

6. AGUAS TERMALES

En la provincia de Granada son numerosas las manifestaciones termales. El número de manantiales y sondeos inventariados se eleva a 70; algunos de ellos se han agrupado en el mapa y tabla que acompañan este capítulo, en atención a la escala de dicho mapa y a tratarse de puntos próximos, con idéntico o muy parecido condicionamiento hidrogeológico.

El criterio de clasificación utilizado consiste en considerar un agua como termal si su temperatura es superior a 18°C, límite que ha sido ampliamente utilizado en buen número de países de características climáticas similares a las de esta región, y, de hecho, ha sido el adoptado en los trabajos de las Universidades de Granada y del País Vasco de los que se ha obtenido la información presentada en este capítulo. Las temperaturas próximas a este límite son precisamente las más frecuentes en la provincia de Granada. Este rango relativamente bajo de temperatura sugiere la influencia en bastantes de los puntos inventariados de fenómenos de mezcla de los aportes termales con aguas subterráneas próximas a la superficie y de menor temperatura.

Las temperaturas más elevadas, próximas a 40°C, corresponden a las surgencias tradicionalmente utilizadas en balnearios (Alhama, Graena, Zújar, Alicún, etc.). Las aguas de estas surgencias suelen presentar una elevada salinidad (conductividades generalmente superiores a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una facies hidroquímica sulfatada cálcica, con contenidos relativamente altos en cloruros y sodio, que llegan a ser predominantes en los Baños de Zújar; igualmente son dignos de mención los altos contenidos en constituyentes minoritarios y trazas de este tipo de aguas. Por el contrario, entre los puntos de menor temperatura son más frecuentes las facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas y los contenidos salinos más bajos, de modo que las conductividades suelen ser menores de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las surgencias de mayor temperatura y de facies sulfatada cálcica son más frecuentes en las Zonas Internas de la Cordillera o en las proximidades del contacto entre Zonas Internas y Zonas Externas, es decir, relacionadas principalmente con acuíferos en dolomías alpujarrides o en calizas y dolomías de las unidades subbéticas y afines más meridionales. Muchas de ellas surgen precisamente en los bordes de las depresiones interiores de la Cordillera que jalonan este contacto (depresiones de Granada y Guadix-Baza).

En cuanto a las surgencias de menor temperatura y facies bicarbonatada cálcica, son más comunes en relación con acuíferos pertenecientes a las Zonas Externas de la Cordillera (Subbético y Prebético), sin que este esbozo de clasificación pueda ser considerado absolutamente riguroso, en gran parte debido a la influencia distorsionadora que en cualquier ámbito de la provincia supone la mezcla con aguas subterráneas próximas a la superficie y de baja temperatura que, en este tipo de acuíferos, suelen presentar una facies bicarbonatada cálcica.

Una buena parte de las principales manifestaciones termales aparecen alineadas jalonando direcciones de fracturas de importancia en la estructuración de la Cordillera Bética. Especial mención merecen en este sentido el accidente, de dirección N 60-70 E, que se extiende desde Alicante hasta Cádiz, próximo al contacto Zonas Internas-Zonas Externas en el área de la provincia, los de dirección N 130-160 E, como la falla de Tíscar, y los de dirección este-oeste, de los que el más notorio es el del borde septentrional de la depresión de Las Alpujarras. Estos hechos evidencian el papel que estas estructuras juegan en el condicionamiento de la situación de las surgencias, si bien en el detalle éstas pueden estar relacionadas con otras estructuras de importancia secundaria, aunque en indiscutible conexión con las primeras. Es significativo que tales estructuras principales son también las que acogen los principales focos sísmicos de la región; el manantial de los Baños de Alhama

suministra un buen ejemplo de la coincidencia espacial de ambos fenómenos, hasta el punto de que, al parecer, se modificó la situación de la surgencia a raíz del "terremoto de Andalucía" del 25 de Diciembre de 1884.

Así como pueden establecerse algunas características generales relativas al control geológico de la situación de las surgencias, que acaban de ser esbozadas, son mucho más diversas las condiciones hidrogeológicas de los acuíferos que proporcionan los aportes termales.

