

4. SELECCIÓN DE PARÁMETROS INDICADORES

En el punto 1.1. del anexo V de la DMA se enumeran indicadores de calidad para la clasificación del estado ecológico. Este punto hace relevante conocer qué parámetros fisicoquímicos e hidromorfológicos afectan a los indicadores biológicos,

Como se ha citado anteriormente, un elemento clave de esta directiva es que el buen estado de una masa de agua queda caracterizado por su estado ecológico y su estado químico, por ello la medida del estado de una masa de agua implica la utilización de indicadores biológicos y abióticos.

4.1 Indicadores hidromorfológicos

El humedal, aunque sea de pequeñas dimensiones, tiene unas características propias y un funcionamiento bien determinado; configura un ecosistema. Dado que un sistema lacustre es un volumen de agua contenida en un vaso receptor de naturaleza terrestre, se ha de considerar la magnitud de interacción entre ambos sistemas, la cual depende básicamente de la morfometría. De modo que, la influencia del sistema terrestre adyacente sobre el acuático es máxima en aguas someras y va disminuyendo relativamente a medida que la relación volumen de agua/ superficie interior del vaso se incrementa, como en el caso de las lagunas profundas.

Así, existe un gradiente en el que se encuentran en un extremo, masas de agua en un vaso bien definido, y en el otro zonas encharcables con una delgada lámina de agua.

Si la profundidad es alta (más de 3 m aproximadamente) y no llega luz al fondo se distingue una zona litoral (la que más interacciona con el medio terrestre), un bentos profundo bien diferenciado, con sedimento propio y poblado por especies diferentes de la zona litoral, donde el plancton es el subsistema productivo más importante.

Si la profundidad es menor, la luz puede llegar hasta el fondo y permitir una mayor extensión e incluso ocupación total, de las comunidades litorales. En este último caso el ciclo de nutrientes sufre un cambio sustancial, ya que, se establece una competencia entre los productores primarios del bentos y del plancton, viéndose favorecido el primero, de forma que estos sistemas aunque son eutróficos, presentan

aguas claras durante el periodo de crecimiento de los macrófitos sumergidos.

Si los sistemas son muy poco profundos (menos de 70 cm de profundidad) normalmente presentan un desarrollo superficial muy variable. En ellos, la influencia del sistema terrestre sobre el acuático es máxima. Al no poseer sedimento bien diferenciado, las comunidades terrestres vecinas pueden colonizar las áreas abandonadas por el agua si éstas retroceden.

Atendiendo a esta visión, el primer paso a realizar y debido a que se parte de una gran heterogeneidad, es establecer una clasificación de los humedales atendiendo a aspectos hidromorfológicos. El régimen hidrológico, los patrones temporales de inundación y la morfometría son indicadores contemplados en la DMA que caracterizan a los humedales y que influyen sobre los indicadores biológicos.

Hidroperiodo:

- Permanentes
- Semipermanentes
- Temporal estacional
- Temporal intermitente
- Mesomareal
- Micromareal

Régimen hídrico:

- Epigénico
- Hipogénico
- Epigénico-mixto
- Fluvio-mareal



Morfometría

- Relación superficie / volumen

4.2 Indicadores fisicoquímicos

Los aspectos hidrogeológicos y la climatología del área, condicionan la salinidad y la composición iónica propias del sistema. La mineralización total es debida, principalmente a la presencia de siete iones. Dos son metales alcalinotérreos divalentes (Ca^{2+} y Mg^{2+}), otros dos alcalinos monovalentes (Na^+ y K^+), dos aniones de ácidos fuertes (Cl^- y SO_4^{2-}) y un anión de ácido débil (CO_3H^-). Sus variaciones, tanto en el espacio como en el tiempo, se pueden interpretar en función de dichos factores, con independencia de la actividad de los organismos, por lo que suelen utilizarse para caracterizar los distintos tipos de hábitats.

Una vez establecida una clasificación que permita agrupar sistemas con una funcionalidad similar, se establecerá una relación entre los factores ambientales y las comunidades que se desarrollan en estos sistemas.

No todos los parámetros tienen, al menos aparentemente, la misma importancia en la composición y naturaleza de las comunidades. Los más variables y que fluctúan entre límites más amplios son los que a su vez, explican mejor la variabilidad biótica.

