



Instituto Geológico  
y Minero de España



**XUNTA DE GALICIA**  
CONSELLERÍA DE INNOVACIÓN,  
INDUSTRIA E COMERCIO

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO Y DE LAS  
CONDICIONES DE CAPTACIÓN PARA LA MEJORA  
DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS  
HIDROMINERALES DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA  
DE GALICIA**

**VOLUMEN III**

**GEOLOGÍA REGIONAL  
DE LOS RECURSOS HIDROMINERALES**

**2004**



**Autor:** Ángel Ferrero Arias

Oficina de Proyectos del IGME en Santiago de Compostela.

**Síntesis cartográfica hidrogeológica:** EPTISA-IDASA (1991), modificada y adaptada por Ángel Ferrero Arias.

**Recuperación de la cartografía digital en ArcView y coberturas:** SIG central del IGME.

**Digitalización de correcciones y de modificaciones a la cartografía:** Ángel Ferrero Arias.

*Este trabajo se realizó como aportación al Proyecto “Estudio hidrogeológico y de las condiciones de captación para la mejora del aprovechamiento de los recursos hidrominerales de la C.A. de Galicia”.*

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	GEOLOGÍA REGIONAL Y RECURSOS HIDROMINERALES .....	12
2.1	Zona Asturoccidental-Leonesa .....	13
2.2	Zona Centro-Ibérica.....	17
2.3	Zona de Galicia-Trás os Montes.....	18
2.4	Rocas ígneas.....	21
3.	LITOLÓGÍA, FRACTURACIÓN Y AGUAS MINERALES.....	29
	LITOLÓGÍA .....	29
	Cuaternario indiferenciado.....	29
	Cuaternario Aluvial y terrazas.....	30
	Cuencas Terciarias.....	30
	Pizarras, areniscas, esquistos y gneises.....	31
	Pizarras, cuarcitas y areniscas .....	31
	Pizarras .....	31
	Esquistos .....	31
	Cuarcitas .....	32
	Calizas y dolomías.....	32
	Esquistos y gneises.....	32
	Rocas básicas .....	33
	Metavulcanitas ácidas .....	33
	Areniscas.....	33
	Gneises .....	33
	Migmatitas .....	33
	Granitos calcoalcalinos.....	34
	Granitos alcalinos .....	34
	Diques .....	34
	FRACTURACIÓN.....	34
4.	UNIDADES HIDROMINERALES.....	40
5.	CONCLUSIONES.....	51
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	52

# GALICIA: GEOLOGÍA Y RECURSOS HIDROMINERALES

## 1. INTRODUCCIÓN

Los recursos hidrominerales constituyen en Galicia una pequeña parte del volumen de recursos totales de aguas subterráneas, pero tienen gran importancia por sus específicas características físico-químicas que permiten su aprovechamiento hidromineral (en balnearios, envasadas, uso público con fines terapéuticos, etc.). La geología de un determinado territorio tiene mucho que ver en la presencia, localización e hidroquímica de las aguas minerales (minero-medicinales, minero-naturales, aguas de manantial y termales), y en este trabajo se tratará sobre la relación geología – recursos hidrominerales, en la Comunidad Autónoma de Galicia, con objeto de avanzar en la tarea de definir y delimitar unidades homogéneas “hidrominerales” que faciliten tanto el aprovechamiento de los recursos hidrominerales como su protección.

Para ello se parte de informaciones diversas procedentes de trabajos realizados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME); del estudio de recursos de agua subterránea de Galicia, realizado por EPTISA-IDASA (1991), con la participación del IGME, para la Xunta de Galicia en el marco del Plan Hidrológico; de los trabajos promovidos por la Xunta de Galicia, sobre evaluación de las aguas minerales de la Comunidad Autónoma de Galicia, y realizados por GEOMECÁNICA Y AGUAS, S.A. Y GABINETE MINERO TEY, S.A. (1992, 1993 y 1995); así como de otros trabajos de interés.

Sobre la base de trabajos anteriores, se consideran aguas frías por debajo de 18°C de temperatura de surgencia, templadas hasta 25,5°C, y aguas calientes por encima de esta temperatura.

La mineralización de las aguas se establece sobre la base del residuo seco a 110°C. Más de 1.500 mg/l de residuo seco indican aguas con mineralización fuerte; entre 500 y 1.500 mg/l mineralización media; de 500 a 250 mg/l mineralización débil; de 250 a 80 mg/l mineralización muy débil, y para menores contenidos las aguas se consideran oligometálicas.

