

7042

## IMPACTO GEOMORFOLÓGICO DEL HIDROTERMALISMO

M. Martín-Vallejo, I. García-Rossell & F. Berrad

C.S.I.C. Universidad de Granada. Dpto. Geodinámica. (Trabajo realizado mediante los proyectos de CICYT NAT 622.0/90, AMB/920408 y LUCDEME)

Rossel

Geomorfología en España  
J. Arnáez, J. M. García Ruiz & A. Gómez Villar, Edrs.  
1994, Sociedad Española de Geomorfología  
Logroño

R- 7042

## IMPACTO GEOMORFOLÓGICO DEL HIDROTERMALISMO



M. Martín-Vallejo, L. García-Rossell & F. Berrad

C.S.I.C. Universidad de Granada. Dpto. Geodinámica. (Trabajo realizado mediante los proyectos de CICYT NAT 622.0/90, AMB/920408 y LUCDEME)

**RESUMEN.** Hasta ahora, la única significación geomorfológica que se le ha atribuido al termalismo ha sido la de la propia surgencia. Sin embargo, en la zona del SE peninsular todas las formaciones de tobas travertínicas están asociadas a surgencias termales.

Las dimensiones y los rasgos del relieve que la mayoría de dichas tobas originan (plataformas subhorizontales de hasta 4 Km<sup>2</sup>) implica un significado geomorfológico que ha de ser tenido en cuenta en cartografía temática correspondiente, pues deben ser considerados como unidades de orden 6, de acuerdo con la sistematización de Tricart (1959).

Otro aspecto añadido concierne a la repercusión de tales tobas, y en su caso, de los caudales a ellas ligadas sobre la ubicación de las poblaciones y el uso y aprovechamiento del suelo.

En el presente trabajo se estudian las características de las aguas termales y de las formaciones travertínicas.

**Palabras clave:** hidrotermalismo, tobas travertínicas, SE España.

**ABSTRACT.** The Hydrothermalism has been scarcely considered as a geomorphogenetic element, but in a broad area of Southeast Spain the thermal springs are connected with large platforms of tuffaceous travertines.

The geomorphological units originated by such calcareous deposits are so extended that they should be considered as units of order six, according to the Tricart's classification (1959).

Furthermore, we must consider the relation between those thermal springs and the landscape and the location of village to them.

In this paper the characteristics of thermal waters and travertine of the Almanzora basin have been studied.

**Key words:** Hydrothermalism, tuffaceous traverlines, Southeast Spain.



## INTRODUCCIÓN

Las normas de cartografía geomorfológica sólo contemplan como rasgo cartográfico de las manifestaciones hidrotermales a las propias surgencias, sin establecer conexión alguna con las formaciones travertínicas. La razón de ello, estriba en que tradicionalmente la génesis de tales rocas no se conocía necesariamente a las aguas termales, sino sólo a aguas ricas en Bicarbonatos.

Desde el comienzo de las muestras trabajos en hidrotermalismo en España meridional, (Cruz San Julián & García-Rossell, 1975) hemos observado 2 hechos de gran significación:

1. La conexión espacial existente entre las surgencias termales y las formaciones travertínicas.
2. La inexistencia de conexión entre las surgencias de aguas "normales" y tobas; en ejemplos muy claros como es el descrito por Benavente (1981) en la zona de Lobres (Granada), donde hay 8 manantiales que surgen del mismo macizo carbonatado y en idénticas condiciones hidrológicas y climatológicas. Tan sólo los 5 manantiales termales de los 8 antes mencionados, presentan asociados a ellos sendas formaciones de tobas.

No hemos observado influencia del dominio geológico sobre la frecuencia y tipo de las tobas, pues, como se describe más adelante, estas presentan idéntico desarrollo y caracteres litológicos, tanto en las áreas Internas de la cordillera con predominio de materiales silicatados metamórficos, como en las Externas con predominio de carbonatos y arcillas.

Tales observaciones, realizadas a escala regional, se han confirmado y reforzado en una cuenca hidrográfica de dimensiones más reducidas (Cuenca del Almanzora, Almería, de 2611 Km<sup>2</sup>) donde se ha puesto de manifiesto un inusitado desarrollo del fenómeno hidrotermal y también de los depósitos tobáceos. El número de manantiales cuya temperatura de surgencia supera los 19°C es de 30, y el total de Km<sup>2</sup> ocupados por las formaciones travertínicas, se acerca a 9; las formaciones más conocidas son Huélagos, Aldeire, Lúcar, Somontín, Urrácal, Partalao, Almajalejo, Taberno, etc. (fig. 2).

