

## **CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DE LAS AGUAS MINERALES Y MINEROMEDICINALES.**

Ramón LLAMAS MADURGA  
Numerario de la R. Academia de Ciencias.

La industria de las aguas envasadas ha crecido notablemente en España, de modo análogo o incluso superior al crecimiento experimentado en otros países de la CE y en los EE.UU. No hay, al parecer, ningún motivo para pensar que este crecimiento vaya a disminuir en un futuro próximo. El volumen de agua envasada comercializada en España en 1990 fue del orden de 2.000 millones de litros por año, equivalentes a unos 50 litros por persona y año. El valor económico fue del orden de 40.000 a 50.000 millones de pts/año, es decir, una cifra comparable, aunque menor, a la que supone el abastecimiento de aguas potables para consumo público. La industria balnearia española, en cambio, tiene un desarrollo relativo sensiblemente inferior al de los países centroeuropeos y similar al de los países anglosajones donde este tipo de cura médica está menos difundida. Es posible, sin embargo, que esta situación cambie en un futuro no lejano.

La CE aprobó hace algo más de diez años la directiva 80/777 relativa a la aproximación de los estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales (Diario Oficial de la CE del 30.08.80). Esta norma es de obligado cumplimiento en todos los países de la CE. La transposición de dicha Directiva a la legislación española se hizo hace poco más de un año con el Real Decreto 1164/1991 de 22 de julio (RD 1164/91) por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las aguas envasadas.

### **LA LEY DE AGUAS DE 1985 Y LA REGLAMENTACION TECNICO-SANITARIA DE AGUAS DE BEBIDA ENVASADAS DE 1991.**

La Ley de Aguas de 1985 en su art. 1.4. establece que las aguas minerales y termales se regirán por su legislación específica. Llamas y Custodio (1985) ya comentaron antes de que fuera aprobada la Ley que esto suponía una cierta contradicción con el art. 1.2. de la misma Ley en el que se

considera como un recurso unitario todas las aguas continentales superficiales o subterráneas renovables, independientemente del período de renovación de estas últimas. En efecto, enormes volúmenes de aguas subterráneas tienen características fisicoquímicas o bacteriológicas que permitirían usarlas como aguas minerales o mineromedicinales con iguales o mayores méritos que las que actualmente gozan de estas calificaciones.

La separación jurídica de las aguas termales tampoco tiene sentido científico. La vigente legislación de Minas define como aguas termales aquellas que emergen con una temperatura 4°C superior a la temperatura media anual del lugar. Así por ejemplo, en el acuífero de Madrid y en otros muchos acuíferos sedimentarios españoles basta perforar un sondeo con más de 200 m. de profundidad para obtener aguas subterráneas que por su temperatura puedan ser declaradas termales.

La naturaleza jurídica híbrida de las aguas termales y minerales ha sido causa de frecuentes discrepancias en la doctrina jurídica y de sentencias vacilantes, cuando no contradictorias, en la Jurisprudencia.

Desde el punto de vista de la nueva situación legal creada con el RD 1164/91 y a efectos de esta ponencia, me parece interesante consignar que las aguas mineromedicinales han sido excluidas del ámbito de dicha disposición (art. 1.2.1.) remitiendo a la correspondiente normativa específica (todavía no actualizada). No obstante, en la Disposición transitoria tercera del RD 1164/91 se dice que los titulares legales de aguas mineromedicinales podrán optar a efectos de la Reglamentación Técnico-Sanitaria a la calificación de esas aguas dentro de cualquiera de los tipos de aguas establecidos en la propia Reglamentación. De hecho, la mayor parte de las aguas mineromedicinales que se comercializaban envasadas ya habían pasado a la categoría de aguas minerales naturales con objeto de poder acogerse a la Directiva 80/777 de la CE.

### **DEFINICIONES LEGALES DE AGUAS MINERALES Y DE MANANTIAL.**

Es importante hacer notar que la Reglamentación Técnico-Sanitaria de 1991 (RD 1164/91), además de excluir las aguas mineromedicinales, ha cambiado notablemente las definiciones de la Reglamentación de 1981 sobre las aguas minerales naturales y sobre las aguas de manantial. Se comentan a continuación las nuevas definiciones.

