

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS NATURALES

Characteritation of natural water quality

José Miguel Andreu (*), Ernesto García (**), y Xavier Gassiot (***)

RESUMEN

En este taller se recogen algunos de los criterios a seguir para el muestreo de aguas naturales, así como para establecer su calidad y su posible contaminación. Para ello se aplicarán varios tests (kits de análisis de campo) capaces de aportar esa información de manera sencilla y rápida. Mediante la realización del taller en el Parque Natural de El Hondo de Elche se pretende mostrar la viabilidad de este tipo de actividades no sólo en el laboratorio sino también en el campo.

ABSTRACT

In this workshop we include some criteria to get the specimen sample, to stablish the quality and reveal the existence of pollution in natural water. We are going to apply some chemical test (field analysis kits) which can provide us with this information very quickly and easily. Through this workshop in Parque Natural de El Hondo de Elche, we would like to show that this kind of activites can be made in the laboratory and outside.

Palabras clave: *Aguas Naturales, Hidrogeoquímica, Contaminación, Test Kits*

Keywords: *Natural Water, Hydrogeochemistry, Pollution, Test Kits*

INTRODUCCIÓN

Habitualmente se denomina a la Tierra Planeta Azul como consecuencia de la gran extensión que ocupa el agua sobre la superficie terrestre y la tonalidad que adquiere vista desde el espacio. Se estima que en la Tierra hay aproximadamente 1386 millones de km³ de agua (Shiklomanov, 1999). Debido a la energía procedente del Sol el agua cambia de estado y está en permanente movimiento, de forma que existe una transferencia entre la atmósfera, el mar y la tierra. A dicha circulación del agua es a lo que se conoce como Ciclo Hidrológico. Se denominan aguas naturales al conjunto de aguas superficiales y subterráneas del Ciclo Hidrológico, es decir, aquellas que se encuentran principalmente en los océanos, mares, lagos, ríos y acuíferos.

La molécula del agua está compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Su carácter polar le proporciona una gran capacidad disolvente. Por ello, el agua a medida que recorre las distintas fases del Ciclo Hidrológico, incorpora y libera sustancias de los medios que atraviesa y va modificando sus condiciones iniciales. Así, las aguas naturales suelen presentar una amplia serie de constituyentes entre los que destacan las sustancias disueltas, generalmente en forma iónica, lo que les confiere unas características químicas naturales variables en función de su historia y emplazamiento

final. Por otra parte, las actividades del hombre introducen graves modificaciones en el Ciclo Hidrológico cuyas consecuencias son la modificación de aquellas características naturales.

La caracterización y evaluación de la calidad del agua es una cuestión compleja y controvertida. Frecuentemente se asocia el concepto de calidad al de aptitud para el uso a la que se destina el agua (bebida humana, agrícola, recreativo, baño o industrial entre otros). Otra veces se le da un enfoque ambiental, como en la Directiva Marco del Agua (D.M.A.) de la Unión Europea, al entenderla como las condiciones que debe presentar el agua para mantener un ecosistema equilibrado. Por último, también puede contemplarse como un concepto abstracto independiente de su posible uso, es decir, haciendo referencia simplemente al conjunto de parámetros físico-químico-biológicos que la caracterizan (MMA, 2000). En cierto modo este va ser el concepto de calidad que vamos a utilizar en el presente taller, de forma que los contenidos que en él se presentan pueden servir para su aplicación en diferentes ambientes y circunstancias.

El taller se plantea como una actividad para realizar en campo, si bien, también cabría la posibilidad de llevarla a cabo en laboratorio. En este caso, habría que efectuarla en dos partes, de forma que en la primera se tomen las muestras en campo y en la

(*) Dpto. Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universidad de Alicante 0308-Alicante.

(**) Dpto. Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández de Elche. 03202-Elche (Alicante).

(***) CFA de Figueres. (Girona).



segunda se realicen las determinaciones en el laboratorio. Además, esta segunda opción requeriría algunas modificaciones, ya que hay parámetros que se deben medir in situ, puesto que su determinación posterior no es posible o supone cometer errores importantes. Este enfoque de laboratorio ha sido planteado en talleres de anteriores simposios en donde se trabajó con aguas embotelladas (Gassiot, 2002).

