

Principales características de las aguas termales en acuíferos carbonatados en el Principado de Asturias.

Principal characteristics of thermal springs in calcareous aquifer in Asturias

M. Meléndez Asensio ^(1,2) y C. Nuño Ortea ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto Geológico y Minero de España. Oficina de Oviedo. C/ Matemático Pedrayes 25, 33005. Oviedo. m.melendez@igme.es

⁽²⁾ Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. c/ Arias de Velasco, s/n. 33005 Oviedo

ABSTRACT

There are nine thermal springs, with temperatures between 16 °C and 31°C, associated with carbonated carboniferous rocks. The hydrogeochemical study as well as tectonic situation has permitted establish the principal characteristics of their hydrodynamic behaviour, which will be the beginning of posterior investigations.

Key words: hydrochemistry, thermal spring, Asturias

Geogaceta, 39 (2006), 87-90
ISSN: 0213683X

Introducción

La investigación sobre aguas termales en Asturias en las últimas décadas se inició con la realización de un inventario y descripción de las manifestaciones de aguas termales y minero-medicinales (Hespérica, 1985 y 1987) promovido por el Gobierno de Principado de Asturias.

Posteriormente el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) llevó a cabo dos estudios plurianuales: en el primero se amplió el conocimiento científico-técnico sobre las surgencias y su entorno que constaban de declaración de «agua minero-medicinal» (IGME, 1996), y en el segundo se estudiaron todas aquellas, que sin ningún tipo de declaración concedida, pudieran ser consideradas como minero-medicinales o con posibilidades para su posterior aprovechamiento industrial (IGME, 2003).

Marco geológico

En la región asturiana, a grandes rasgos, existen dos conjuntos geológicos diferentes por su edad y modo de afloramiento. El más antiguo está constituido por rocas precámbricas y paleozoicas (predominantemente), y ocupa la mayor parte del territorio; el más moderno, integrado por materiales pérmicos, mesozoicos y terciarios, aflora en la parte central de Asturias. Además de estos dos conjuntos, existen en Asturias abundantes depósitos cuaternarios de distinta naturaleza (Bastida y Aller, 1995).

El primero de los conjuntos comentados forma parte del denominado «Macizo

Hespérico», que consta de cinco zonas (Lotze, 1945; Julivert *et al.*, 1972). De éstas, tienen representación en el Principado de Asturias la Zona Cantábrica y la Asturoccidental-Leonesa. El centro y oriente de Asturias se incluyen en la Zona Cantábrica, que constituye el segmento más externo de Orogéno Hercínico de la Península Ibérica (Julivert, 1971) y se caracteriza por la existencia de una potente sucesión paleozoica afectada por una tectónica tangencial de tipo superficial. Tectónicamente, la deformación tiene lugar en niveles superficiales de la corteza, y se produce debido a la traslación de grandes masas de roca a lo largo de importantes cabalgamientos, con ausencia casi total de metamorfismo y magmatismo (Bastida y Aller, 1995). La zona occidental asturiana forma parte de la Zona Asturoccidental-Leonesa y tiene continuidad en las comunidades de Galicia y Castilla-León. El conjunto más moderno, constituido por los materiales de la cobertera permomesozoico - terciaria, ha sido deformado durante el Terciario (Orogénesis Alpina). La sedimentación de estos materiales y su deformación constituyen el «Ciclo Alpino».

Marco hidrogeológico

Las unidades hidrogeológicas definidas en la región asturiana son nueve, de la 01.16 a la 01.24 (DGOH-IGME, 1988; DGOH, 1990; ITGE, 2000). Los principales niveles acuíferos agrupados por edad geológica son (Ortuño *et al.*, 2004):