Entre ellos se pueden destacar:

Temporalidad

La persistencia del agua es uno de los factores que más influyen en la composición de la biocenosis.

Cuando la persistencia está asegurada, las adaptaciones de los organismos responden a factores de otro tipo, como la salinidad, la temperatura o el estado trófico, y a relaciones con otras especies.

Las aguas temporales, en las que se suceden períodos secos y húmedos de duración variable, imponen a los organismos adaptaciones para sobrevivir al período seco, soportar grandes fluctuaciones ambientales y adaptar sus ciclos vitales a períodos

húmedos de duración imprevisible.

Salinidad

Esta variable no es influida por la actividad de los organismos, pero condiciona el tipo de comunidad que puede establecerse en un humedal. Los organismos se ven obligados a desarrollar mecanismos fisiológicos variados destinados a regular las relaciones osmóticas entre el medio interno y el externo. Sin embargo, la proporción entre los distintos iones no parece tener tanta importancia, sobre todo cuando la salinidad no es muy elevada. Pero, en sistemas muy mineralizados, a medida que aumenta la relación cloruro/sulfato, puede llegar a tener cierta importancia.

Turbidez

La turbidez es otro de los parámetros ambientales a destacar. Depende de la cantidad de fitoplancton que se desarrolla y de la materia inorgánica en suspensión. Su intensidad tiene una repercusión importante en el tipo de comunidad que se desarrolle, ya que incide directamente en la disponibilidad de luz en el fondo y, por lo tanto, en la mayor o menor posibilidad de implantación de vegetación sumergida.

Cuando la turbidez se debe a materia inorgánica, ésta puede ser temporal (en las primeras fases de la inundación anual) o permanente (normal en algunas lagunas arcillosas). En este caso las lagunas mantienen una situación heterotrófica permanente, ya que el bentos no es colonizado por plantas y predominan los animales detritívoros y carnívoros.

En aguas claras, la radiación solar penetra hasta el fondo y permite su colonización por macrófitos. Éstos configuran sustratos capaces de soportar una gran cantidad de géneros de vida. Crean refugios y aumentan enormemente la superficie de colonización del perifiton, que constituye la fuente de alimentación para los heterótrofos. En este caso, las comunidades de fitoplancton se ven reducidas, por la competencia de las macrófitas y el perifiton por la captación de nutrientes. Por ello, las aguas con turbidez permanente debida a fitoplancton son sistemas sometidos a tensión que detectan una situación anómala (generalmente se trata de humedales contaminados), factor a tener en cuenta a la hora de establecer la calidad del sistema. No obstante, todas las lagunas temporales tienen una fase de crecimiento del

fitoplancton durante el verano, cuando los macrófitos llegan al final de su periodo vegetativo y ceden sus nutrientes al agua.

Nutrientes y estado trófico

Los nutrientes proceden de las lluvias, de lo que aporte el acuífero por disolución de los sustratos atravesados, del lavado de los suelos y vegetación de la cuenca de influencia (principalmente N y P, sobre todo cuando hay campos de cultivo tratados con abonos químicos) y de la contaminación. En los humedales que se encuentran en fases maduras de colonización, no suelen detectarse concentraciones de nutrientes muy altas en el agua, ya que se encuentran atrapados en la biomasa bentónica o en el sedimento. Los nutrientes influyen en la composición de las comunidades acuáticas y éstas a su vez influyen en su concentración. Son aquellos elementos necesarios para el crecimiento de los productores primarios. Un aumento en la concentración de nutrientes disueltos puede ser un índice de contaminación.



Existen varias definiciones e interpretaciones de los procesos de eutrofización y una de las más acertadas es la aportada por Margalef (1983) quien se refiere al término eutrofización como "*la fertilización excesiva de las aguas naturales, que van aumentando su producción en materia orgánica, con una considerable pérdida de calidad del agua*".

4.3 Parámetros biológicos

La colonización vegetal de un humedal se suele organizar en círculos según la diferente profundidad y, también, de acuerdo con tres estrategias que definen los tres tipos biológicos principales:

Helófitos. Son plantas con raíz implantada en el sedimento inundado, pero con la mayor parte de sus estructuras vegetativas y reproductoras emergentes (por ejemplo *Phragmites*, *Typha*, *Juncus*, *Scirpus*). El intercambio gaseoso lo realizan directamente de la atmósfera, pero los nutrientes los toman del agua intersticial de los sedimentos.