En algunos casos, especialmente en el de las surgencias de menor temperatura, representan una parte de la descarga de acuíferos carbonatados, en los que, con un dispositivo estructural más o menos complejo, existen flujos relativamente profundos que provocan una anomalía térmica moderada. Con frecuencia el material acuífero está confinado en el borde en que aparece la surgencia termal, cuya situación está entonces condicionada por la existencia de fracturas o bien de niveles más permeables conectados hidráulicamente con el acuífero principal. Este modelo sería válido, por ejemplo, para las manifestaciones termales de la parte septentrional de la provincia (Fuencaliente y Parpacén en Huéscar, Fuencaliente de Orce y manantiales asociados, etc), que surgen en niveles conglomeráticos, intercalados entre tramos menos permeables, pertenecientes al relleno de la depresión de Guadix-Baza que reposa discordantemente sobre los materiales carbonatados del acuífero principal. Todas las circunstancias, y muy en particular la escasa distancia desde las surgencias termales al contacto entre ambas formaciones, apuntan a la conexión hidráulica entre ellas. La facies hidroquímica bicarbonatada cálcica es también coherente con esta explicación, de modo que los contenidos relativamente altos en sulfatos, cloruros y sodio pueden ser atribuidos a una cierta influencia de las evaporitas del probable sustrato clásico-salino del Trías o de los materiales pliocuaternarios de la depresión de Guadix-Baza. Aunque en un ámbito geológico diferente, los manantiales de Albuñol y Lobres, por ejemplo, admiten una interpretación similar; en el primer caso la reducida extensión superficial de los afloramientos dolomíticos en los que se realiza la surgencia obliga a considerar un área de recarga verosímilmente ligada a una unidad alpujarride más alejada; en Lobres la variabilidad hidroquímica, tanto espacial como probablemente temporal, sugiere la existencia de fenómenos de mezcla de aguas de procedencias diversas, incluyendo la afección de aguas estrictamente superficiales; naturalmente, son en este caso los niveles evaporíticos incluidos en la secuencia alpujarride los responsables de las facies sulfatadas cálcicas.

La interpretación de los manantiales de mayor temperatura es algo más compleja. Los Baños de Zújar, por ejemplo, surgen en el borde septentrional del acuífero carbonatado del Jabalcón, cuya superficie es claramente insuficiente para justificar la cuantía de dichas aportaciones. Resulta razonable suponer un área de recarga constituida por los afloramientos dolomíticos de la Sierra de Baza, que se prolongan bajo los rellenos de la depresión, de modo que el límite septentrional de tal sistema puede estar representado por la importante fractura del Guadiana Menor, en la que se localiza la surgencia. Interpretaciones similares serían plausibles en los Baños de Graena y de Alhama, suponiendo, en el primer caso, una relación con los acuíferos del sector de Sierra de La Peza, o incluso Sierra Arana, y en el segundo, verosímilmente con Sierra Gorda. En todos los casos se trata de manantiales próximos a la zona de fractura Cádiz-Alicante, de modo que la mayor profundidad de las estructuras es coherente con una más alta temperatura y un mayor contenido salino de las surgencias.

En el caso de Sierra Elvira se ha invocado la circulación en el seno de materiales detríticos, predominantemente calcarenitas del Mioceno superior, de modo que la situación de los Baños estaría relacionada con la importante

fractura NW-SE que constituye el borde meridional de la estructura. En apoyo de dicha hipótesis se encuentra el hecho de haber sido captado recientemente dicho acuífero con sondeos, en los que se ha obtenido agua surgente con características similares, si bien a mayor temperatura, dado que en los Baños de Sierra Elvira la composición isotópica ha demostrado la influencia de mezcla con aguas no termales, próximas a la superficie. Igualmente, el quimismo sugiere una circulación en materiales detríticos ricos en evaporitas. En todo caso, no se descarta la posible relación con otras unidades subbéticas.

En el área de Lanjarón y Las Alpujarras existe una notable diversidad, tanto termométrica como hidroquímica, que parece obedecer a la mezcla de aportes profundos, termales, ocasionalmente ricos en CO_2 ("fuentes agrías"), con aguas de origen superficial. Concretamente, en Lanjarón las surgencias aparecen próximas al contacto entre los complejos Alpujarride y Nevado-Filábride, en relación con accidentes de dirección E-W y N 30 E; el carácter ferruginoso puede ser atribuible a fenómenos de oxidación de sulfuros, lo que, al propio tiempo, proporcionaría el carácter ácido de los aportes.