- Formaciones precarboníferas: en este conjunto se incluyen todos los niveles permeables de edades geológicas anteriores al Carbonífero importantes desde el punto de vista de la explotación del agua subterránea.
- Formaciones calcáreas y calcareodolomíticas del Carbonífero Superior. A grandes rasgos, se considera que durante el Carbonífero Superior, la sedimentación en la parte central de Asturias fue predominantemente terrígena mientras que en la zona oriental fue preferentemente carbonatada, siendo el Manto del Ponga, zona de transición; en la Región de Pliegues y Mantos, esta sucesión es menos potente pero preferentemente carbonatada. Desde el punto, hidrogeológico, presentan, en general, valores de permeabilidad elevada, aunque variable.
- Formaciones jurásicas. El Jurásico calcáreo es de mayor interés. La permeabilidad en estos acuíferos se desarrolla, por fisuración y carstificación y, en general, presenta valores elevados.
- Formaciones cretácicas. Los tramos acuíferos diferenciados pueden agruparse en dos conjuntos según su litología: detrítica o calcárea. Los de naturaleza detrítica constituyen los acuíferos de mayor entidad.
- Formaciones de baja permeabilidad: en este conjunto destacan por sus características hidrogeológicas y por su amplia representación, las cuarzoarenitas blancas de Cámbrico Medio-

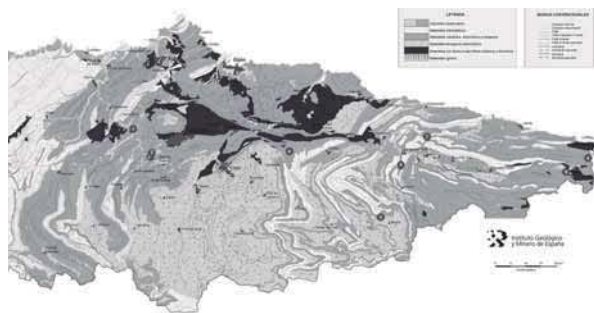


Fig. 1.- Mapa geológico resumen y situación de las manifestaciones termales.

Fig. 1.- Geological map and location of thermal springs

Ordovícico Inferior, que sectorialmente se encuentran muy fracturadas o alteradas (Ortuño *et al.*, 2004).

- Materiales triásicos: Presentan un comportamiento impermeable, si bien, en determinados sectores, ejercen cierta influencia en el quimismo del agua.

Principales manifestaciones termales en acuíferos carbonatados. Resultados y discusión.

Dentro del ámbito territorial del Principado de Asturias se localizan nueve surgencias en materiales carbonáticos, cuya temperatura excede 4°C la temperatura media mensual de la región (13°C en la zona costera y 9°C en zonas montañosas) cuyas características principales se indican en las tablas I y II y su situación en la figura 1.

Todas las manifestaciones surgen en materiales carbonatados del Carbonífero Superior, en las zonas central y oriental de Asturias. Las únicas surgencias actualmente aprovechadas y que constan con declaración de aguas mineromedicinales son: nº 3, Balneario de Caldas de Oviedo (año de declaración 1869); nº 5 Balneario de Mestas de Ponga, (1892) y nº 5 Aguas de Fuensanta (1846).

Como se muestra en la tabla II y en la figura 2, la mayor parte de las aguas presenta facies bicarbonatada cálcica o cálcico magnésica. Sin embargo en dos de ellas, la facies es bicarbonatada clorurada o clorurada bicarbonatada (números 8 y 9) y en otras dos, la facies secundaria es sulfatada (números 5 y 4). La conductividad eléctrica medida en todas ellas oscila entre 250 y 600 µS/cm, a excepción de las números 8, 9 y 4) (Tabla II).

Aunque la temperatura de surgencia no es elevada en ninguna de las manifestaciones localizadas (escasamente se superan los 40°C), en el almacén sí debe ser más alta, ya que en algunas de ellas se han constatado fenómenos de mezcla con aguas más frías durante el proceso de ascenso. La presencia de tritio (isótopo radioactivo del hidrógeno, de periodo de semidesintegración, 12,32 años) en el agua se utiliza como indicador de aguas recientes, en la Región Cantábrica. Los valores de la concentración de tritio en

la precipitación actual en la Cornisa Cantábrica oscilan entre 3 y 5 UT (la concentración de tritio ponderada con la cantidad de precipitación en Santander fue de 3,7 y 3,6 UT en los años 2000 y 2001 respectivamente, IAEA, 2001/2). Para las aguas subterráneas en la zona de estudio, se considera que valores del orden de 3 a 5 UT se asocian a aguas recientes; valores entre 5 y 12 UT indican presencia de un componente de aguas infiltradas hace 40-50 años; y valores menores de 3 UT indican presencia de un componente antiguo, de más de 50 años (IGME, 2003).