El proceso de formación de estas masas de tobas travertínicas está vigente al menos en 3 enclaves (Huélagos, Lúcar y Almajalejo) pero otras muchas aparecen jalonando formaciones cuaternarias y pleistocenas; en varios sectores se indentan con formaciones de glaciación.

De los diferentes aspectos que requieren un análisis completo de estas masas rocosas (edad, procesos de depósito, características y clasificaciones litológicas, velocidad de formación, y aspectos morfológicos) solo se pretende ahora reseñar los rasgos más característicos de los dos últimos.

## VELOCIDAD DE CRECIMIENTO Y NATURALEZA DE LOS TRAVERTINOS

La velocidad de crecimiento de estos travertinos es muy elevada, llegándose a constatar en una surgencia de Sierra Lúcar velocidades de formación de 1 cm/mes, lo que supone que,

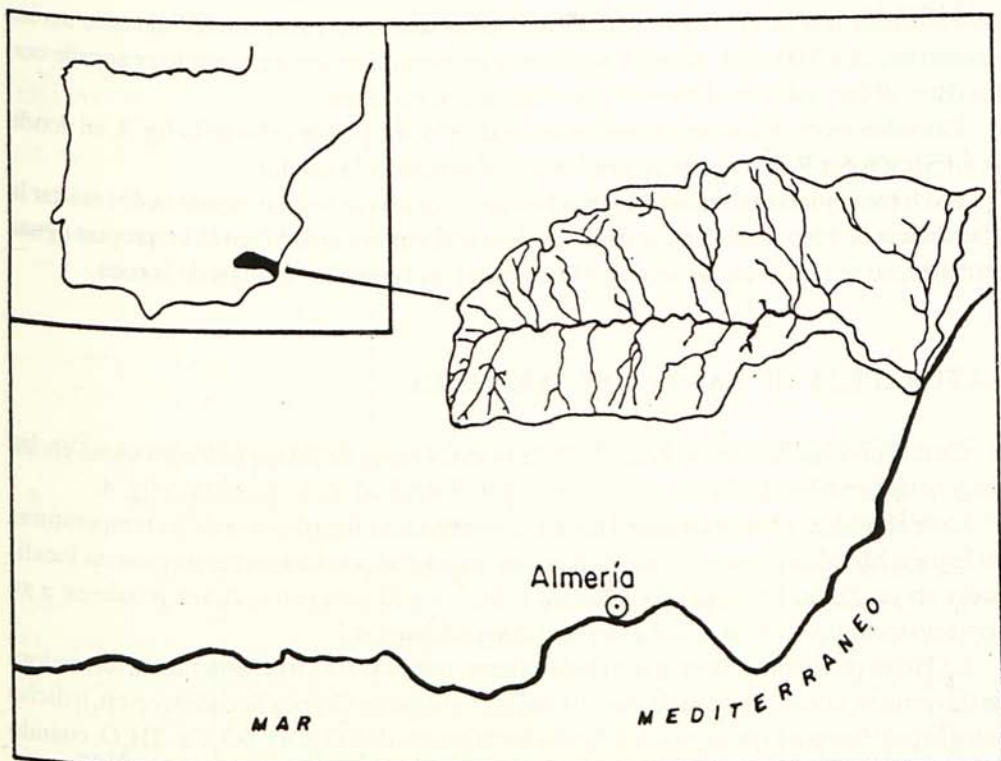
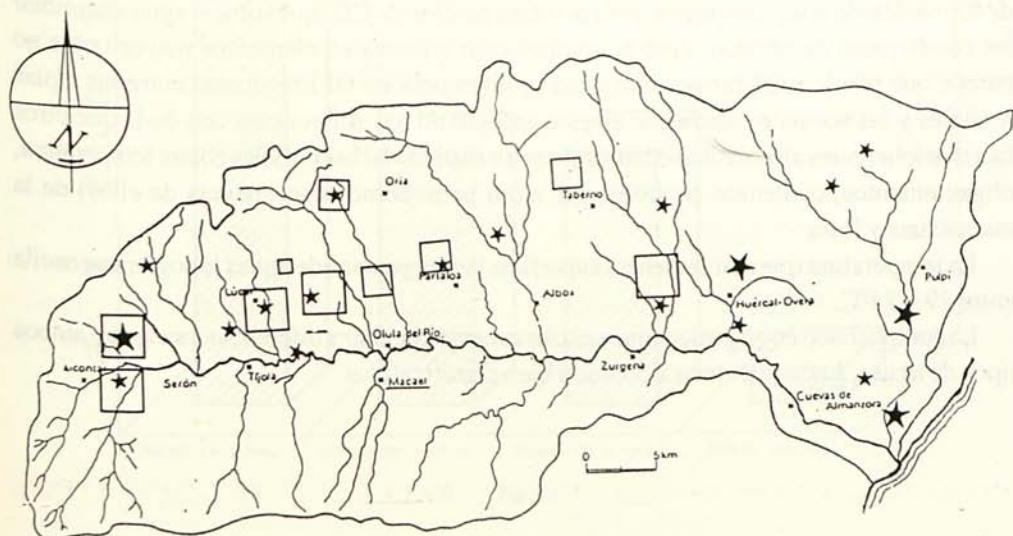


