

CONTENIDO

1.- INTRODUCCION

2.- TRABAJOS REALIZADOS (METODOLOGIA)

3.- INVENTARIO Y MUESTREO DE MANIFESTACIONES TERMALES

3.1. ASTURIAS

- 3.1.1. Las Caldas de Oviedo
- 3.1.2. Balneario de Fuensanta
- 3.1.3. Puente Llés
- 3.1.4. Balneario de Andines

3.2. CANTABRIA

- 3.2.1. Balneario de La Hermida
- 3.2.2. Balneario de la Berzosa (Puentenansa)
- 3.2.3. Las Caldas de Besaya
- 3.2.4. Balneario de Puente Viesgo
- 3.2.5. Seminario de Ontaneda (Colegio los Legionarios de Cristo)
- 3.2.6. Balneario de Alceda
- 3.2.7. Agua de Solares
- 3.2.8. Hoznayo
- 3.2.9. Balneario de Liérganes (Fuente Santa)

4.- GEOLOGIA

4.1. LOS MATERIALES

- 4.1.1. Los materiales hercinianos
 - 4.1.1.1. Cambro-Ordovícico
 - 4.1.1.2. Silúrico
 - 4.1.1.3. Devónico
 - 4.1.1.4. Carbonífero
- 4.1.2. Los materiales de cobertera
 - 4.1.2.1. Pérmico
 - 4.1.2.2. Triásico
 - 4.1.2.3. Jurásico
 - 4.1.2.4. Cretácico
 - 4.1.2.5. Paleógeno
 - 4.1.2.6. Cuaternario

4.2. ESTRUCTURA

- 4.2.1. La zona Cantábrica
 - 4.2.1.1. Región de Pliegues y Mantos
 - 4.2.1.2. La Cuenca Carbonífera Central
 - 4.2.1.3. La Región de Mantos
 - 4.2.1.4. Región de los Picos de Europa
 - 4.2.1.5. Región del Pisuerga-Carrión
- 4.2.2. La orla meso-cenozoica
 - 4.2.2.1. La Cuenca de Oviedo
 - 4.2.2.2. La Cuenca Cantábrica

4.3. SITUACION GEOLOGICA DE LAS MANIFESTACIONES

- 4.3.1. Asturias
 - 4.3.1.1. Las Caldas de Oviedo
 - 4.3.1.2. Balneario de Fuensanta

- 4.3.1.3. Fuente Llés
- 4.3.1.4. Balneario de Andines
- 4.3.2. Cantabria
 - 4.3.2.1. Balneario de la Hermida
 - 4.3.2.2. Balneario de la Berzosa (Puentenansa)
 - 4.3.2.3. Caldas de Besaya y Balneario de Puente Viesgo
 - 4.3.2.4. Ontaneda y Alceda
 - 4.3.2.5. Solares, Hoznayo y Liérganes
- 4.3.3. Resumen de las características geológicas

5.- CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

- 5.1. ASTURIAS
 - 5.1.1. Las Caldas de Oviedo
 - 5.1.2. Balneario de Fuensanta
 - 5.1.3. Puente Llés
 - 5.1.4. Balneario de Andines
- 5.2. CANTABRIA
 - 5.2.1. Balneario de La Hermida
 - 5.2.2. Balneario de la Berzosa (Puentenansa)
 - 5.2.3. Caldas de Besaya y Puente Viesgo
 - 5.2.4. Ontaneda y Alceda
 - 5.2.5. Solares-Hoznayo
 - 5.2.6. Balneario de Liérganes
- 5.3. RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

6.- HIDROQUIMICA

- 6.1. ASTURIAS
 - 6.1.1. Las Caldas de Oviedo
 - 6.1.2. Fuensanta
 - 6.1.3. Puente Llés
- 6.2. CANTABRIA
 - 6.2.1. La Hermida
 - 6.2.2. Puentenansa
 - 6.2.3. Las Caldas de Besaya
 - 6.2.4. Puente Viesgo
 - 6.2.5. Ontaneda - Alceda
 - 6.2.6. Solares - Hoznayo
 - 6.2.7. Liérganes
- 6.3. INTERPRETACION GEOQUIMICA GENERAL
 - 6.3.1. Características generales
 - 6.3.2. Justificación geoquímica
 - 6.3.3. Indicadores geotérmicos en el agua

7.- GEOQUIMICA DE GASES

8.- ISOTOPOS

- 8.1. ISOTOPOS ESTABLES
 - 8.1.1. Relación O¹⁸-D
 - 8.1.2. Cálculo de la variabilidad isotópica espacial
- 8.2. ANALISIS DE TRITIO