Según el art. 2.2.1., “*aguas minerales naturales son aquellas bacteriológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados. Estas aguas pueden distinguirse claramente de las restantes aguas potables: a) por su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos. b) por su pureza original. Características estas que han sido conservadas intactas, dado el origen subterráneo del agua, mediante la protección del acuífero contra todo riesgo de contaminación*”. Para la utilización de esta denominación será preciso que estas aguas reúnan unas características y se sigan unos trámites que figuran, respectivamente en los anexos I y II del RD 1164/91 y que serán comentados más adelante. De momento, basta decir que esta definición de aguas minerales naturales es una mera transposición literal de la versión española de la Directiva 80/777 de la CE.

Según el art. 2.2.2. del RD 1164/91, “*aguas de manantial son las potables de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo, previa aplicación de los mínimos tratamientos físicos requeridos para la separación de los elementos inestables*”. Para la utilización de esta denominación las aguas deberán tener ciertas características especificadas en el anexo I del RD 1164/91 y los trámites necesarios también se especifican en el Capítulo II del título segundo del mismo Real Decreto.

En cualquier caso y desde un punto de vista hidrogeológico no existe diferencia alguna entre los tres tipos de aguas mencionados: aguas minero-medicinales, aguas minerales naturales y aguas de manantial.

Todas ellas son, como ya se dijo, ni más ni menos que aguas subterráneas.

## ORIGEN DE LAS AGUAS Y DE SUS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS.

A continuación se presentan una serie de principios básicos en relación con las aguas minerales. Estos principios son patrimonio común de la gran mayoría de los modernos libros de texto sobre Hidrogeología.

- Casi todas las aguas subterráneas naturales proceden de aguas meteóricas (lluvia o nieve) infiltradas desde la superficie del terreno. En menor proporción pueden proceder de la infiltración de aguas fluviales o lacustres.
- Las aguas subterráneas se mueven, por lo general con gran lentitud. Son velocidades típicas: 1 m/día en terrenos permeables y 1 mm/día en terrenos poco permeables.
- Las aguas subterráneas retornan de modo natural a la fase superficial del Ciclo Hidrológico por evapotranspiración de las plantas o por surgencia en manantiales que pueden ser subaéreos, subfluviales o submarinos.
- Las propiedades fisicoquímicas de las aguas dependen de la composición y temperatura del agua que se infiltra (lluvia, nieve, río o lago), de los procesos biogeoquímicos que tienen lugar en la denominada zona no saturada que existe entre la superficie del terreno y la capa freática propiamente dicha y en las de la trayectoria y tiempo que sigan las partículas de agua subterránea.

## PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS LEGALMENTE EXIGIDAS.

En lo que se refiere a las características fisicoquímicas, el RD 1164/91 introduce variaciones significativas. Recordemos (cf. Llamas, 1991) que la anterior Reglamentación (RD 2119/81) no establecía límites específicos ni para las aguas mineromedicinales ni para las minerales naturales. En el caso de las primeras decía que sería necesario realizar estudios clínicos demostrativos de que su consumo, una vez envasadas, producía efectos útiles en la evolución de procesos específicos. En el caso de las aguas minerales naturales el RD 2119/81 decía que deberían poseer cualidades físicas, químicas y biológicas que les confirieran una acción favorable de las funciones fisiológicas.

El RD 1164/91 introduce una variación importante en lo que se refiere a las características químicas de las aguas minerales. En su art. 1.2.3.1. indica que éstas deberán cumplir, al menos, las especificaciones relativas a las sustancias tóxicas establecidas para las aguas potables de consumo

público en la vigente Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre, BOE del 20). Además, en su art. 1.2.3.2. especifica que deberán estar exentas de cloro residual, compuesto fenólicos, agentes tensio-activos, plaguicidas, difenilos clorados, hidrocarburos, aceites, grasas y cualesquiera otros productos en cuanto sean indicadores de contaminación. Esta norma tiene especial importancia ya que puede dejar fuera del mercado a todas aquellas firmas cuyos manantiales tengan su zona de recarga en terrenos en los que se efectúen actividades que tengan como consecuencia la introducción en el terreno de cualquiera de los productos antes mencionados.