Fig. 1. Cuenca del Almanzora.



★ Manantiales termales. □ Tobas travertínicas.

Fig. Situación de los manantiales termales y de las tobas a ellos asociadas en el Valle Almanzora.



para alcanzar una potencia entre 10-15 m, (como ocurre en estas zonas), tan sólo serían necesarios unos 100 años. Se trata de un valor extremadamente alto, pero muy acorde con los datos observables en el terreno y con los de tipo histórico.

Las tobas travertínicas son de naturaleza caliza, como puede verse en la fig. 3, en donde la difracción por R-X muestra un predominio absoluto de la calcita.

Las fotos adjuntas muestran su estructura petrológicas de detalle, donde es de resaltar la abundancia de diatomeas. A pesar de ello, y de la concentración de Sílice en las propias aguas termales, no se refleja contenido significativo del mismo en los análisis de la roca.

## NATURALEZA DE LAS AGUAS TERMALES

Cruz Sanjulián & García-Rossell (1975) citan 4 tipos de facies hidroquímicas en las surgencias termales de España Meridional, distribuidas tal como muestra la fig. 4.

Cruz Sanjulián y García-Rossell hacen, asimismo, una distribución de las temperaturas en España Meridional; en ella mencionan una mayor temperatura en las surgencias localizadas en las Zonas Internas (Zona Bética s. sr. ), y a lo sumo en sectores próximos a su contacto tectónico con las zonas externas (Zona subbética).

La facies predominante es la sulfatada cálcica, que es la más frecuentemente formadora de travertinos, como lo ponen de manifiesto, los trabajos de Granda Secades (op cit.); dicho autor lo justifica por la precipitación fundamentalmente de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  y  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , cuando se produce mezcla de aguas cloruradas y sulfatadas.

Otro fenómeno que podría dar una explicación plausible al hecho de la rápida velocidad de formación de tales travertinos sería la súbita pérdida de  $\text{CO}_2$  que sufre el agua al cambiar las condiciones de presión. Pero la composición química en elementos mayoritarios no parece que puede explicar por si misma la diferencia en tal litogénesis entre las aguas termales y las normales, dado que en éste aspecto no hay diferencias. Sin duda que otros factores inherentes al termalismo han de permitir explicar tal hecho, tales como: temperatura, oligoelementos, contenido en gases, pH y (en parte como consecuencia de ellos) de la microfauna y flora.

La temperatura que mantienen en superficie las surgencias de aguas tobogénicas oscila entre 19 y 24°C.

La composición en oligoelementos es ciertamente peculiar y diferenciadoras entre ambos tipos de aguas; los siguientes valores son bien significativos:

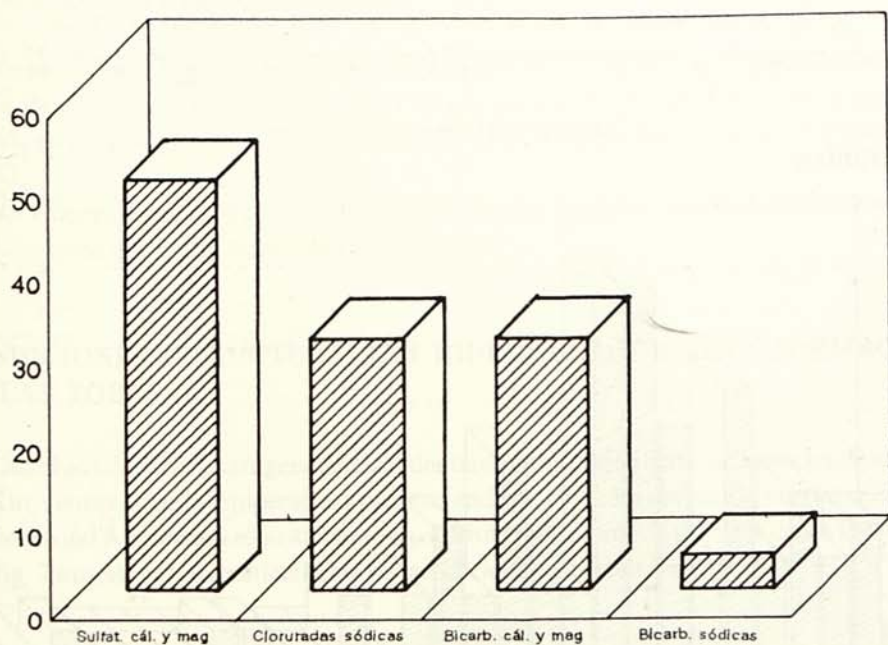
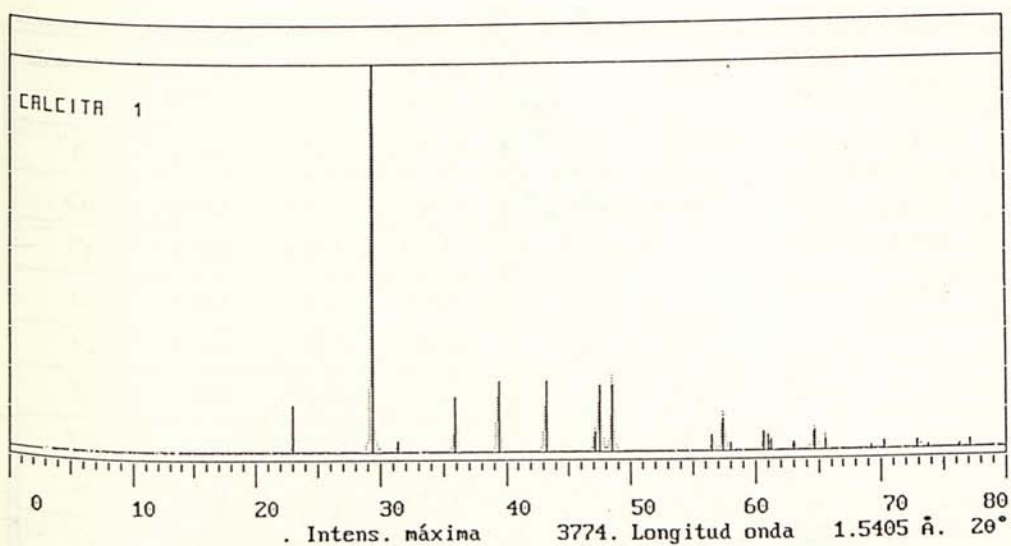


Fig. 4.