9.- TERMOMETRIAS QUIMICAS

10.- ESTUDIO DEL FLUJO REGIONAL

11.- CONCLUSIONES

12.- RECOMENDACIONES

13.- TRABAJOS CONSULTADOS

ANEXOS

1.- RESUMEN DEL INVENTARIO

2.- ANALISIS QUIMICOS

3.- ANALISIS DE GASES

4.- GEOTERMOMETRIAS

5.- DIAGRAMAS DE SCHOELLER – BERKALOFF

RELACIÓN DE CUADROS Y FIGURAS

11.- CONCLUSIONES

- El termalismo en el Principado de Asturias y en Cantabria está representado por 16 manifestaciones distribuidas en 12 núcleos principales, cuatro de ellos situados en Asturias y los restantes en Santander. Una de estas manifestaciones (Andines en Asturias) se halla completamente en ruinas y el manantial es inaccesible.
- Las manifestaciones de Asturias se sitúan sobre los materiales paleozoicos fuertemente tectonizados que integran el macizo herciniano del norte peninsular. Están relacionadas con las calizas carboníferas y su emplazamiento suele ser próximo al contacto entre las calizas y la serie mesozoica. En general no son directamente relacionables con líneas de falla importantes.

Las manifestaciones de Cantabria se localizan tanto sobre materiales paleozoicos como mesozoicos, dado el carácter de borde del macizo herciniano de la zona santanderina. La Hermida, Las Caldas de Besaya y Puente Viesgo manan de las Calizas de Montaña en su contacto con el Permo-triás, y son fácilmente relacionables con fallas importantes. Las restantes manifestaciones se ubican sobre materiales mesozoicos, poco tectonizados como en el caso de Puentenansa y Ontaneda-Alceda, o fuertemente diapirizados, como en Solares, Hoznayo y Liérganes.

- Son emisiones de agua de baja temperatura, con las relativas excepciones de la Caldas de Oviedo (42° C) y La Hermida (51° C). Las restantes manifestaciones son de agua templada con temperaturas comprendidas entre los 15° C de Puentenansa y los 35° C de las Caldas de Besaya, ambas en Cantabria.
- Generalmente se trata de surgencias difusas captadas mediante excavaciones de poca profundidad. Los caudales son variables y oscilan entre los 0,5 l/s de Fuensanta de Oviedo y los 47 l/s de Solares.
- Las manifestaciones termales estudiadas se generan, por tanto, a favor de la tectónica local, asociadas a los materiales de máxima permeabilidad de la zona (calizas carboníferas y mesozoicas), sobre las que se desarrolla el circuito termal y, probablemente, el almacén.

Las buenas características hidráulicas de estas facies provocan la dispersión de las surgencias respecto a los accidentes tectónicos que posibilitan su génesis, de manera que en muchos casos es difícil relacionar los dos fenómenos entre sí. Las surgencias tienen lugar generalmente en los contactos con materiales más impermeables y en zonas topográficamente deprimidas. Por otro lado, la fuerte carstificación producida por la elevada pluviometría del sector, facilita los fenómenos de mezcla entre el agua termal y las aguas frías de infiltración.

La dispersión de los circuitos de salida, unida a los fenómenos de mezcla, hacen que el termalismo en esta zona se presente muy atenuado. Es probable que

muchos fenómenos termales generados en la región queden de esta forma diluidos antes de manifestarse en superficie.

La mayor parte de los manantiales termales estudiados resultan de la interacción entre un acuífero calcáreo y materiales permotriásicos en facies detríticas y evaporíticas, las cuales no solo condicionan el sistema hidráulico de las surgencias y el quimismo del agua, sino que, en algunos casos, puede justificar también sus características térmicas, dada la elevada conductividad de los materiales evaporíticos.

- Las aguas termales analizadas son ligeramente alcalinas, con pH entre 7 y 8. Presentan una gran dispersión de facies hidroquímicas, de tipo bicarbonatado cálcico y poco salinas en las Caldas y Fuensanta de Oviedo. Siguen las facies mixtas, bicarbonatadas-cloruradas cálcico-sódicas también de baja salinidad, de Puente Llés, Solares y Hoznayo. Las aguas sulfatadas cálcicas caracterizan las manifestaciones sulfhídricas de Puentenansa y Liérganes, esta última de carácter salobre. Finalmente son cloruradas sódicas en Puente Viesgo, La Hermida y Caldas de Besaya con una salinidad creciente, y también en Ontaneda-Alceda, aunque con una notable componente sulfatado-cálcica. Son en general aguas salobres que constituyen las facies más salinas de la zona. Las durezas son elevadas, superando en todos los casos los 200 ppm de CO_3Ca (2040 ppm en Ontaneda-Alceda).

Esta diversidad de facies contrasta con la uniformidad de las aguas frías muestreadas como referencia, con facies bicarbonatadas cálcicas predominantes, los pH son análogos y las salinidades inferiores a las aguas termales.