Habida cuenta que la temperatura en las surgencias puede estar influida por diversos procesos, uno de los datos de interés a la hora de evaluar las posibilidades geotérmicas de la región es el correspondiente a la "temperatura de base", es decir, la máxima temperatura alcanzada por el agua en profundidad. Existen numerosos métodos geoquímicos que permiten estimar dicha temperatura, aunque la fiabilidad de los resultados depende de la medida en que se cumplan los requisitos de aplicabilidad de cada método. En la tabla adjunta a este capítulo se facilitan las temperaturas de base calculadas a partir de los métodos que utilizan el contenido en sílice, que han resultado ser los más coherentes. Los valores máximos se sitúan en torno a 80-90°C y son frecuentes los comprendidos entre 40-60°C; este último rango de temperatura es el obtenido a partir de otros métodos para las aguas termales de la mayor parte de la Depresión de Granada.

Todo ello sugiere que las aguas termales conocidas en la provincia de Granada representan manifestaciones superficiales de acuíferos poco profundos, aunque relativamente diferentes entre sí. Sin embargo, es obvio que la baja entalpía no excluye su interesante aprovechamiento con muy diversas aplicaciones.

Por otro lado, aunque los datos existentes acerca del flujo calorífico se refieren principalmente a áreas ajenas a la provincia granadina, se puede asegurar que los valores calculados para España son superiores en prácticamente la totalidad de su superficie a la media europea (82 mW/m^2 para zonas continentales y 99 mW/m^2 para áreas marinas frente a 62.1 y 50 mW/m^2 , respectivamente). Y, todavía más, los valores más altos de flujo conocidos en España se encuentran precisamente en el área mediterránea, con un máximo en la región castellanense de 150 mW/m^2 y con valores medios del mismo orden de magnitud (100-120 mW/m^2) de las anomalías del área del Tirreno y de los importantes campos geotérmicos italianos asociados a las mismas.

Tales datos permiten albergar esperanzas acerca de la existencia de campos geotérmicos de más alta entalpía, ligados a sistemas de los que no se conozcan manifestaciones superficiales. En este sentido se puede agregar que las características geológicas de la provincia granadina no descartan a priori la existencia de almacenes geotérmicos a mayor profundidad y temperatura, ligados sobre todo a los materiales permeables de las unidades de las Zonas Internas; la identificación de tales estructuras favorables requeriría, sin embargo, un importante esfuerzo de investigación.

