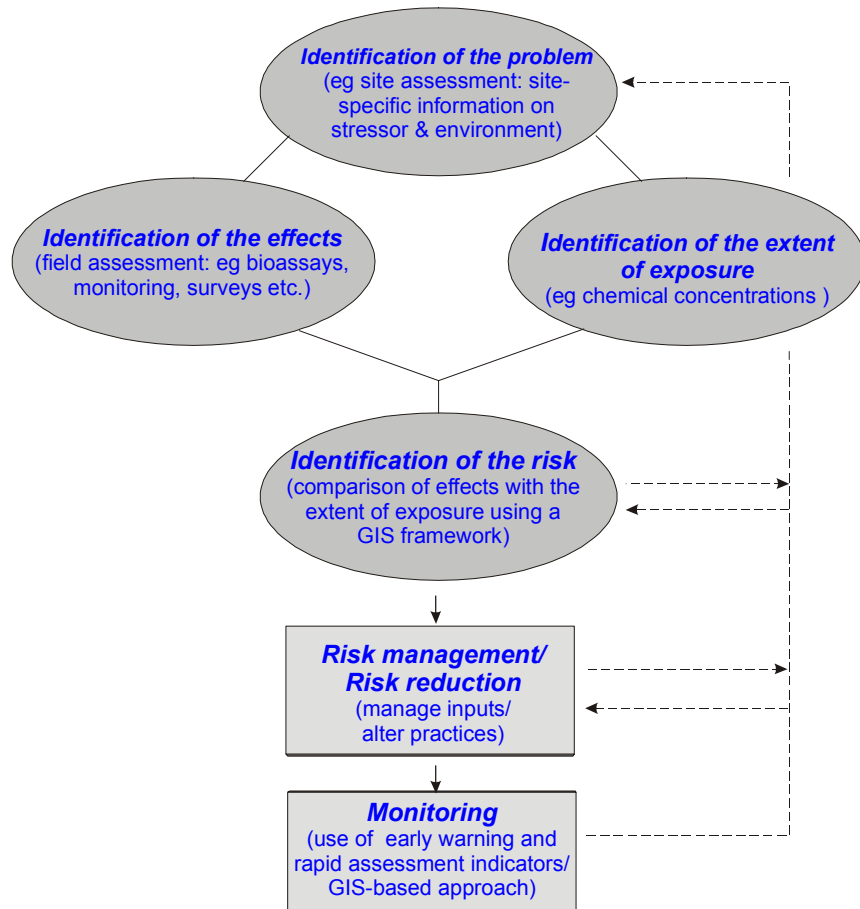
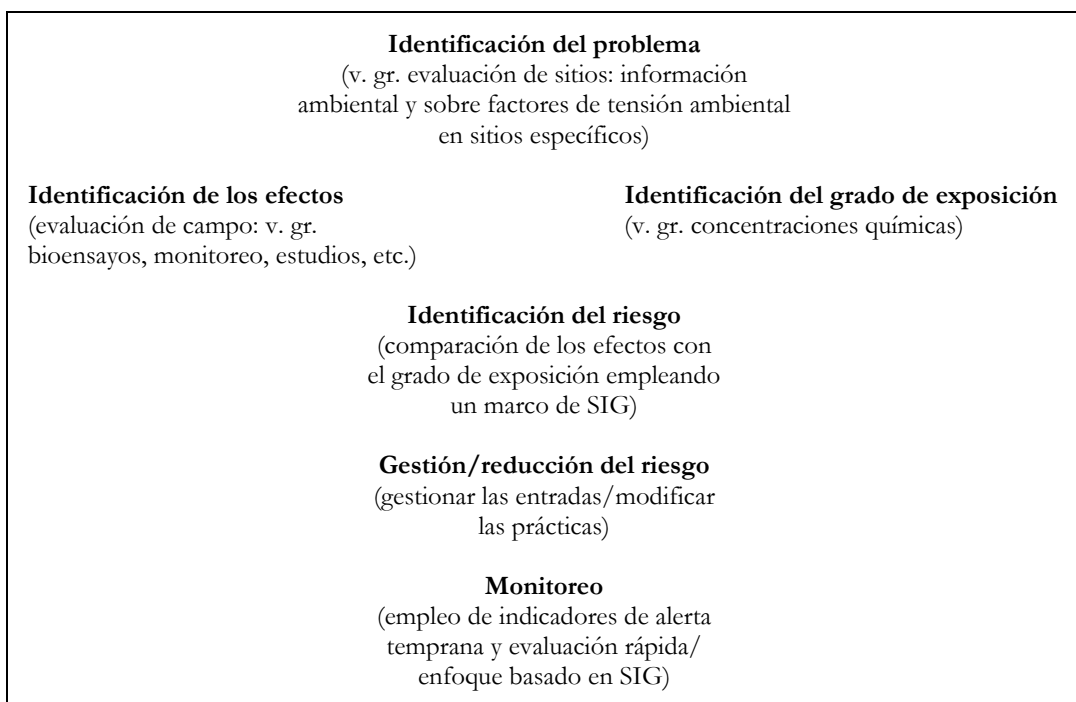