Constituyen, por lo tanto una bomba de nutrientes para la columna de agua. Estas, junto con las orillas húmedas pero no encharcadas, constituyen un ecotono entre los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Por ello, la conservación de la orla de helófitos natural se ha de considerar como un indicador de un buen estado ecológico del humedal.

Anfífitos. Son plantas enraizadas, pero que tienen todas o partes de sus hojas flotantes (*Ranunculus*, *Nimphaea*). Las hojas flotantes realizan intercambio gaseoso directamente de la atmósfera y las sumergidas (que, normalmente son filiformes) lo hacen con el agua. Los nutrientes, los toman de los sedimentos.

Limnófitos o hidrófitos. Son plantas enraizadas, pero que tienen toda su parte vegetativa sumergida (*Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Zannichelia*, Characeas). El intercambio gaseoso lo realizan en el seno del agua y los nutrientes los pueden tomar del sedimento ó del agua directamente, dependiendo de la concentración que tengan en ésta. Una misma especie puede cambiar su estrategia en función de las condiciones ambientales.

Una última estrategia es la de las macrófitas flotantes (*Lemna*, *Azolla*), cuyas raíces están sumergidas en el agua, de la que toman los nutrientes, aunque realizan el intercambio gaseoso con la atmósfera. Un desarrollo masivo de estas macrófitas puede limitar severamente la penetración de la luz.

Además hay otras estrategias biológicas que son de gran importancia en las redes tróficas de estos sistemas: el fitobentos (algas creciendo sobre sustratos sólidos), muy desarrollado cuando hay macrófitos, ya que suponen un aumento de la superficie de colonización para aquél y el fitoplancton. Aunque por las especiales características de estos sistemas, en aquellos de escasa profundidad, muchas de las algas que se encuentran viviendo en el plancton proceden de resuspensiones de algas bentónicas (*ticoplancton*).

Cuando la luz llega a todas partes de la cubeta, el desarrollo de macrófitos y fitobentos, compitiendo por los nutrientes, va en detrimento del desarrollo de fitoplancton. Por lo tanto, la mayor parte de las lagunas presentan dos periodos bien diferenciados durante el año hidrológico. Uno que, normalmente, abarca el periodo

vegetativo de los macrófitos (desde noviembre-diciembre a mayo-junio) dominado por el bentos y otro dominado por el plancton durante el resto del periodo de inundación.

Una densidad de fitoplancton, estimada a través de la concentración de clorofila "a", superior a 30 $\mu\text{g/l}$, en los meses en los que deben desarrollarse los limnófitos indica que el sistema se encuentra en una situación de tensión, por lo que este indicador se ha de tener en cuenta para establecer la calidad del sistema. Muchas veces, en estas circunstancias el grupo algal dominante suele ser el de las cianobacterias. Algunas cepas de este grupo pueden ser tóxicas, por lo que en este caso es interesante hacer, por lo menos, un análisis presuntivo de presencia de toxinas.



En lo que respecta a la colonización animal, los grupos más representados son los invertebrados, nematodos, rotíferos, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos, moluscos, crustáceos, ácaros y larvas de insectos. Entre estos últimos, los hay que realizan todo su ciclo vital en el agua o los que sólo la utilizan en una parte de su vida, generalmente la larvaria. Unos tienen hábitos planctónicos y otros bentónicos, aunque en estos sistemas no se puede hablar de verdadero zooplancton ya que la escasa profundidad pone a estos organismos en íntimo contacto con el sustrato (se debe hablar mejor de heleoplancton).

Entre los vertebrados tienen también importancia los anfibios y los reptiles, que pueden vivir en estos ecosistemas una etapa más o menos larga de su desarrollo y las aves, que si bien pueden estar sólo de paso, tienen un enorme papel como transportadoras de propágulos de uno a otro humedal. Los peces, en general, sólo se pueden desarrollar en los humedales permanentes, por lo que las comunidades de zooplancton y fitoplancton variarán por la presencia de depredadores en aquellas aguas permanentes.

En estos sistemas, las características fisicoquímicas del agua y, como consecuencia,

la sustitución de unas especies por otras a lo largo del tiempo es muy patente y se puede diferenciar claramente entre la sucesión anual, la interanual entre años consecutivos de diferente pluviometría y la que se produce a más largo plazo en relación con la maduración creciente del sistema.