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LAS AGUAS TERMALES

| Nº | NOMBRE | Tª (°C) | Q (l/s) | CONDUCT. (µS/cm) | COMPOSICION QUIMICA (meq/l) | | | | | | | Tª DE BASE (°C) Fournier & Truesdell/Siever | OBSERVACIONES | | |
|------|-------------------------------|------------|------------|---------------------|--------------------------------|------------------|-----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|--|---------------|----------------------------|--------------------------------|
| | | | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | CO ₃ H ⁻ | SO ₄ ⁼ | Cl ⁻ | | | (mg/l) SiO ₂ | |
| 1 | Manantial Los Tubos | 22 | 100 | 600 | 3.20 | 2.68 | 0.97 | <0.02 | 5.30 | 0.70 | 0.87 | | | | |
| 2 | Manantial de Parpacén | 18 | 150 | 750 | 5.10 | 3.74 | 0.59 | <0.02 | 4.70 | 3.00 | 0.58 | | | | |
| 3 | Man. Fuencaliente (Huéscar) | 19 | 400 | 1034 | 4.85 | 3.96 | 3.03 | 0.10 | 4.20 | 2.70 | 3.11 | | | | |
| * 4 | Man. Fuencaliente (Orce) | 21 | 80 | 1034 | 6.40 | 3.60 | 2.27 | 0.40 | 5.40 | 4.80 | 2.62 | | | | |
| 5 | Sondeo (La Serrá) | 30 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Man. Cjo. del Curcás | 28 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| * 7 | Man. Baños de Zújar | 38 | 180 | 4700 | 30.20 | 12.26 | 34.22 | 0.37 | 2.52 | 35.23 | 36.16 | 42.0 | 93 | 80 | Balneario cerrado |
| 8 | Man. Fuencaliente | 21 | 15 | 1250 | 7.70 | 3.30 | 0.88 | 0.05 | 4.80 | 6.50 | 0.70 | | | | |
| 9 | Man. Las Calenturas | 18 | 2 | 1790 | 7.70 | 11.40 | 1.95 | 0.40 | 7.00 | 12.00 | 2.40 | | | | |
| 10 | Man. Panadero | 18 | <1 | 1420 | 6.80 | 7.90 | 0.58 | 0.06 | 7.30 | 7.90 | 0.70 | | | | |
| 11 | Man. Baños de Alicún | 34 | 240 | 1525 | 17.40 | 6.99 | 2.81 | 0.12 | 4.25 | 21.87 | 2.48 | 16.4 | 54 | 40 | Balneario |
| 12 | Man. Fuente Alta | 21.8 | 150 | 610 | 6.25 | 2.39 | 1.74 | 0.08 | 3.44 | 3.56 | 2.20 | 10.8 | 40 | 25 | Fuertes oscilaciones de caudal |
| 13 | Man. Baños de Graena | 44 | 10 | 2650 | 30.40 | 7.98 | 0.91 | 0.18 | 2.33 | 31.37 | 0.56 | 54.4 | 96 | 84 | Balneario |
| 14 | Man. Los Buñuelos | 29.5 | 1 | 3410 | 26.80 | 9.40 | 4.70 | 0.40 | 2.80 | 31.50 | 6.12 | | | | |
| 15 | Man. La Laguna | 20 | | 862 | 7.55 | 2.22 | 1.23 | 0.05 | 4.54 | 6.52 | 1.58 | 8.4 | 33 | 17 | Explotado por bombeo |
| * 16 | Man. Bco. de la Torrecilla | 19 | 3 | 700 | 9.90 | 0.58 | 1.35 | 0.05 | 3.69 | 7.42 | 1.52 | 13.8 | 47 | 34 | |
| 17 | Man. Fuencaliente | 20 | 5 | 685 | 9.00 | 1.73 | 1.39 | 0.04 | 3.26 | 6.62 | 1.52 | 9.6 | 36 | 21 | |
| * 18 | Man. Fuente de la Balsa | 19.2 | 100 | 775 | 10.25 | 1.23 | 1.35 | 0.05 | 3.64 | 7.62 | 1.52 | 12.0 | 43 | 29 | |
| 19 | Pozo Baños de Sierra Elvira | 31.7 | | 2450 | 22.25 | 10.36 | 10.30 | 0.27 | 3.21 | 25.19 | 18.00 | 31.6 | 79 | 67 | |
| 20 | Pozo Bellavista | 24.6 | | 860 | 6.49 | 3.13 | 1.83 | 0.33 | 5.20 | 4.25 | 1.61 | 11.0 | | | |
| * 21 | Pozo 1941-5-052 | 20.1 | | 2330 | 23.40 | 3.58 | 1.70 | 0.06 | 4.56 | 32.49 | 1.07 | 17.5 | | | |
| 22 | Sondeo | 35 | | 2000 | | | | | | | | | | | |
| * 23 | Man. Balneario Alhama (Viejo) | 42.2 | 200 | 610 | 5.55 | 3.37 | 2.24 | 0.15 | 2.66 | 4.85 | 1.92 | 36.0 | 86 | 73 | Balneario |
| * 24 | Man. Baños de La Malá | 28.4 | 4 | 2400 | 21.80 | 10.69 | 9.91 | 0.25 | 2.61 | 24.92 | 12.21 | 33.0 | 81 | 69 | |
| 25 | Man. Urquizar | 24.5 | 10 | 1407 | 6.40 | 4.20 | 2.50 | 0.20 | 4.50 | 6.50 | 3.00 | | | | |
| 26 | Man. Bacamías | 24 | 20 | 1161 | 7.20 | 5.10 | 3.70 | <0.02 | 3.80 | 7.00 | 5.70 | | | | |
| 27 | Man. Baños de Chite | 24 | 5 | 870 | 5.00 | 1.90 | 1.00 | 0.20 | 5.40 | 1.20 | 1.80 | | | | |
| 28 | Man. Baños de Melegís | 24 | 2 | 430 | 1.80 | 3.10 | 0.10 | <0.02 | 4.50 | 0.50 | 0.10 | | | | |
| 29 | Man. Fuente Grande | 23 | 10 | 430 | 1.40 | 2.80 | 0.50 | <0.02 | 3.50 | 0.60 | 0.60 | | | | |
| * 30 | Man. Ferruginoso (Lanjarón) | 28 | 3 | 12470 | 45.00 | 13.50 | 90.00 | 5.00 | 19.90 | 10.00 | 123.10 | | | | |
| * Id | Man. La Salud | 26 | 4 | 985 | 5.90 | 2.22 | 4.61 | 0.37 | 3.72 | 0.85 | 6.68 | 41.2 | 91 | 79 | Balneario |
| 31 | Man. Baños de La Colorá | 27 | 10 | 2475 | 34.05 | 6.66 | 5.52 | 0.34 | 5.44 | 35.15 | 8.01 | 17.6 | 56 | 43 | Balneario |
| 32 | Man. Fte. Pago Secanillo | 19 | 3 | 371 | 3.30 | 1.70 | 0.49 | 0.06 | 3.57 | 0.50 | 0.20 | | | | |
| 33 | Man. Baños del Piojo | 24 | 10 | 2510 | 27.00 | 6.10 | 0.20 | 0.06 | 5.30 | 25.60 | 0.30 | | | | |
| * 34 | Man. Venero | 24 | 5 | | 6.90 | 2.90 | 16.00 | 0.22 | 1.40 | 7.00 | 9.70 | | | | |
| * 35 | Man. Rambla Las Angosturas | 26 | 100 | 2125 | 29.10 | 9.46 | 2.88 | 0.07 | 4.54 | 37.67 | 1.72 | 14.4 | 49 | 35 | |
| * Id | Man. La Alberca | 25 | 3 | 2090 | 24.55 | 7.16 | 2.49 | 0.07 | 4.54 | 28.12 | 1.27 | 21.1 | 63 | 50 | |