Las referencias a la composición química de las aguas puede acompañarse de la presencia de ciertas características que son indicativas para su utilización: Litínicas (Li > 1 mg/l); Ferruginosas (Fe > 5 mg/l); Fluorurada (> 2 mg/l de fluoruro); Sulfurosa (cuando presenta iones sulfuro, sulfhidrato, tiosulfato o hidrógeno sulfurado libre).

Además de la temperatura, los parámetros químicos que en función de su concentración y relación con otros parámetros pueden constituir índices geotérmicos son generalmente el litio, flúor, amonio y la sílice. Se han diferenciado tres grupos de aguas en relación con el termalismo: sin implicación termal, con implicación termal y termales. Se han considerado aguas termales las aguas calientes (>25,5°C). Se consideran aguas con implicación termal las aguas templadas e incluso frías cuyo quimismo indica origen termal: valores altos en fluoruros, en litio, sílice. La característica frecuente de las aguas que tienen relación termal de ser sulfurosas indica también una circulación profunda en ambiente reductor que apoya esa relación termal. Las aguas sin relación termal son aguas frías o templadas, sin indicaciones geotérmicas.

En las figuras Fig. 1 y Fig. 1a, Fig.1b, Fig. 1c y Fig. 1d, se sitúan los distintos puntos de aguas minerales, que se relacionan en el Cuadro 1, manteniendo solo un punto de manantial como referencia cuando existen varios puntos de captación.