El principal objetivo de este taller es aplicar una serie de tests mediante kits comerciales para establecer la calidad natural o la presencia de algún contaminante en el agua de un arroyo, río, laguna, charca, manantial, etc... Este tipo de test presenta la ventaja de poder utilizarse en campo, puesto que no requiere de grandes aparatos ni de instrumental complejo y delicado para su transporte. Además, son muy sencillos y rápidos de aplicar, ya que en los casos más complejos tan sólo requiere la mezcla de algunos reactivos con la muestra problema, de forma que en pocos minutos dispondremos de unos valores que nos permitirán conocer la calidad natural o la presencia de un contaminante. Conviene destacar que la aplicación de estos tests tan sólo tiene una validez preliminar y orientativa. En ningún caso son sustitutivos de los análisis realizados en los laboratorios de aguas, ya que éstos son los únicos que pueden dar resultados totalmente válidos al emplear en las determinaciones las metodologías e instrumental homologados.

MATERIAL NECESARIO

Para la realización de este tipo de actividad es necesario disponer de una pequeña equipación de material de laboratorio, así como del material específico para el análisis. En función de las características del objetivo planteado y del lugar de muestreo podrá ser necesario otro material de apoyo.

- Entre el *material de laboratorio* necesitamos vasos de precipitado, probetas graduadas, tubos de ensayo, pipetas y gradillas. Conviene que el material sea de plástico, con lo que evitaremos su rotura en caso de golpes y caídas. Las pipetas también pueden ser reemplazadas por jeringuillas graduadas. Además, es necesario disponer de agua destilada.
- Dentro del *material de análisis* se incluyen los kits de análisis, así como un termómetro y equipos portátiles. Existe una amplia gama de kits en el mercado que permite la detección y determinación de diversas sustancias mediante técnicas colorimétricas (Tabla 1) siguiendo el protocolo explicado en cada uno de los kits. También es frecuente encontrar paquetes de varios kits agrupados por afinidad a una temática (marina, minera, ecológica). Por otra parte, existen numerosos equipos portátiles capaces de determinar de forma directa diversos parámetros y sustancias de las aguas. Entre los equipos más habituales se encuentran: conductímetro, pHmetros o medidores de oxígeno disuelto.

Kits de análisis de aguas

- | | |
|----------------------|--------------------|
| • Acidez | • Fosfatos |
| • Alcalinidad | • Hidrazina |
| • Amoniac | • Hidróxido |
| • Arsénico | • Hierro |
| • Boro | • Hipoclorito |
| • Bromo | • Iodo |
| • Calcio | • Magnesio |
| • Cianuros | • Manganeso |
| • Cloro libre | • Nitratos |
| • Cloro total | • Nitritos |
| • Cloruros | • Oxígeno disuelto |
| • Cobre | • Ozono |
| • Coliformes | • pH |
| • Cromo | • Potasio |
| • Detergentes | • Salinidad |
| • Dióxido de carbono | • Sílice |
| • Dureza | • Sodio |
| • Fenoles | • Sulfatos |
| • Formaldehido | • Sulfuros |
| | • Zinc |

Tabla 1. Relación de algunos de los principales kits de análisis de aguas existentes en el mercado.

- El *material de apoyo*. Cabe destacar el material de rotulación, el cartográfico y los equipos de muestreo. Los dos primeros serán necesarios para ubicar correctamente el punto de toma y muestra. Incluye desde un rotulador y un simple mapa topográfico o cinta métrica a instrumental electrónico como GPS, distanciómetros o altímetros entre otros. Respecto al empleo de botellas tomamuestras dependerá del lugar en el que se pretende tomar el agua. Así, estas botellas (tubos de pequeño diámetro y que pueden ser cerrados a la profundidad deseada) suelen ser muy empleadas para captar el agua de partes profundas de ríos, lagos o el mar, así como de pozos sin instalar.

TRABAJO PREVIO AL MUESTREO

Previamente al proceso de toma de agua conviene realizar un estudio preliminar del ambiente elegido (río, charca, laguna, pantano, embalse, aguas subterráneas, ...). Con ello se persigue determinar el número de puntos a muestrear, conocer las características de estos puntos, establecer el protocolo de muestreo y elegir los posibles parámetros a determinar y calibrar el instrumental electrónico. Todo ello debe ir enfocado a intentar que las muestras sean lo más representativas posible.

