

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

en el subsuelo descienden por gravedad hacia capas más profundas, elevando su temperatura en el curso de su circulación subterránea. Estas aguas pueden ascender posteriormente hasta la superficie, a través de las fisuras y fracturas existentes en las rocas, gracias a ciertos mecanismos de surgencia que se comentarán más adelante.

Este es sin lugar a dudas el origen más frecuente de las aguas termales, denominándose comúnmente origen geotérmico.

Las características físico-químicas de estas aguas vienen dadas por la de los terrenos de donde provienen. Por ello, su contenido en sales, su temperatura y las características hidrológicas son muy variables. No obstante, su temperatura en el punto de surgencia raramente supera los 35-40°C.

En algunos casos, sin embargo, la sola circulación de las aguas de origen meteórico en profundidad no permite explicar satisfactoriamente las características físico-químicas de las aguas termales, debiéndoles atribuir un origen endógeno, es decir magmático, volcánico y químico.

Respecto a las **aguas de origen magmático** se puede afirmar que existe la posibilidad de que como consecuencia de la cristalización de los magmas se liberen constituyentes volátiles que pueden escapar en forma de fumarolas, compuestas esencialmente de hidrógeno y vapor de agua, junto con elementos como fluor, cloro, azufre, carbono, fósforo y boro. Así, se ha calculado que al fundirse un km² de granito se liberarían 26 millones de toneladas de agua (1 kg. de granito produce 10 gr. de agua). Según los estudios de Sosman, confirmados por B. Geze, una intrusión magmática con una potencia de 1.000 metros contendría un 5% en peso de agua y al enfriarse lentamente podría producir durante un millón de años una cantidad de agua de unos 23,8 litros de agua por minuto y por kilómetro cuadrado.

La composición en sales y la temperatura de estas aguas termales de origen endógeno, con independencia de la roca de la que proceden, son relativamente constantes y de carácter hipotermal.

De forma análoga, las aguas juveniles o endógenas pueden también proceder de la consolidación de lavas y de vapor de agua de origen volcánico, acompañados generalmente de gases como el anhídrido carbónico, nitrógeno, sulfhídrico, fluorhídrico, etc.

Hasta hace no muchos años, ciertos vulcanólogos se resistían a admitir que los volcanes producen agua, hecho que en la actualidad está totalmente probado, al igual que la relación existente

entre algunas fuentes de aguas termales y ciertas manifestaciones volcánicas.

De igual forma, hay que tener en cuenta que ciertas reacciones químicas de carácter intenso en el seno de la corteza terrestre pueden liberar agua, y que algunos sedimentos al depositarse sobre los fondos marinos dan lugar a un proceso de oclusión de parte del agua de arrastre, originando las denominadas aguas fósiles, particularmente ricas en cloruro sódico (Na Cl), bromo (Br) y Yodo (I).

No obstante, las aguas termales pueden tener también un origen mixto, por mezcla de aguas meteóricas de infiltración reciente con aguas endógenas o fósiles.

FUENTES TERMALES

Las fuentes de agua termal están unidas esencialmente al concepto de "ascensión" de aguas "profundas".

Entre los accidentes geológicos que favorecen la circulación del agua se pueden citar: las diaclasas y fisuras finas; las fallas y zonas de milonitización; los contactos geológicos; los filones y diques eruptivos; los filones metalíferos.

Pero la sola presencia de fisuras y fracturas no es suficiente para que se produzca una surgencia de agua termal. Es necesario que estos accidentes se encuentren abiertos. De ahí la noción de "fisuración activa".

Las surgencias termales vienen determinadas por dos tipos de condicionantes principales: por fracturación intensa con una o varias fases tectónicas, de las que la última, debida a movimientos recientes, está a veces acentuada por algún tipo de actividad volcánica, o por la presencia de valles o depresiones.

No obstante, las rocas fisuradas del sustrato de donde emergen las aguas termales están cubiertas con cierta frecuencia, por formaciones sedimentarias más recientes, que enmascaran auténticos termosifones. En otros casos, puede llegar a existir precipitados que cimentan y colmatan los terrenos permeables que recubren el sustrato, formando una verdadera capa protectora que es preciso perforar para proceder a las captaciones.

MECANISMOS DE SURGENCIA DE LAS AGUAS TERMALES

Los sistemas de aguas termales dan lugar al

nacimiento de fuentes bajo la influencia de factores hidrogeológicos y físicos de los que unos, como el gradiente hidráulico son comunes a todo tipo de circulación subterránea, y otros, son particulares de las aguas termales profundas. Entre estos últimos, se pueden citar: la expansión del vapor de agua; la acción de los gases ocluidos y disueltos y la acción de la temperatura.

Es un hecho que el estudio de las aguas termales pone en evidencia el importante papel de la fracturación de las rocas, abiertas por movimien-

tos tectónicos recientes. Las zonas "libres", así producidas, permiten el ascenso rápido de las aguas profundas, cuyo origen es la infiltración y a veces su relación con fenómenos endógenos. En la mayoría de los casos, se suelen producir fenómenos de mezcla de aguas superficiales con aguas hipertermas profundas, vapor de agua o gases, entre los que cabe destacar el anhídrido carbónico por el papel primordial que juega en este tipo de sistemas.

balneario **NUEVO TERMALISMO**
Fuentepodrida

AGUAS SULFURADAS - CALCICAS - SULFHIDRICAS
Baños • Masajes • Aerosoles • Mecanoterapia • Electroterapia

**TRATAMIENTO MEDICO E HIDROTERAPICO EN PROCESOS
REUMATICOS CRONICOS, AFECCIONES CRONICAS DE LAS VIAS
RESPIRATORIAS Y DE LA PIEL**

**PROGRAMA DIETA Y EJERCICIO PARA OBESIDAD
CURAS DE DESCANSO**

ASISTENCIA MEDICA PERMANENTE
REQUENA (VALENCIA)
Teléfs.: (967) 47 00 09 • (96) 377 31 37/377 49 54