Diagrama 1 - Modelo propuesto de evaluación del riesgo en humedales



10. **2º Paso – Identificación de los efectos adversos.** En este paso se evalúa el alcance posible del cambio o impacto desfavorable en el humedal. Los datos pertinentes deben derivarse preferiblemente de estudios de campo, pues los datos de campo son más apropiados para las evaluaciones de impactos múltiples, como los que se registran en muchos humedales. Dependiendo del alcance del cambio desfavorable y de los recursos disponibles, tales estudios pueden oscilar entre experimentos de campo cuantitativos y estudios de observación cualitativos. Tratándose de impactos químicos, son apropiados los bioensayos de ecotoxicología, en tanto que para los cambios ocasionados por malas hierbas o animales que se han vuelto salvajes puede que sólo hagan falta observaciones *in situ* y levantamientos de mapas.
11. **3º Paso – Identificación del alcance del problema.** En este paso se estima el posible alcance del problema en el humedal objeto de preocupación empleando la información recogida sobre su comportamiento y la medida en que el problema se ha planteado en otros sitios. En el caso de un impacto químico, esto abarca información sobre procesos como transporte, dilución, partición, persistencia, degradación y transformación, además de las propiedades químicas generales y los índices de introducción en el medio ambiente. Tratándose de una mala hierba invasora, puede comprender información pormenorizada sobre su introducción en el ecosistema, el índice de propagación y los hábitat preferidos. Si bien es probable que los estudios de campo sean el método ideal, el empleo de registros históricos, la elaboración de modelos de simulación y estudios experimentales de campo y/o laboratorio representan métodos alternativos o complementarios para caracterizar el alcance del problema.
12. **4º Paso – Identificación del riesgo.** Esto supone integrar los resultados de la evaluación de los efectos posibles con los del posible alcance del problema, a fin de estimar el nivel potencial de cambio ecológico desfavorable en el humedal. Existen diversas técnicas para estimar los riesgos y dependen a menudo del tipo y la calidad de los efectos posibles y su alcance. Un marco basado en un SIG, en el que las distintas evaluaciones se superponen a un mapa de la región objeto de interés a fin de relacionar los efectos con el impacto, puede ser útil para caracterizar los riesgos en los humedales. Este enfoque puede servir no sólo para estimar los riesgos, sino también para focalizar evaluaciones y/o actividades de monitoreo ulteriores en las zonas donde se han identificado los problemas.
13. **5º Paso – Gestión y reducción del riesgo.** Este es el último paso del proceso de toma de decisiones y en él se emplea información obtenida a raíz de los procesos de evaluación descritos y se procura reducir los riesgos al mínimo sin comprometer otros valores sociales, comunitarios o ambientales. En el contexto de la Convención de Ramsar, la gestión del riesgo debe contemplar también el concepto de *uso racional* y los posibles efectos en este sentido de las decisiones sobre gestión de los riesgos. El resultado de la evaluación del riesgo no es el único factor considerado en la gestión del riesgo; ésta considera también los factores políticos, sociales, económicos y de ingeniería/técnicos, así como los beneficios y limitaciones respectivos de cada acción encaminada a reducir el riesgo. Se trata de una tarea interdisciplinaria que hace necesario que los administradores de sitios y expertos en distintas disciplinas se comuniquen entre sí.
14. **6º Paso- Monitoreo.** El monitoreo es el último paso del proceso de evaluación del riesgo y debe llevarse a cabo para verificar la eficacia de las decisiones en materia de gestión del riesgo. Debe incorporar los componentes que sirven de sistema fiable de alerta temprana por el hecho de detectar la ineficacia o poca eficacia de las decisiones de gestión del riesgo