El número de puntos a muestrear será función del tipo de medio y de su extensión. Si además se busca algún tipo de contaminación, los puntos de muestreo se deben elegir en función criterios como su proximidad al foco, indicios de contaminación, empleo del agua, etc. El conocimiento de las características de los puntos seleccionados permitirá de-



cidir el material necesario para el muestreo y la forma más adecuada para realizarla. Este aspecto es especialmente importante en el caso de cursos fluviales con problemas de carga contaminante variable con el tiempo o en el caso de las aguas subterráneas cuando no existen surgencias naturales.

Por último, la elección de los parámetros e índices de calidad nos permitirá establecer las características de las aguas y cuantificar el grado de alteración. Esta elección va a depender del ambiente en que se encuentra el agua y de los problemas de contaminación a los que se asocia. También es posible realizar esta elección en función del concepto de calidad utilizado. Para ello es posible ayudarnos de las diferentes normativas vigentes. Baste como ejemplo citar que para las aguas superficiales la D.M.A. establece una relación de parámetros para determinar su calidad ecológica, o que los Reales Decretos 1074/2002 y 140/2003 contemplan una relación de los parámetros exigidos para las aguas emvasadas y aguas de consumo público respectivamente.

De forma general, los indicadores de calidad se clasifican en físicos, químicos y biológicos (Calvo et al., 2001). Se trata de indicadores simples en los que se determina una sustancia o parámetro. También existen índices combinados consistentes en la definición de relaciones matemáticas entre varios parámetros, como el Índice de Calidad General (I.C.G.) o el Índice Simplificado de Calidad del Agua (MMA, 2002; Bustamante et al., 2002).

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA

Respecto a la toma de muestras, conviene destacar que no existe una normativa general aplicable a todos los casos de muestreo de aguas naturales. Tan sólo es necesario tomar una serie de precauciones para asegurar que la muestra no se contamine ni se deteriore antes de su determinación. Las medidas a seguir dependen del tipo de parámetros que se pretende determinar (físicoquímicos, bacteriológico, otros).

Si lo que se va a caracterizar son aguas superficiales es posible tomar muestras simples o compuestas. Las primeras corresponden a tomas puntuales espacial y temporalmente, mientras que las segundas generalmente se obtienen a partir de la mezcla de muestras simples tomadas en distintos momentos. Estas últimas se toman, a lo largo de un intervalo de tiempo (horas, días, semanas, etc), habitualmente en ríos con vertidos variables.

En el caso de que se intenten caracterizar aguas subterráneas y se tomen muestras en manantiales es conveniente evitar los lugares donde las turbulencias son mayores, pero también los puntos de aguas estancadas. Cuando se trata de sondeos y pozos instalados conviene dejar un tiempo suficiente para que el agua extraída no contenga impurezas de la tubería y se estabilice su temperatura. Si las captaciones están abandonadas o sin instalación eléctrica, se necesitan medios para alcanzar el nivel freático

co y extraer la muestra mediante el empleo de *tomamuestras*. En estos casos habrá que tener ciertas precauciones, ya que durante la extracción del agua se pueden producir pérdidas de gases (con las consiguientes modificaciones por variación de alcalinidad y dureza), intercambios de oxígeno capaz de alterar el potencial redox, o bien, incorporar residuos procedentes de la degradación de las tuberías. Además, su temperatura puede diferir de la del acuífero. Para obtener muestras representativas hay que tratar de situar el tomamuestra en la zona filtrante. Se aconseja muestrear siempre de arriba hacia abajo, pues cada introducción o extracción del tomamuestras produce la mezcla del agua en la columna del sondeo. Entre diferentes muestreos debe transcurrir el tiempo necesario para que se restablezca la disposición natural.

Los recipientes de muestreo deben tener un volumen suficientemente pequeño para un buen manejo y transporte, pero al mismo tiempo tiene que ser suficiente para realizar el análisis. Habitualmente se utilizan botellas que pueden ser de vidrio, aunque las de plástico son más prácticas, al ser más manejables y difíciles de romper. Las botellas deben estar limpias; no obstante, es conveniente efectuar un enjuague previo, al menos de dos veces, con el agua que se pretende analizar. En caso de que se quiera realizar un análisis bacteriológico, los envases deben estar esterilizados. Se recomienda tomar "in situ" las medidas de conductividad eléctrica, temperatura, pH, y si es posible, alcalinidad, dureza y potencial redox.