En tres de ellas (números 6, 8 y 9) se analizó en contenido en oxígeno disuelto, detectándose en las tres contenidos relativamente elevados, hecho que se interpreta por la mezcla del agua caliente (ausencia de O₂) con las aguas frías de zonas más someras de los acuíferos kársticos (presencia de O₂)

Región de Pliegues y Mantos

Nº 1 Manantial de Foncaliente (Grado)

Este manantial (Fig. 3) surge en materiales calcáreos carboníferos (Caliza de Montaña). El agua es bicarbonatada cálcico-magnésica, de dureza media, mineralización notable, pH ligeramente básico (7,4) y presenta cierto termalismo (24,4 °C). Se considera que las aguas termales están relacionadas con la superficie de cabal-

gamiento de dirección NNE-SSO, que favorece la circulación profunda del agua, y su calentamiento es debido al efecto del grado geotérmico. La surgencia, situada sobre el cauce del Río Nalón, es dispersa y está asociada a una fractura de dirección NO-SE (N130).

Nº 2 y 3 Fuente de los Tres Caños y Balneario de las Caldas

Estos manantiales (Fig. 4) están situados sobre los materiales calcáreos carboníferos (Caliza de Montaña) que forman el flanco noroeste de una estructura sinclinal. Ambas surgencias presentan facies bicarbonatada cálcica, dureza media, mineralización notable y cierta termalidad; pertenecen al mismo sistema termal pero en La Fuente de los Tres Caños (17,8 °C) la proporción de mezcla con las aguas procedentes del acuífero calcáreo frío es mayor que en el Balneario de las Caldas (39,5 °C). El termalismo es debido al grado geotérmico, inducido por la circulación del agua a través de las grandes estructuras que definen esta región (pliegues y mantos), actuando los sistemas de fallas posteriores a dichas estructuras como canales de circulación ascendente del agua caliente.

Nº 4 Manantial de Fuensanta (Nava)

El manantial de Fuensanta es una surgencia en el acuífero calcáreo de la Caliza de Montaña. Desde el punto de vista geológico, la zona se encuentra en el borde sur de la depresión mesoterciaria asturiana, que se apoya discordantemente sobre un sustrato fuertemente tectonizado del Paleozoico (Caliza de Montaña). En el entorno del manantial existe un choque estructural de dos sistemas de fracturas, uno de dirección NNO-SSE y otro de dirección ENE-OSO. El acuífero calcáreo presenta un grado de fisuración y karstificación ele-

Número	Término Municipal	Denominación	Formación geológica /edad
<i>Región de Pliegues y Mantos</i>			
1	Grado	Fuente de Foncaliente	Caliza de Montaña/ Carbonífero
2	Oviedo	Fuente de Los 3 Caños	Caliza de Montaña/ Carbonífero
3	Oviedo	Balneario de Las Caldas	Caliza de Montaña/ Carbonífero
<i>Región del Manto del Ponga</i>			
4	Nava	Aguas de Fuensanta	Caliza de Montaña/ Carbonífero
5	Ponga	Casa de Baños de Mestas	Caliza de Montaña/ Carbonífero
6	Cangas de Onís	M. de Tornín	Caliza de Montaña/ Carbonífero
7	Cangas de Onís	M. de Santianes de Ola	Caliza de Montaña/ Carbonífero
<i>Región de Picos de Europa</i>			
8	Ribadedeva	Balneario de Andinas	Fm. Picos de Europa/ Carbonífero
9	Peñamellera Baja	Manantial de Puente Llés	Fm. Puentellés/ Carbonífero

Tabla I.- Principales manifestaciones termales en Asturias, en acuíferos carbonatados, agrupadas según su situación en las Unidades Geológicas de la Zona Cantábrica.

Table I.- Principals thermal springs of Asturias and carbonated materials, grouped by situation in Geological Units of Cantabric Zone.

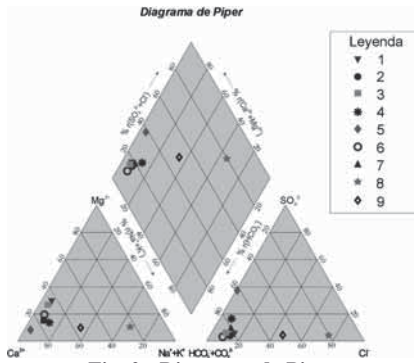


Fig. 2.- Diagrama de Piper

Fig. 2.- Piper Diagram

vado. El carácter termal de las aguas hace pensar que el sistema de fracturación se encuentra interconectado con los cabalgamientos presentes en el entorno, favoreciendo la circulación del agua en profundidad, que produce un carácter químico y de temperatura diferente de otras surgencias frías próximas.