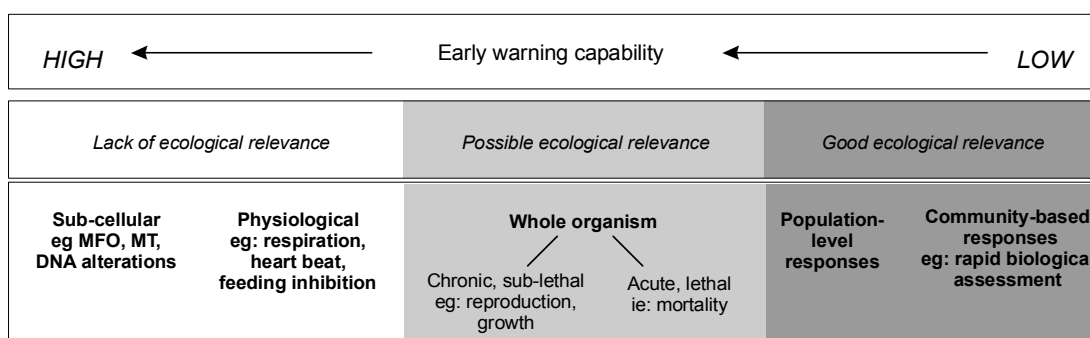
antes de que se registren daños ambientales de consideración. La evaluación del riesgo servirá de poco si no se procede a un monitoreo eficaz. La elección de las variables de resultado que se deben medir en el proceso de monitoreo es crítica. Por otra parte, es probable que un enfoque basado en un SIG sea una técnica útil de evaluación del riesgo en humedales, toda vez que incorpora una dimensión espacial que es útil para monitorear los efectos adversos en los humedales.

### Indicadores de alerta temprana

15. El concepto básico de indicadores de alerta temprana es que los efectos se pueden detectar y que, de hecho, éstos son precursores de impactos ambientales reales o señalan su aparición. Si bien es posible que esta ‘alerta temprana’ no aporte forzosamente pruebas definitivas de degradación del medio ambiente en mayor escala, ofrece la posibilidad de determinar si se justifica intervenir o realizar otras investigaciones. Los indicadores de alerta temprana como tales se pueden definir como *“las respuestas biológicas, físicas o químicas a un factor de tensión determinado, que preceden a la aparición de efectos que potencialmente pueden ser significativamente desfavorables en el sistema objeto de interés”*.
16. De las cinco clases de cambio en las características ecológicas descritas en el párrafo 4 *supra*, los cambios químicos son con mucho los que han despertado más interés en términos de sus impactos ambientales y su predicción. De resulta de esto, la abrumadora mayoría de las técnicas de alerta temprana se han concebido para evaluar los impactos de productos químicos en los sistemas acuáticos. Se recomienda realizar otras evaluaciones para identificar indicadores apropiados de las demás clases importantes de cambios en las características ecológicas. La mayor parte de los ejemplos de indicadores de alerta temprana examinados en este documento representan métodos de evaluación biológica y físico-química para predecir o prevenir cambios químicos importantes (esto es, contaminación) en los humedales.
17. Los indicadores elegidos se corresponden con el orden de jerarquía de las otras decisiones que los administradores necesitan tomar a la hora de establecer programas de monitoreo de la salud del ecosistema. Por tanto, una vez determinada la cuestión objeto de preocupación o posible preocupación y los valores ambientales que se han de proteger, los administradores deben consagrarse a identificar los **objetivos de evaluación** para proteger el humedal. Lo que sigue puede servir de ejemplo:
  - a. **Detención temprana de cambios severos y crónicos**, lo que aporta información que permite prevenir impactos importantes en el medio ambiente.
  - b. **Evaluación de la importancia ecológica del impacto** mediante la medición de la biodiversidad, el estado de conservación y/o la respuesta a nivel de la población, la comunidad o el ecosistema.
18. Para determinar los efectos en el ecosistema en su totalidad – o la importancia ecológica de los efectos observados – generalmente hace falta medir ecosistemas ‘de sustitución’. Por regla general se trata de comunidades o agrupaciones de organismos, o hábitat o de especies indicadoras clave que hayan estado estrechamente relacionadas con los efectos a nivel del ecosistema. Los programas de alcance regional o nacional que abarcan todo el gradiente del trastorno, esto es, el espectro de sitios que no han sido degradados y los que han sido fuertemente degradados, son los que más eficazmente aportan información sobre

la importancia de los efectos adversos. Los métodos de evaluación rápida pueden aportar este contexto.