Si además se pretende llevar una muestra al laboratorio para realizar allí una determinación más precisa, es aconsejable, en el momento del muestreo, separar dos alícuotas de agua: una acidificada para la determinación de los cationes y otra sin acidificar para los aniones. Se requiere que las botellas estén completamente llenas y bien cerradas para evitar desgasificaciones durante el transporte. En una botella mal cerrada o a medio llenar se pueden producir alteraciones del pH, CO₂, gases, alcalinidad, dureza y calcio. Cada muestra debe referenciarse, al menos, con su denominación, fecha y si se encuentra acidificada.

El transporte hasta el laboratorio es conveniente realizarlo en frío, por lo que es aconsejable la utilización de una nevera portátil. En el laboratorio, las muestras deben conservarse en refrigerador a temperatura entre 4 y 8°C y su análisis conviene efectuarlo lo antes posible. En este sentido, la determinación de la alcalinidad se recomienda realizarla el mismo día del muestreo.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Para la realización del presente taller se ha elegido el Parque Natural del Hondo de Elche-Crevillente (Alicante), situado en la llanura de inundación de los ríos Vinalopó y Segura, aproximadamente a 11 km al SE de la ciudad de Elche. En este paraje existen dos grandes embalses artificiales asociados a un húmedal natural. Los em-



Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
pH	6-9	Oxígeno disuelto (mg/L O ₂)	(= 9) (= 7)
Temperatura (°C)	(10-21,5) (10-28)	Materia en suspensión (mg/L)	= 25
Nitritos (mg/L NO ₂)	(= 0,01) (=0,03)	Fósforo total (mg/L P)	(0,2) (0,4)

Tabla 2. Algunos indicadores de calidad ambiental en lagos y lagunas según RD 927/1998 del reglamento de administración público para aguas salmonícolas (valores dentro del primer paréntesis) y ciprinícolas (valores dentro del segundo paréntesis).

balses contienen aguas procedentes del río Segura destinadas a regadío, mientras que la laguna natural se compone de aguas salobres.

El taller pretende caracterizar la calidad, en este caso de carácter ambiental o ecológica, de las aguas de estas lagunas a partir de algunos indicadores químicos y físico-químicos que afectan a los indicadores biológicos contemplados en la D.M.A. (Tabla 2).

Se seleccionarán varios puntos de los embalses y de las charca en los que se tomarán varias muestras de agua. El protocolo de trabajo que se realizará será el siguiente:

- Ubicación del punto de muestreo
- Toma de muestra y catalogación de la misma
- Determinación de la temperatura, pH y conductividad eléctrica

Posteriormente se habilitará una zona que servirá de laboratorio de campo y se seguirá con el resto del protocolo:

- Determinación de los diferentes parámetros físico-químicos: amoníaco, oxígeno disuelto, fosfatos, nitritos, nitratos, alcalinidad, detergente, dureza y cloruros.
- Completado de la ficha
- Discusión de los resultados y catalogación de su calidad

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Consellería de Medio Ambiente y a Riegos de Levante la autorización y facilidades dadas para la realización de la actividad en este entorno. Así mismo, queremos mostrar nuestra más sincera gratitud a la Directora del Parque Natural del Hondo de Elche-Crevillente, D^{ña} Paloma Gómez Osorio, así como al técnico Ángel M. Lozano Astray y la monitora Samantha Pastor Villanueva, por su inestimable colaboración en este taller.

BIBLIOGRAFÍA

De Bustamante, I., Sanz, J.M., Goy, J.L., González-Hernández, F.M., Encabo, J.L. y Mateos, J. (2002). Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicación del índice ISQA. *Geogaceta*, 31: 103-106.

Calvo, D., Molina, M^a T. y Salvachúa (2001). *Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente*. 2º Bachillerato, McGraw Hill, 351p.

Gassiot, X. (2002). Análisis y cata de aguas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (10.1): 47-51.

MMA (2000). *Libro blanco del agua en España*. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de Aguas. Ministerio de Medio Ambiente.

Shiklomanov, I.A. (1999). *World water resources and their use*. SHI/UNESCO. ■

FICHA DE CALIDAD					
• Identificación del punto de agua:					
• Características del punto de agua (río, manantial, etc.):					
• Fecha del muestreo:					
• Sistema de muestreo (bombeo, etc.):					
Parámetro	Valor	Unidad	Parámetro	Valor	Unidad
Conductividad eléctrica (C.E.)					
pH					
Temperatura					
Salinidad = C.E. x 0,7					
VALORACIÓN DE CALIDAD					

Tabla 3. Ficha de calidad del agua.