(*) Grupo de manantiales o pozos (sólo se incluyen algunos ejemplos significativos).



AGUAS TERMALES

LEYENDA

- Manantial o grupo de manantiales
- Pozo o grupo de pozos
- 7 Numeración correspondiente a la tabla adjunta

ACUIFEROS DE MENOR ENTIDAD

ACUIFEROS DISPERSOS

Albayate - S^o del Espino
30/5/8

Illora - Zagra
30/5/1,3,6

Campo Agro
30/5/7

S^o de Montillana
30/4/4,2

S^o de Alta Coloma
30/2/6

El Mencal
30/3/8,9

S^o ARANA
30/4/5,6

S^o DE MOCLIN-LAS CABRAS
30/4/1,2

S^o DE BAZA
31/2

GUADIX
32/2

CASTRIL
30/b

La Zarza
30/3/2

S^o DE ORCE
30/3/5

S^o DE DUDA-LA SAGRA
30/3/6

BAZA-CANILES
32/3

S^o DE LAS ESTANCIAS
46/a

VEGA DE GRANADA
32/1

S^{os} DE ALMIJARA-L. GUARAS
ALBUÑUELAS Y TEJEDA
41/1/1,3,4 - 41/2/3,4

La Peza
31/1
S^o del Pódul
41/3

ACUIFEROS DE LAS ALPUJARRAS

S^o GORDA (Y GIBALTO)
40/2/1,2,3 - 40/1/4

Albuñol
41/5

S^o de Lújar
41/4/1

Escalate - Espartinas
41/4/2

Almuñécar
91/2

Motril-Salobreña
91/3

Castell de Ferro
91/5

Rámbla de Albuñol
91/6

ACUIFEROS COSTEROS

LEYENDA

ACUIFEROS EN MATERIALES CARBONATADOS

Constituidos esencialmente por calizas y dolomías de unidades prebélicas y subbélicas. No se representan las áreas confinadas en los bordes de la Unidad

Constituidos esencialmente por dolomías y mármoles de las unidades alpujarrides. No se representan las áreas confinadas en los bordes de la Unidad

ACUIFEROS EN MATERIALES DETRITICOS

Constituidos por materiales pertenecientes al relleno de depresiones intramontañosas y a formaciones aluviales

BAZA-CANILES
32/3

Denominación
Código Identificación IGME

--- Límite de Unidad



0 10 20 km