19. A la hora de elegir un indicador es importante tener presente la definición de ‘características ecológicas’ de un humedal (véase el párrafo 11 de la Resolución VII.10 en que se adoptó el presente Marco) y el énfasis que pone en los componentes **biológicos, químicos y físicos** del ecosistema. Por tanto, puede ser útil elegir indicadores de alerta temprana teniendo en cuenta cuál o cuáles de los tres componentes citados se consideren más susceptibles de cambiar. Los tres componentes están relacionados entre sí de forma compleja. Pese a la existencia de estas interacciones, el *Marco para evaluar el riesgo en humedales* aporta un procedimiento que ayuda a identificar los indicadores más apropiados para evaluar o predecir cambios.
  
20. La pertinencia ecológica de un indicador de alerta temprana debe ser considerada, pero los conceptos de alerta temprana y pertinencia ecológica pueden ser antitéticos. Los tipos de respuesta biológica susceptibles de medirse y su relación con la pertinencia ecológica y su capacidad de actuar como alerta temprana se señalan en el diagrama 2. A modo de ejemplo, las respuestas de un marcador biológico pueden servir de alerta excepcionalmente rápida de posibles efectos desfavorables, pero existen pocas pruebas de que los resultados observados provoquen o redunden en efectos desfavorables en individuos determinados y mucho menos a nivel de una población, comunidad o ecosistema. Por tanto, no pueden considerarse ecológicamente pertinentes. Si el objetivo principal de la evaluación es la detección rápida, es probable que esto se consiga a expensas de la pertinencia ecológica, en tanto que probablemente ocurriría lo contrario si se consideraran los conocimientos sobre la importancia ecológica de los efectos.



|  |   |  |
|--|---|--|
| ELEVADA  | Capacidad de alerta temprana  | BAJA   |
| Falta de pertinencia ecológica                                       | Posible pertinencia ecológica   | Clara pertinencia ecológica  |
| Subcelular,<br>v.gr.,<br>OFM, zona<br>MT,<br>alteraciones<br>del ADN | Fisiológica,<br>v. gr.,<br>respiración,<br>latido cardiaco,<br>inhibición de<br>la alimentación | Respuestas<br>de base<br>a nivel de<br>población<br><br>Respuestas<br>comunitaria<br>v. gr.<br>evaluación<br>biológica<br>rápida |
|  | Organismo completo<br>Crónica, Aguda,<br>subletal, v.gr,<br>reproducción,<br>crecimiento        | letal, es<br>decir,<br>mortalidad  |



## Diagrama 2 Relación entre la pertinencia ecológica y la capacidad de alerta temprana de respuestas biológicas mensurables

### Atributos ideales de los indicadores de alerta temprana

21. Para que una respuesta determinada tenga potencial como indicador de alerta temprana debe:
  - a. **anticipar:** debe manifestarse a niveles de organización biológica o física tales que sirva de indicio de degradación o de alguna variedad de efecto desfavorable antes de que se registren daños ambientales de consideración;
  - b. **ser sensible:** para que pueda detectar posibles impactos importantes antes de que se registren, un indicador de alerta temprana debe ser sensible al problema en niveles bajos o en sus etapas iniciales;
  - c. **diagnosticar:** debe ser lo bastante característica de un problema como para incrementar la confianza en que es posible determinar la causa de un efecto;
  - d. **ser ampliamente aplicable:** debe predecir los posibles impactos de un amplio espectro de problemas;
  - e. **correlacionarse con efectos ambientales/pertinencia ecológica reales:** debe redundar en la conclusión de que la exposición continua al problema y por ende la manifestación continua de la respuesta dará lugar generalmente o a menudo a efectos ambientales adversos (a nivel de ecosistema) importantes;
  - f. **ser oportuna y eficaz en función de los costos:** debe aportar información con la rapidez necesaria para poner en marcha actividades de gestión antes de que se registren impactos ambientales importantes y su medición ha de ser poco onerosa y aportar al mismo tiempo el máximo de información por unidad de esfuerzo;
  - g. **ser pertinente a escala regional o nacional:** debe ser pertinente para el ecosistema objeto de evaluación;
  - h. **ser socialmente pertinente:** debe ser a todas luces útil para los interesados y observable por ellos o prefigurar una medida socialmente pertinente;
  - i. **ser fácil de medir:** debe ser posible medirla aplicando un procedimiento estándar de probada fiabilidad con pocos errores de medición;
  - j. **ser constante en el espacio y el tiempo:** debe servir para detectar cambios pequeños y apreciar claramente que su causa estriba en alguna fuente antropogénica y no en factores naturales que forman parte del entorno natural (estos es, una relación señal/ruido baja);
  - k. **ser no destructiva:** la medición del indicador no debe ser destructiva para al ecosistema objeto de evaluación.
  