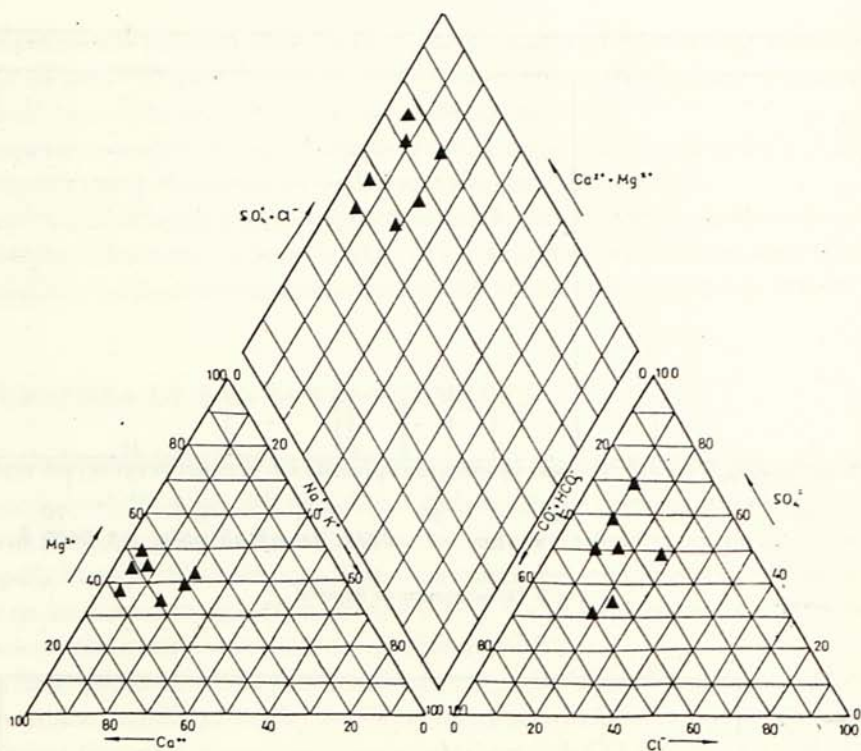


Fig. 5. Diagrama de Piper. Facies hidroquímicas.

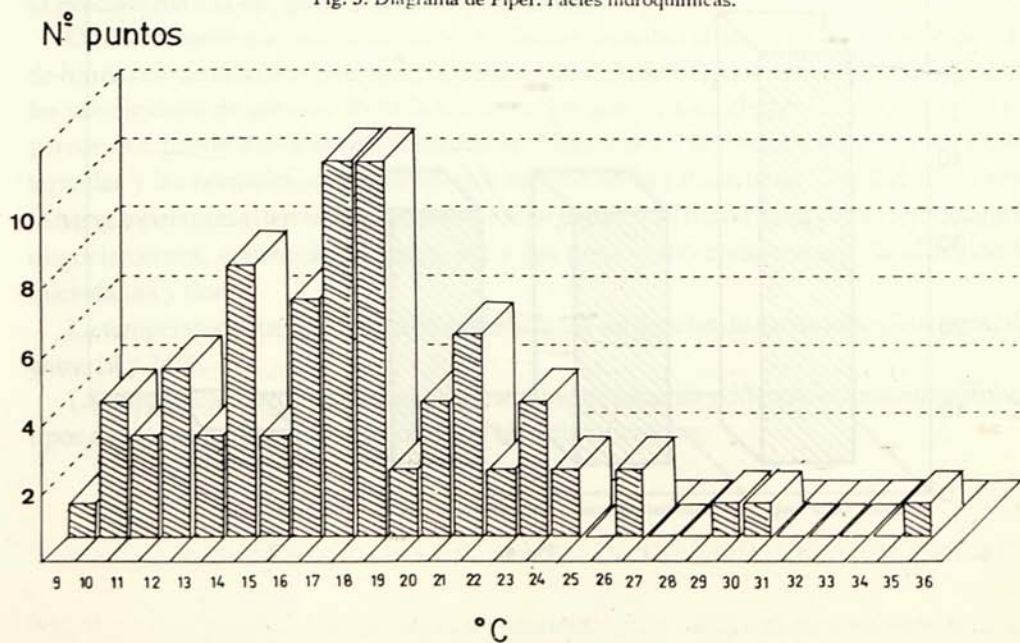


Fig. 6.

(Martín - Vallejo,



Elemento	Máximo (ppm)	Medio (ppm)	Mínimo (ppm)	Elemento	Máximo (ppm)	Medio (ppm)	Mínimo (ppm)
B	5.233	0.065	--	Na	409.7	134.4	5.311
Cu	0.045	0.021	0.001	K	20.86	8.073	2.354
Cr	0.263	0.104	--	Si1	7.40	10.2	6.364
Li	3.813	0.856	0.013	Fe	1.336	0.16	0.005
Ni	0.145	0.057	0.024	Al	0.415	0.168	--
Zn	0.35	0.110	--	P	5.339	1.969	--
Mn	0.47	0.133	--	Ba	0.05	0.013	--
Pb	0.421	0.187	0.014	Cd	0.014	0.004	--
Ca	489.1	49.1	79.10	Sr	20.71	7.462	2.463
Mg	136.6	73.94	50.14	Co	0.122	0.09	0.027

Concentraciones Iónicas de las Surgencias Termales.

Los contenidos de gases son también muy significativas (Rodríguez Estrella *et al*, 1989): el más abundante, con más del 80%, es el CO<sub>2</sub> y le sigue el N<sub>2</sub>, con el 14% y el O<sub>2</sub>, con el 2%, estando en muy pequeñas proporciones el CH<sub>4</sub> y He. A mayor contenido en CO<sub>2</sub> menor de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.