En lo que se refiere a las aguas de manantial, el cambio introducido por el RD 1164/91 ha sido menor pues se limita a exigir la potabilidad total y no solo la ausencia de sustancias tóxicas o indicadores de contaminación como en el caso de las aguas minerales naturales.

Es interesante hacer notar que en todos los casos se excluye cualquier tipo de tratamiento químico o de desinfección de estas aguas (con la única excepción de la ozonización, entendida como simple oxigenación). Esta postura, por otra parte tradicional en Europa, contrasta con la política seguida en los EE.UU donde prácticamente todas las aguas envasadas son desinfectadas químicamente.

#### EXIGENCIA DE PERMANENCIA Y CONTROL DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS.

El RD 2119/81 exigía una constancia en la composición química de las aguas, que esencialmente consistía en que la variación de los iones mayoritarios no fuese superior al 20% de su valor medio. Para establecer este valor medio se exigían datos de cuatro años para las aguas mineromedicinales y para las minerales naturales y, sorprendentemente, de cinco años para las aguas de manantial. Además, de acuerdo con el art. 10 de un antiguo Decreto, casi totalmente derogado, del año 1972 se solicitaban los datos de los aforos y de la composición química de las aguas durante cada uno de los doce meses anteriores a la entrega de la solicitud.

El RD 1164/91 en el art. 1.1.1. del anexo I dice: *"la composición, la temperatura y las restantes características esenciales del agua mineral natural*

*deberán mantenerse constantes, dentro de los límites impuestos por las fluctuaciones naturales. En concreto no deberán verse afectados por posibles variaciones del caudal del manantial"*. Y en el art. 1.1.2. del mismo anexo especifica que *"a efectos de esta Reglamentación, se entenderá por composición constante la permanencia del tipo de mineralización, característica determinada por los componentes mayoritarios y, en su caso, por aquellos otros parámetros que caractericen al agua"*. Además en el art. 1.3. del anexo II se indica que en la solicitud de reconocimiento se acompañará un cuadro comprensivo de los datos relativos a caudal, temperatura, composición química y microbiológica del agua, referidos a cada uno de los doce meses precedentes a la presentación de la solicitud.

En lo que se refiere a los controles e inspecciones, la situación apenas ha cambiado. La empresa debe realizar, al menos, un análisis químico completo en los puntos de emergencia cada cinco años, cada trimestre deberán analizarse los componentes mayoritarios y aquellos parámetros característicos de esa agua. Además, cada jornada deben analizarse en el producto terminado los parámetros indicadores de contaminación bacteriológica. El RD 1164/91 no fija la periodicidad de las inspecciones por las autoridades competentes. En el RD 2119/91 esas inspecciones debían tener lugar, al menos, una vez al año.

#### ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS RECOMENDABLES O EXIGIDOS POR LA LEGISLACION.

La anterior legislación no era demasiado explícita en estos temas.

La actual normativa establecida por el R.D. 1164/91 ha mejorado sensiblemente la situación al transponer los requerimientos de estudios exigidos por la Directiva 80/777 a nuestra legislación. En primer lugar, queda claro que la solicitud debe presentarse ante la autoridad competente de la Comunidad Autónoma en que se encuentre la captación. En el caso de que el expediente afectase a más de una Comunidad, el órgano competente sería el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. No obstante, el art. 19.1.3. dice que la autoridad competente cumplirá el procedimiento regulado en la Ley 22/1973, de 21 de julio, reguladora de Minas (BOE del 24), solicitando los informes que procedan. En el caso de las aguas de manantial, el RD



1164/91 en su art. 20 establece un proceso análogo al de las aguas minerales naturales, al menos en lo que respecta a la Ley de Minas de 1973.

En el anexo II del RD 1164/91 se definen los estudios geológicos, hidrológicos, físicos, químicos y fisicoquímicos necesarios para las solicitudes tanto de aguas minerales como de aguas de manantial, que son prácticamente iguales.