22. No es posible insistir lo suficiente sobre la importancia de los atributos citados, pues toda evaluación de un cambio real o potencial en las características ecológicas sólo tendrá una eficacia equivalente a la de los indicadores elegidos para llevarla a cabo. Con todo, no existe ningún indicador de alerta temprana que posea todos los atributos ideales, pues en muchos casos algunos de ellos son antitéticos o simplemente inalcanzables.

### Ejemplos de indicadores de alerta temprana

23. Se han elaborado diversos indicadores de alerta temprana para evaluar ecosistemas de humedales. Éstos se dividen en tres grandes categorías:

- a. ensayos de toxicidad de respuesta rápida;
  - b. ensayos de alerta temprana sobre el terreno; y
  - c. evaluaciones rápidas.
24. Estos indicadores, incluidas sus posibles limitaciones, se describen en términos generales en el cuadro 1. Es posible que cada una de estas técnicas sirva para alcanzar distintos objetivos de programas de evaluación de la calidad del agua. Si bien la mayor parte de los indicadores de alerta temprana son de carácter biológico, existen indicadores físico-químicos y se emplean en la fase inicial de la evaluación de la calidad del agua.

**Cuadro 1-** Función y posibles limitaciones de los distintos tipos de indicadores de alerta temprana

| Tipo de respuesta y función   | Posibles limitaciones   |
|---|---|
| <p><b>a. Ensayos de toxicidad de respuesta rápida</b><br/>Evaluación de la toxicidad en laboratorio basada en las respuestas de la totalidad del organismo (por ejemplo, crecimiento, reproducción) con resultados rápidos. Se trata de ensayos con capacidad de predicción que pueden hacer posible adoptar medidas de gestión oportunas y flexibles (por ejemplo determinar una dilución exenta de riesgos para descargar efluentes de composición variable).</p> | <p>En general no se ha demostrado la pertinencia ecológica de las respuestas subletales medidas (por ejemplo, crecimiento, reproducción).</p> |
| <p><b>b. Ensayos de alerta temprana sobre el terreno</b><br/>Medición sobre el terreno de respuestas subletales de organismos sensibles mediante monitoreo o evaluación. Pueden aportar información preventiva que hace posible evitar impactos apreciables y ecológicamente importantes.</p>   | <p>En general no se ha demostrado la pertinencia ecológica (especialmente de los marcadores biológicos bioquímicos).</p>                      |
| <p><b>c. Evaluaciones rápidas</b><br/>Diversas modalidades de monitoreo uniforme, rápido y eficaz en función de los costos pueden aportar una evaluación inicial de las condiciones ecológicas de los sitios de áreas extensas. Su amplio alcance supone una capacidad potencial para identificar los lugares donde la situación es crítica y por ende para prevenir y evitar que esto ocurra en otros.</p>   | <p>Los resultados suelen ser rudimentarios y por regla general sólo se detectan impactos relativamente fuertes.</p>                           |

### Ensayos de toxicidad de respuesta rápida

25. Se trata de bioensayos de toxicidad de laboratorio concebidos para aportar respuestas rápidas y sensibles a uno o más productos químicos y suministran un indicio de que puede existir el riesgo de que se registren efectos desfavorables en los niveles superiores de organización biológica (por ejemplo, comunidades y ecosistemas). Los ensayos de toxicidad de laboratorio son particularmente útiles cuando se trata de evaluar uno o más productos químicos que no han sido descargados aún en el medio acuático (por ejemplo, un pesticida nuevo o una predescarga de aguas residuales) y sirven de base para tomar decisiones sobre las concentraciones o diluciones/índices de descarga sin riesgo y de esta manera evitan o por lo menos reducen al mínimo los impactos en el medio acuático. No obstante, hay diferencias importantes en **la pertinencia ecológica** de las respuestas mensurables.