Los valores del pH son ciertamente diferenciadores, pues en las termales oscila entre 6.8 y 7.3, en tanto que en las normales es de 7.8 a 8.6.

## CONDICIONES ESTRUCTURALES E HIDROGEOLÓGICAS DE FORMACIÓN DE LAS TOBAS

Las tobas jalonan a las surgencias termales tanto en su origen como a distancias de incluso 1.5 Km, siempre que la temperatura no descienda de 19°C. La ubicación más frecuente en la Cuenca del Almanzora es justamente en el límite meridional de la Sierra de las Estancias, y la fig. 7 muestra esquemáticamente las condiciones estructurales.

## OTROS FACTORES DEL IMPACTO GEOMORFOLÓGICO

El paisaje de toda la vertiente septentrional de la cuenca del Almanzora tiene rasgos geomorfológicos que, ciertamente, no se ajustan a lo que debe ser un paisaje modelado bajo pluviometría de 300-350 mm. anuales. Lo más significativo es, además de las tobas, la



## S. Estancias.

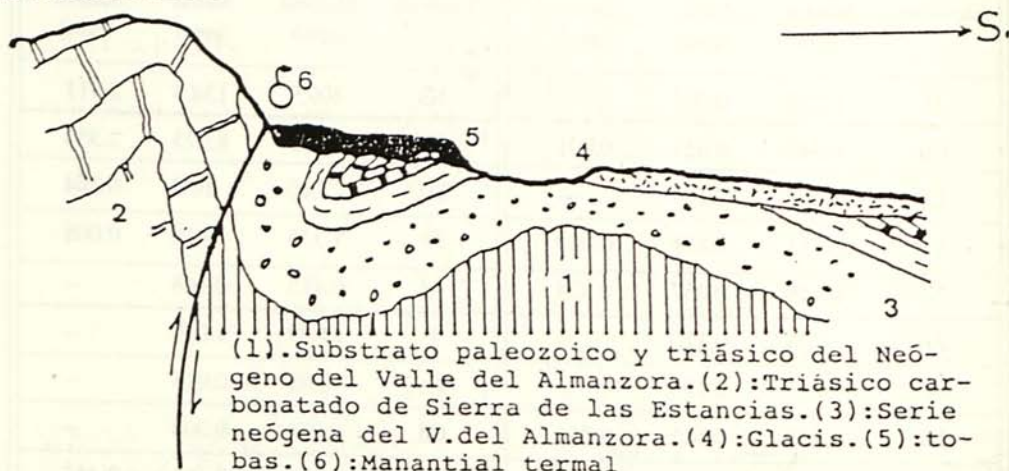


Fig. 7. Ubicación hidrogeológica de las Tobas.

densidad de vegetación (tanto en laderas solanas como en bosque-galería en los cauces de muchas ramblas). Esto conlleva un desarrollo de suelos y un modelado antropogénico más propio de un país húmedo que de uno en vías de desertización.

El origen de esta singular situación está en la aportación de caudales ascendentes termales, a los manantiales superficiales.

## Referencias bibliográficas

- Cruz Sanjulián, J., García-Rossell, L. & Garrido Blasco, J. (1972): Termalismo en España Meridional. *Bol. Geol. Min.* p. 266-275.
- Cruz Sanjulián, J. & Granda Secades, J.M. (1979): Temperatura de base de las aguas termales de la Provincia de Granada. *II Congr. Nac. Hidrog. Pamplona*, p. 547-568.
- Ellis, A.J. (1970): Quantitative interpretation of chemical characteristics of hydrothermal systems. *Geothermics, special issue*, (2) pág. 516-528.
- Ferre Bueno, E. (1979): El valle del Almanzora.- Estudio Geográfico. *Tesis Univ.; Edit. Dip. Almería* 491 p. 79 fig.; ISBN- 84-500-3319-7
- García-Rossell, L., Granda Secades, J.M. & Cruz Sanjulián, J. (1979): Nuevos datos sobre las aguas termales de la provincia de Granada. *II symp. Hidrog. Pamplona*.
- Granda, J.M., Martín, A. & García-Rossell, L. (1978): Geoquímica de las aguas termales de España meridional: (III Elementos traza. *II symp. Hidrog. Pamplona*.
- IGME (1976): Estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería). *Col. informes*, 144 pág. ISBN 84-500-2142-1
- Malmonado Zamora, A. & Rozycki, A. (1988): Anomalia geotérmica en Sierra Almagrera (Almería) *II Symp. Agua en Andalucía, Vol. 1*, p. 392-402.