Nº 5 Casa de Aguas de Baños de Mestas (Ponga)

Este manantial termal está relacionado con materiales calcáreos pertenecientes a la Formación Barcaliente de la Caliza de Montaña., dentro del denominado Manto del Ponga. El Balneario se ubica en una estructura en anticlinal a la que se encuentra asociada una red de fracturas de dirección NO-SE, comunicada, a su vez con una fractura de mayor importancia de dirección ENE-SSO y asociada a los cabalgamientos que definen esta región. Se trata de un acuífero cárstico cuyo control se relaciona con fracturas de dirección NO-SE fundamentalmente, aunque el carácter termal lleva a pensar que las superficies cabalgantes actúan como almacén y vehículos de circulación, siendo el termalismo consecuencia del calentamiento producido por el efecto del grado geotérmico.

Nº 6 Manantial de Tornín (Cangas de Onís)

Este manantial está situado, desde el punto de vista geológico (Fig. 5) en una zona estructuralmente compleja, ya que coincide con la zona de ruptura entre la Región del Manto del Ponga y la Región de Picos de Europa, caracterizada por la repetición de las series estratigráficas debido a la presencia de cabalgamientos o escamas. La surgencia del agua tiene lugar en varios puntos bajo el aluvial del Río Sella, aunque posiblemente su origen, está en el contacto de los materiales calcáreos carboníferos (Caliza de Montaña) con la serie westfaliense y, probablemente, en relación con una fractura posthercínica, de dirección SE-NO. El agua, con temperatura 19,6 °C, es blanda, tiene mineralización ligera, pH

Tabla II.- Aspectos físico-químicos y químicos de las surgencias

Table II.- Physics-chemical characteristics of springs

Nº	C. E. (µS/cm)	pH	Tº (°C)	Tritio (U.T.)	Facies aniónica	Facies catiónica	Dureza (ppm CO ₂ Ca)
1	460	7,3	24,4	4,44	Bicarbonatada	calcica magnésica	261
2	530	6,9	17,8	4,52	Bicarbonatada	calcica	284
3	540	7,4	39,5		Bicarbonatada	calcica - magnésica	212
4	650	7,4	24,3	0,58	bicarbonatada - sulfatada	calcica	288
5	355	6,6	30,1	2,99	bicarbonatada - sulfatada	calcica	153
6	280	7,3	19,6	1,46	Bicarbonatada	calcica	88
7	290	7,7	16	1,71	Bicarbonatada	calcica	123
8	1610	7,3	31,4	3,9	clorurada - bicarbonatada	sódica - calcica	229
9	679	7,1	30,8	0,47	bicarbonatada - clorurada	calcica - sódica	200

ESQUEMA FOTOGEOLÓGICO



ESQUEMA FOTOGEOLÓGICO

Fig. 3.- Manantial de Foncaliente.

Fig. 3.- Foncaliente spring.



LEYENDA

Q_a: Depósitos aluviales. Cuaternario
 Q_t: Terrazas. Cuaternario
 H₁: Calizas masivas. Namuriense - Westfaliense.
 H₂: Calizas laminadas oscuras. Namuriense.
 En la base calizas nodulosas rojas.

--- Contacto discordante
 --- Contacto normal
 - - - - Borde de terraza
 --- Red de fracturas
 ● Manantial

Fig. 4.- Fuente de los Tres Caños (2) y Balneario de las Caldas de Oviedo (3)

Fig. 4.- Tres Caños spring (2) and Caldas de Oviedo Spa (3).