### Ensayos de alerta temprana sobre el terreno

26. Este grupo comprende una serie de técnicas que se agrupan porque se emplean para medir respuestas o patrones sobre el terreno y por ende aportan una indicación más realista de los efectos en el medio ambiente. Por contraste con los ensayos de toxicidad de laboratorio, los ensayos de alerta temprana sobre el terreno predicen y/o evalúan los

efectos de los productos químicos existentes. Algunas de estas técnicas se pueden aplicar también a problemas biológicos y físicos.

27. **Evaluación directa de la toxicidad.** En este caso se emplean ensayos de toxicidad para evaluar y monitorear las consecuencias de los productos químicos en los ecosistemas acuáticos (por ejemplo, descargas de aguas residuales, contaminación de cursos de agua con pesticidas y otros productos agroquímicos). La evaluación *in situ* de la toxicidad de un curso de agua que recibe un agente contaminante sirve para monitorear la efectividad de las predicciones basadas en los ensayos de toxicidad de respuesta rápida descritos anteriormente. Con todo, si se adopta la premisa de que las respuestas medidas son sensibles, los resultados pueden servir también de alerta temprana de posibles impactos en los niveles superiores de organización biológica.
28. **Monitoreo del fitoplacton.** Dadas sus necesidades nutricionales, su posición en la base de las redes alimentarias acuáticas y su capacidad de responder de forma rápida y previsible a un amplio espectro de agentes contaminantes, el fitoplacton es tal vez el más promisorio de todos los indicadores de alerta temprana de cambios en las características ecológicas de los humedales causados por productos químicos. Además, su sensibilidad a las variaciones de los niveles de nutrientes hace que represente un indicador ideal para evaluar la eutrofización. El fitoplacton puede emplearse en los tipos de bioensayos de toxicidad descritos anteriormente, en ensayos de toxicidad de respuesta rápida y en la evaluación directa de la toxicidad. Estos métodos son rápidos, poco onerosos y sensibles y se pueden aplicar en el laboratorio o sobre el terreno empleando algas cultivadas en el laboratorio o agrupaciones de fitoplancton naturales. Por ejemplo, los bioensayos de fraccionamiento de algas (BFA) evalúan los efectos de los agentes contaminantes en relación a parámetros funcionales (por ejemplo absorción de  $C^{14}$ , biomasa) dentro de fracciones de distinto tamaño de una agrupación de algas naturales. Se ha comprobado que los indicadores estructurales, como las variaciones de la composición por especies y cambios de tamaño de las agrupaciones, también pueden ser particularmente sensibles.
29. **Marcadores biológicos.** Éstos pueden definirse como indicadores bioquímicos, fisiológicos o histológicos de exposición a productos químicos determinados o a sus efectos a nivel suborgánico u orgánico. El concepto básico es que los cambios bioquímicos, fisiológicos o histológicos experimentados por organismos individuales preceden con frecuencia a efectos a nivel de esos organismos en general y, por ende, a posibles efectos a nivel de una población, una comunidad o un ecosistema. En síntesis, se recogen animales acuáticos en el o los sitios objeto de interés y en un sitio de referencia y se evalúan y comparan los marcadores biológicos. Una variante consiste en colocar microorganismos 'enjaulados' en el medio que interesa y en medir las respuestas de los marcadores biológicos durante un lapso predeterminado. Se han empleado marcadores biológicos para predecir los posibles efectos desfavorables de diversos tipos de agentes contaminantes, incluidos productos químicos orgánicos como pesticidas, hidrocarburos de petróleo, metales pesados y mezclas complejas (por ejemplo, efluentes industriales).
30. La oxidasa de función mixta, la vitelogenina, que es un marcador biológico de trastornos endocrinos, y la bioacumulación son tres marcadores biológicos potencialmente útiles. Se ha demostrado que muchos marcadores biológicos anuncian prontamente los posibles efectos en el medio ambiente de productos químicos determinados o de efluentes complejos y representan la forma más avanzada de alerta temprana biológica.