- Panizza, M. (1971): Illustrazione di uno sistema di legenda per carte geomorphologiche de dettaglio. *Estratto di Atfi XXI Congr. Ital. Geol.*
- Rocio Espejo, J.M., Baena, R. & Díaz del Olmo, F. (1991): Evolución reciente del Karst de la Sierra de Córdoba. Sistema hidroquímico y travertinos. *III SIAGA, I, ISBN-84-604-0296-7; P. 575-583*
- Rybach, L. (1976): Geothermal resources: an introduction with emphasis on low temperature reservoirs. *Inst. Geophysic, E.T.H. Zurich.*
- Rodriguez Estrella, T. et al (1989): Problemática de la presencia de gases en las aguas subterráneas del valle de Guadalentín. *IV. Simp. Hidrogeol., p. 117-137*
- Saenz García, C. (1954): Observaciones acerca de los lagos tobáceos. *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. Tomo Homenaje H. Pacheco, p. 609-617.*
- White, D.E. (1970): Geochemistry applied to the discovery, evaluation and exploitation of geothermal energy resources. *Symp. Unit. Nation Pisa 43 pág.*

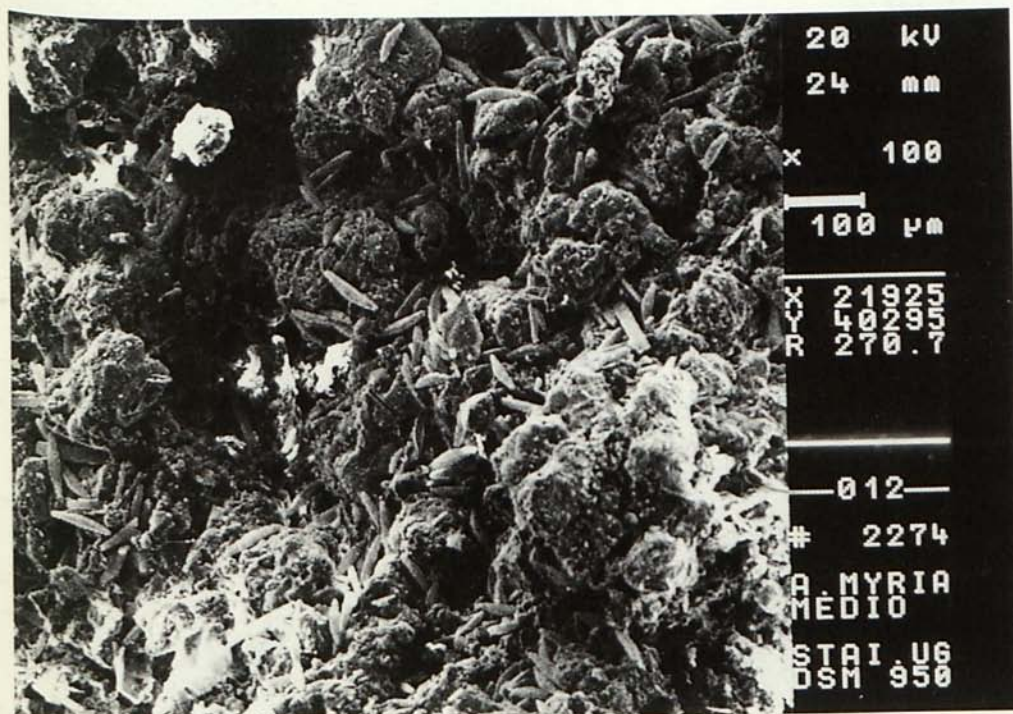


Foto 1. Diatomeas incluidas en el interior de las tobas.