El art. 1.2.1. describe las normas aplicables a los estudios geológicos e hidrológicos. Son las siguientes: 1) la situación de la captación, con indicación de su altitud, sobre un mapa a escala no superior a 1/1000; 2) un informe geológico detallado sobre el origen y la naturaleza del terreno; 3) la estratigrafía del yacimiento hidrológico; 4) una descripción de las obras e instalaciones de captación; y 5) las medidas de protección del manantial y de la zona circundante contra la contaminación.

El art. 1.2.2. describe las normas aplicables a los análisis y estudios físicos, químicos y fisicoquímicos. Son las siguientes: 1) el caudal del manantial; 2) la temperatura del agua en los puntos de alumbramiento y la temperatura ambiente; 3) la relación existente entre la naturaleza del terreno y la mineralización; 4) el residuo seco a 180°C y a 260°C; 5) la conductividad eléctrica, precisándose la temperatura a la que se haya efectuado la medición; 6) la concentración de iones de hidrógeno (Ph); 7) los aniones y cationes; 8) los elementos no ionizados; 9) los oligoelementos; 10) la radiactividad en los puntos de alumbramiento; 11) los niveles relativos de isótopos de los componentes del agua, oxígeno (O-18 y O-16) e hidrógeno (Protio, Deuterio y Tritio); y 12) la toxicidad de determinados componentes del agua teniendo en cuenta los límites fijados a este respecto para cada uno de ellos.

Aunque estas exigencias suponen un notable avance sobre la situación anterior, me parece claro que en la nueva redacción de la Directiva 80/777 podrían y deberían ser ampliamente mejorados.

Hay un punto que parece oportuno enfatizar. El RD 1164/91 no habla ya de perímetros de protección sino de protección del acuífero y de la captación. Es una estrategia acertada, puesto que los perímetros de protección, tal como se venían aplicando en España, eran -son y serán- muy poco eficaces, aunque sólo fuera por la falta de medios de la policía minera para hacerlos cumplir.

Dentro de la diversidad de legislaciones que existe en los EE.UU, llama la atención que, según Fricke (1992) no se conceda importancia en esas legislaciones al tema de los perímetros de protección.

Si un agua está contaminada se prohíbe su venta, venga la contaminación de donde venga. Se piensa que ese es un problema del propietario y no de la administración que controla o de los consumidores.

## INFRAESTRUCTURA HIDROTHERMAL

Juan Ignacio PINUAGA ESPEJEL

Ingeniero de Minas

Inst. Tecnológico GeoMinero de España.

El estudio de la distribución del flujo calorífico en la superficie terrestre demuestra como existen dos tipos de regiones muy diferentes: zonas que pueden denominarse normales, que cubren más de un noventa por ciento de la corteza terrestre, con un flujo medio de  $1,4 \mu \text{ cal/cm}^2.\text{seg}$  y un aumento de la temperatura de 3°C cada 100 metros de profundidad; y zonas anormalmente calientes donde el flujo puede ser de dos y hasta diez veces superior al normal, lo que equivale a gradientes geotérmicos de 15 a 50° C cada 100 metros.

Las zonas denominadas normales comprenden en particular las grandes cuencas sedimentarias, los escudos continentales, dominios externos y plataformas de las cordilleras alpinas periféricas y las vastas llanuras abisales situadas a una media de 4.000 metros bajo el nivel del mar.

Las zonas anormalmente calientes se encuentran en regiones de actividad volcánica reciente o de gran actividad sísmica, como es el caso de las dorsales medio-oceánicas, arcos insulares, etc.

A la vista de la cifras antes mencionadas es necesario pensar en la existencia de alguna fuente de calor que haya sido o sea capaz de generar esa gran cantidad de calor. La teoría más aceptada a nivel mundial es que el origen de la energía calorífica de nuestro planeta se debe en gran parte a la radiactividad de las rocas.

Por último, cabe decir que existen otra serie de procesos, como reacciones químicas, fenómenos tectónicos, terremotos, variaciones del campo magnético terrestre, etc., que también generan calor aunque en cantidades pequeñas normalmente en comparación con el flujo terrestre de calor observado.

## ORIGEN DE LAS AGUAS TERMALES

Las aguas de origen meteórico que se infiltran