ESQUEMA FOTOGEOLÓGICO

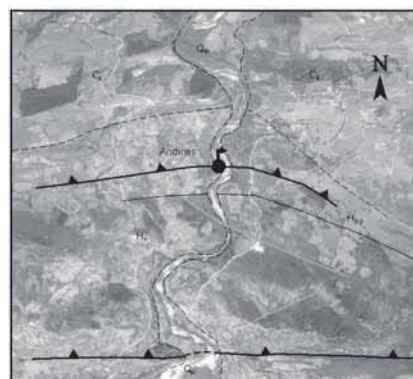
LEYENDA

Q_a: Depósitos aluviales. Cuaternario
 Q_c: Depósitos coluviales. Cuaternario
 Q_t: Depósitos de terraza fluvial. Cuaternario
 H₁: Lutitas y areniscas altemantes. Westfaliense
 H₂: Calizas negras laminadas. Namuriense.
 En la base calizas nodulosas rojas.
 O: Cuarcitas masivas. Cámbrico-Ordovícico
 CA: Calizas y dolomías. Cámbrico

--- Contacto normal
 --- Contacto discordante
 - - - - Borde de terraza
 --- Red de fracturas
 --- Cabalgamiento
 ● Manantial (19,6 °C)

Fig. 5.- Manantial de Tornín

Fig. 5.- Tornín spring



LEYENDA

Q_a: Depósitos aluviales. Cuaternario
 C: Calizas, dolomías, margas y arcillas. Cretácico
 Cm: Calizas (Fm. Picos de Europa) Westfaliense
 H: Calizas oscuras tabulares (Fm. Barcaliente). Namuriense

--- Contacto normal
 --- Contacto discordante
 --- Red de fracturas
 --- Cabalgamiento
 ● Manantial (25,9 °C)

Fig. 6.- Balneario de Andinas

Fig. 6.- Andinas spa

prácticamente neutro y facies bicarbonatada cálcica. El carácter ligeramente termal del agua está relacionado con la circulación lenta y en profundidad a través de las superficies de despegue de dichos cabalgamientos (valor de Tritio: 1,46 UT), produciéndose su calentamiento debido al efecto del grado geotérmico. Durante el ascenso del agua caliente se produce cierta mezcla con las aguas frías del acuífero cárstico calcáreo, hecho que se corrobora por el alto valor de O₂.

Nº 7 Manantial de Santianes de Ola (Cangas de Onís)

Este manantial está situado en una zona con amplio desarrollo de suelo coluvionado, lo que impide una buena observación del sustrato rocoso al que se asocia. Se trata de un agua ligeramente caliente (16° C), bicarbonatada cálcica, de dureza media, mineralización ligera y pH básico (7,7). La caracterización hidroquímica indica que se trata de un agua procedente de materiales calcáreos predominantemente. El ligero carácter termal del agua podría estar relacionado con el cabalgamiento hercínico que pone en contacto las calizas carboníferas con las cuarcitas ordovícicas y sus rejuergos distensivos favorecerían la circulación del agua en profundidad. El calentamiento del agua está producido, por lo tanto, por el efecto del grado geotérmico, si bien la mezcla con las aguas frías de la zona más somera del acuífero así como la pérdida de calor durante el ascenso producen una temperatura no muy elevada.

Región de Picos de Europa

Nº 8 Balneario de Andinas (Ribadedeva)

Este manantial termal (31,6 °C) surge en el borde de una terraza del aluvial del Río Deva en relación con los materiales carbonatados de la Fm. Picos de Europa (Fig. 6). El agua es clorurada-bicarbonatada sodico-cálcica, tiene mineralización notable, dureza media y pH prácticamente neutro. Se considera que el termalismo está asociado a la existencia de un cabalgamiento hercínico con rejuego alpino de dirección E-O. En el ascenso del agua caliente, a favor de dicho accidente, se produce mezcla con las aguas frías del acuífero cárstico procedentes de áreas más superficiales de dicha formación calcárea. El grado de carstificación en los materiales carbonatados, según controles estructurales (las direcciones preferentes de la red de fracturación son: NO-SE, NE-SO y E-O) y estratigráfico (E-O), es bastante elevado. El carácter clorurado del agua no ha sido resuelto hasta el momento ya que se requiere una investigación más detallada.