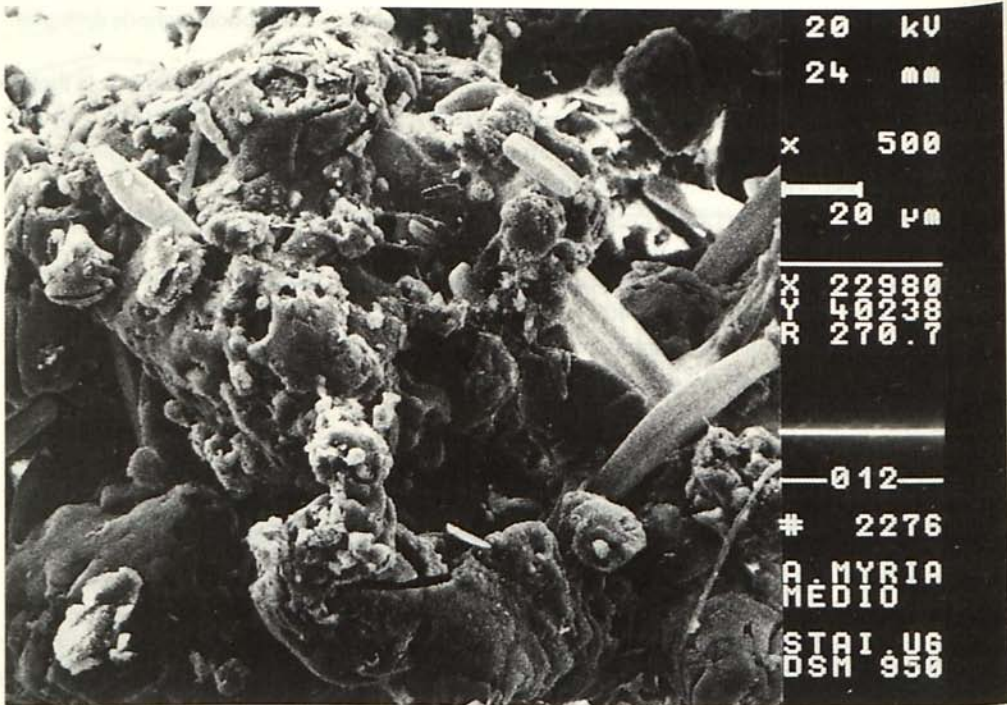


Foto 2. Aspecto de detalle de la foto anterior.

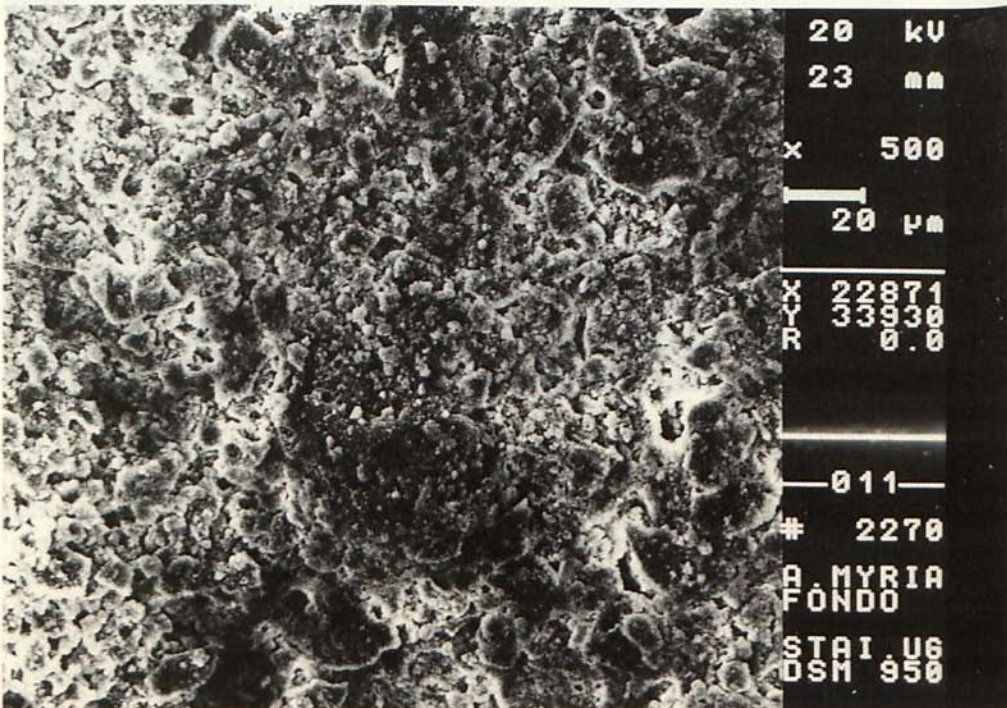


Foto 3. Estructura de la Toba, mostrando los cristales de calcita, como únicos componentes de la misma.