## Evaluaciones rápidas

31. Estas evaluaciones se están empleando cada vez más para monitorear la calidad del agua, pues tienen la ventaja de posibilitar la recogida de información ecológicamente pertinente en zonas geográficas extensas de forma normalizada y a un costo relativamente bajo. Estas virtudes traen aparejado un inconveniente, a saber, que los métodos de evaluación rápida son relativamente rudimentarios, es decir, que no están concebidos para detectar impactos sutiles. Los atributos apetecidos o esenciales de la evaluación rápida comprenden los siguientes:
  - a. aceptación general de que la respuesta medida refleja fielmente el estado ecológico o la integridad de un sitio, cuenca o región (esto es, que sirve de ecosistema de sustitución);
  - b. métodos altamente normalizados de muestreo y análisis de datos;
  - c. medición rápida y poco onerosa de la respuesta, con resultados rápidos;
  - d. comprensión de los resultados sin dificultad por los no especialistas; y
  - e. la respuesta ha de tener algún valor de diagnóstico.
  
32. Se están poniendo a punto diversos métodos de evaluación rápida. Éstos comprenden la evaluación biológica rápida empleando invertebrados, el monitoreo de la vida de las aves y la teledetección. Todos estos métodos tienen aplicaciones específicas y en muchos casos hace falta perfeccionarlos.
  
33. Se ha reconocido también que el monitoreo físico-químico es un elemento clave de todo programa de evaluación integral que emplee medidas biológicas para evaluar el estado de los cursos de agua. El monitoreo de los parámetros físico-químicos normales puede ser útil de diversas maneras. En primer lugar, aporta antecedentes sobre las características físico-químicas del curso de agua y cuando abarca un período largo aporta un historial de las variaciones de sus características en el tiempo. En segundo lugar, muchos parámetros físico-químicos pueden modificar la toxicidad de ciertos agentes contaminantes. La mayor parte de los parámetros físico-químicos normales son sencillos, pueden medirse de forma rápida y poco onerosa y deberían emplearse para complementar todo estudio de seguimiento ecotoxicológico o biológico.

## Sensibilidad de un indicador de alerta temprana a los cambios

34. Reconocer que los programas de monitoreo requieren indicadores de alerta temprana trae consigo la adopción de medidas en consonancia con la información sobre los cambios iniciales y la existencia de un plan de manejo/gestión. Las primeras etapas de este plan de manejo/gestión suponen una serie de negociaciones entre los interesados respecto del tipo y la magnitud de los cambios considerados importantes y de los costos relativos de inferir que se ha registrado un cambio en circunstancias de que, de hecho, no se ha registrado cambio alguno, y de no percibir un impacto real. Estos parámetros estadísticos son importantes y se ha de llegar a un acuerdo al respecto, pues determinan el grado de aceptación de los resultados del seguimiento.
  
35. La inclusión de indicadores de alerta temprana en un programa de monitoreo supone un método de manejo/gestión basado en el principio de precaución, esto es, de intervención antes de que se registren cambios reales e importantes a nivel del ecosistema. Por tanto, se

intervendrá en respuesta a variaciones del indicador de alerta temprana cuando la respuesta medida alcance un umbral prudente y generalmente arbitrario de intervención.

36. Por regla general, los programas más eficaces de evaluación del impacto serán los que comprendan dos tipos de indicadores, a saber, los relacionados con la alerta temprana de cambios y los (que se consideren) estrechamente relacionados con efectos a nivel del ecosistema. El tipo de indicador 'a nivel del ecosistema' puede referirse a poblaciones ecológicamente importantes (por ejemplo, de especies clave) o a hábitat o comunidades de organismos que sirven de ecosistema 'de sustitución' idóneo. Los indicadores empleados en las evaluaciones rápidas suelen desempeñar esta función. Cuando ambos tipos de indicadores se han medido en el marco de un programa de monitoreo, la información aportada por los indicadores a 'nivel del ecosistema' puede ser utilizada a continuación para evaluar la importancia ecológica de cualquier cambio observado en un indicador de alerta temprana.
37. Al igual que los indicadores de alerta temprana, los umbrales de cambio y otros criterios para tomar decisiones estadísticas respecto de los indicadores 'a nivel del ecosistema' deben ser negociados y decididos de antemano. Las decisiones específicas sobre los umbrales de cambio sólo se pueden tomar de forma eficaz en relación con sitios específicos teniendo en cuenta al mismo tiempo los valores ecológicos y el uso racional de dichos sitios.