Nº 9 Manantial de Puente Llés (Peñamellera Baja)

Esta surgencia termal tiene lugar sobre los materiales calcáreos del Estefaniense. El agua presenta una mineralización notable, dureza media, pH 7,5 y facies bicarbonatada-clorurada cálcico-sódica. El carácter termal parece asociado a la traza de un cabalgamiento de dirección E-O con rejuego alpino como falla distensiva permitiendo, por lo tanto, la circulación de agua. El agua termal profunda asciende a una velocidad suficientemente rápida para mantener una temperatura elevada; durante el ascenso se producen fenómenos de mezcla (no cuantificados) con aguas más frías procedentes de áreas superiores del acuífero cárstico desarrollado en las calizas carboníferas, como se desprende de la interpretación de la presencia de oxígeno disuelto en el agua. La red de fracturación tiene gran importancia en el desarrollo de la carstificación, siendo las direcciones predominantes: N-S a NNO-SSE, E-O y ENE-OSO. El valor de tritio (0,47 UT) obtenido pone de manifiesto un alto porcentaje de aguas antiguas (termales).

Conclusiones

En Asturias se localizan nueve surgencias termales asociadas a materiales calcáreos del Carbonífero Superior; tres de ellas se sitúan en la Región de Pliegues y Mantos, cuatro en la Región del Manto del Ponga, que corresponde a la zona de mayor complejidad estructural (cambio de direcciones estructurales, denominada Rodilla Astúrica) y dos en el borde oriental de la Región de Picos de Europa.

Las manifestaciones termales presentan las siguientes características comunes:

- surgen a techo de la sucesión calcárea carbonífera presente en cada zona
- el entorno presenta una situación tectónica compleja,
- los puntos de surgencia se asocian a fracturas distensivas tardías

Las temperaturas de surgencia varían de 16°C a 31°C. El quimismo en todas ellas es bastante homogéneo siendo la facies química del agua, predominantemente bicarbonatada cálcica o cálcico magnésica, a excepción de las manifestaciones que surgen en el borde oriental de la Región de Picos de Europa en contacto con los materiales mesoterciarios de Cuenca Vasco-Cantábrica, en las que se aprecia un aumento en la concentración del ión cloruro, posiblemente en relación con facies salinas presentes en dichos materiales.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido avalado por el Convenio Marco existente entre la Consejería de Industria y Empleo de la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias y el IGME. Agradecemos a las valiosas sugerencias y aportaciones de la Dra. Montserrat Jiménez, profesora titular de la Universidad de Oviedo. Este Trabajo es una contribución a Proyecto IGCP- 513 de la UNESCO «Acuíferos Kársticos y Recursos Hídricos».

Referencias

- Bastida, F. y Aller, J. (1995). En: *Geología de Asturias*. (C. Aramburu y F. Bastida, Eds). Ediciones Trea, S.L. Gijón, 27-33.
- DGOH-IGME (1988). *Estudio de delimitación de las unidades hidrogeológicas del territorio peninsular e Islas Baleares, y síntesis de sus características*. Informe 2505, Servicio Geológico. Madrid.
- DGOH (1990). *Unidades hidrogeológicas de la España peninsular e Islas Baleares. Síntesis de sus características y mapa a escala 1:1.000.000*. Informaciones y Estudios, nº 52. MOPU.
- Hespérica (1985 y 87). *Inventario y Caracterización de aguas termales y minero-medicinales en el Principado de Asturias: 1ª y 2ª Fase*. Documento inédito, IGME
- IAEA (2001/2). *Isotope Hydrology Information System*. The ISOHIS Database. Accessible at: <http://isohis.iaea.org>
- IGME (1984). *Investigación hidrogeológica de la Cuenca Norte: Asturias*. Colección Informe. IGME. Madrid. 81 pp.
- IGME (1996). *Estudio y evaluación del estado actual de las aguas minero-medicinales, termales y de bebida envasadas*. Reconocimientos hidrogeológicos detallados. Documento inédito, IGME.
- IGME (2003). *Estudio del potencial de aguas minerales y termales del Principado de Asturias*. Documento inédito IGME.
- ITGE (1993). *Estudio hidrogeológico para la regulación y gestión del Sistema Acuífero Jurásico Gijón-Villaviciosa*. Documento inédito IGME.
- ITGE (2000). *Unidades hidrogeológicas de España. Mapa y datos básicos*. IGME. 34 p.
- Julivert, M. (1971). *American Journal Science*, 270, 1-29.
- Lotze, F. (1945). *Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. Geotekt. Forsch*, nº 6, Berlin. (Publicaciones Extranjeras sobre la Geología de España, tomo 5, Madrid, 1950).
- Ortuño, A, Meléndez, M. y Rodríguez, M.L. (2004). *Boletín Geológico y Minero*, 115, 35-46.