- Ninguno de los elementos secundarios analiza dos como indicadores geotérmicos (SiO_2 , F y B) se encuentran en concentraciones interesantes. Los valores de la sílice en las aguas termales oscilan entre 9 y 30 ppm, con la excepción de Fuensanta de Oviedo con 60 ppm; son valores muy bajos, aunque siempre superiores a las aguas frías, generalmente por debajo de los 7 ppm. Flúor y boro se encuentran también en concentraciones relativamente bajas, aunque generalmente las aguas termales presentan también concentraciones superiores a las aguas frías. Los valores del amonio son poco significativos, dada la poca sensibilidad del método analítico (0,05 ppm).
- El carácter bicarbonatado cálcico y poco salino de la mayor parte de las .aguas de referencia es perfectamente normal, dado que generalmente corresponden a aguas de escorrentía superficial o de escorrentía subterránea somera sobre materiales carbonatados, predominantes en la zona de estudio.

La justificación geoquímica de las facies termales tampoco presenta especiales problemas. El carácter carbonatado cálcico de las Caldas y Fuensanta de Oviedo se justifican plenamente mediante un circuito termal desarrollado exclusivamente a favor de las Calizas de Montaña. Las restantes manifestaciones, con una importante influencia salina en sus facies, generalmente resultan de la circulación

mixta por acuíferos calizos. (Paleozoico y Mesozoico) y el Triásico (Keuper en especial). El grado de interacción junto con la diversidad de materiales del Triás, definen la naturaleza hidroquímica de cada manifestación.

Puede considerarse que los bajos valores de los contenidos de SiO_2 están en consonancia con el predominio de los acuíferos carbonatados y que incluso los 60 ppm de Fuensanta de Oviedo pueden justificarse por la proximidad de un basamento cuarcítico. Las concentraciones relativamente bajas de los restantes elementos minoritarios (flúor boro y litio) son perfectamente normales para las salinidades que entran en juego, más si se consideran las facies evaporíticas asociadas a la mayor parte de los acuíferos y unos tiempos de residencia largos. Resulta difícil en ellas buscar implicaciones geotérmicas importantes, a pesar de tratarse de valores generalmente superiores al fondo regional.

La frecuente asociación del termalismo cantabro-asturiano con los materiales triásicos (Keuper en especial) se comprende si se considera que a su carácter plástico se deben la mayor parte de las estructuras diapíricas y de corrimiento que afectan a este sector marginal del Macizo Herciniano. La asociación del Triásico a los grandes accidentes estructurales hace que el termalismo se presente también asociado a estos materiales.

Por otro lado, la alta conductividad térmica de los materiales evaporíticos puede producir un calentamiento diferencial de las aguas que circulan por sus proximidades, dando la falsa impresión de una fenomenología de carácter termal. Algunas de las manifestaciones de baja temperatura, asociadas al diapirismo triásico pueden ser de este estilo.

- La carstificación de las vías de circulación preferente y el acondicionamiento de muchas surgencias termales como plantas embotelladoras, motiva que sea prácticamente imposible el muestreo de gases con fiabilidad de que no exista intercambio entre el posible gas endógeno y la atmósfera.
- Las 3 muestras analizadas contienen una componente mayoritaria (88-93% en Vol) de N_2 , por lo que deben interpretarse como aire reducido con una mínima componente endógena rica en He cuya temperatura de equilibrio se cifra en unos 100°C .
- Los análisis isotópicos, por su parte, indican que las aguas termales son aguas meteóricas de circulación más o menos profunda, con claros indicios de mezcla en la mayor parte de los casos con aguas meteóricas de infiltración reciente. No se aprecian derivas isotópicas debidas a vaporización o a intercambio de O^{18} con las calizas marinas, por lo que cabe pensar en temperaturas inferiores a los 100°C o a mezclas muy importantes.
- Los cálculos de geotermometría líquida no son aplicables en el caso de Asturias-Cantabria, dado que los materiales que intervienen en el teórico equilibrio agua roca son calizas y facies evaporíticas. En el mejor de los casos, y aceptando que los

geotermómetros SiO_2 y Ca/K funcionaran; hecho discutible pues a pesar de ser los de menos efecto "contaminatorio" no cumplen todos los requisitos requeridos, las temperaturas con ellos calculadas son siempre inferiores a 100°C .

- Todos los criterios químicos e isotópicos apuntan, por tanto, a que el fenómeno termal en profundidad es del orden de $40\text{-}85^\circ \text{C}$, pero con una salvedad importante: las temperaturas de almacén calculadas, con todas las objeciones expuestas, son tan solo $15^\circ\text{-}252^\circ \text{C}$ superiores a las de salida.

También todos los resultados térmicos de los sondeos petrolíferos indican que el flujo regional es inferior a la media peninsular, por lo que hay que pensar en circulaciones profundas y no en anomalías térmicas.

Los 100°C que apunta la geotermometría gaseosa corresponde a la temperatura a la que se ha generado la pequeña componente de gas endógeno ($<1\%$), que por supuesto no tiene por qué coincidir con la termometría química, dado que el origen del gas es necesariamente más profundo, y, por su contenido en He debe implicar al basamento cristalino.