**Cuadro 1.- Galicia: Aguas Minerales**

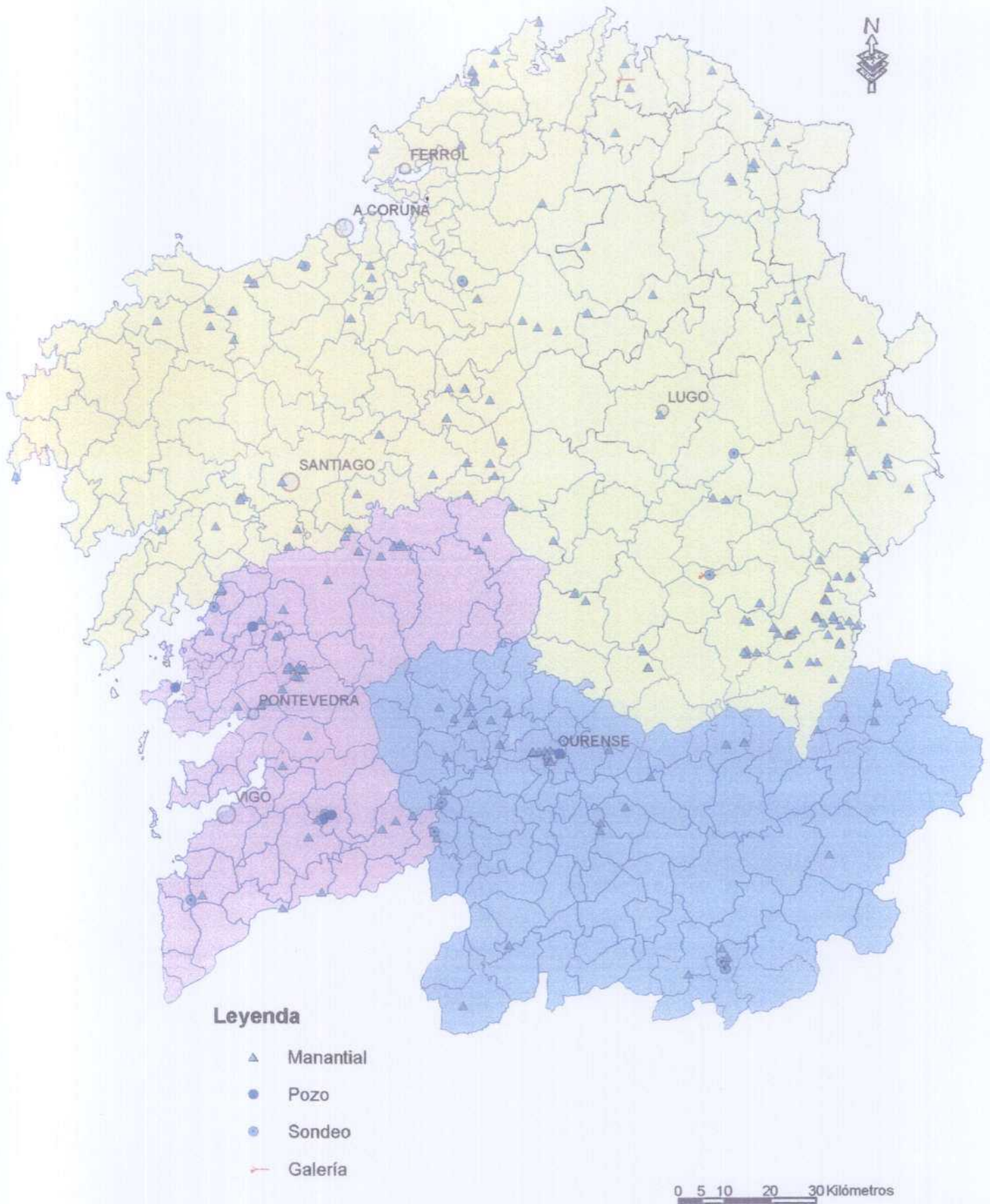
1	A Burga de Chabasqueira	84	Fonte Cabanas	167	Fonte dos Campos
2	A Regueira	85	Fonte Cabedo	168	Fonte dos Miragos
3	A Toxa	86	Fonte Casal de Monín	169	Fonte Esperante
4	A Xeiturada	87	Fonte Cebreiro	170	Fonte Férreas
5	Agua Sá	88	Fonte Cesures	171	Fonte Ferrería
6	Aguas das Mestas	89	Fonte da Burga	172	Fonte Ferruxinosa
7	Aguas de Casa de Tomás	90	Fonte da Chouza	173	Fonte Folgaleira
8	Aguas de Crestelle	91	Fonte da Regueira	174	Fonte Forgas
9	Aguas de Ferro	92	Fonte da Rouquez	175	Fonte Garea
10	Aguas de Fouxacos	93	Fonte da Tella	176	Fonte Grande
11	Aguas de Frádegas	94	Fonte da Veiga	177	Fonte Laboreña
12	Aguas de la Rivera	95	Fonte da Vila	178	Fonte Las Aguas
13	Aguas de los Bañiños	96	Fonte das Aguas	179	Fonte Manzos
14	Aguas de Loureda	97	Fonte das Aguas Minerais	180	Fonte Monte Porreiro
15	Aguas de Mondariz	98	Fonte das Boliqeiras	181	Fonte O Cerdido
16	Aguas de Muxén	99	Fonte das Minas	182	Fonte O Lago
17	Aguas de Requians	100	Fonte de Abaixo	183	Fonte O Pontón
18	Aguas de Sabucedo	101	Fonte de Arriba	184	Fonte Outeiro
19	Aguas de San Pedro de Rocas	102	Fonte de Bar de Abaixo	185	Fonte Paradelas
20	Aguas de Santa Lucía	103	Fonte de Brianova	186	Fonte Pedrafurada
21	Aguas de Villanuñe	104	Fonte de Cabana	187	Fonte Piñeira
22	Aguas Férreas	105	Fonte de Coca	188	Fonte Portavedra
23	Aguas Mestas	106	Fonte de Couso	189	Fonte Queira
24	Aguas Rubias	107	Fonte de Cova do Ferro	190	Fonte Quente
25	Aguas Santas	108	Fonte de Ferreirola	191	Fonte Rañoa
26	As Burgas	109	Fonte de Folgueiras	192	Fonte Sacos
27	Augas de Garganteira	110	Fonte de Formigueiros	193	Fonte San Andrés
28	Augas de Sumio	111	Fonte de la Cova (Buraca das	194	Fonte San Antonio
29	Augas Santas	112	Fonte de la Cristina	195	Fonte San Benito
30	Balneario Acuña	113	Fonte de la Ermita de San Xusto	196	Fonte San Xurxo
31	Balneario Caldas de Santiago	114	Fonte de la Fragua	197	Fonte Santa Mariña
32	Balneario Dávila	115	Fonte de la Pendella	198	Fonte Seixo
33	Balneario de Arteixo	116	Fonte de la Saleta	199	Fonte Sequeiros
34	Balneario de Augas Santas de	117	Fonte de la Souta	200	Fonte Vilarello



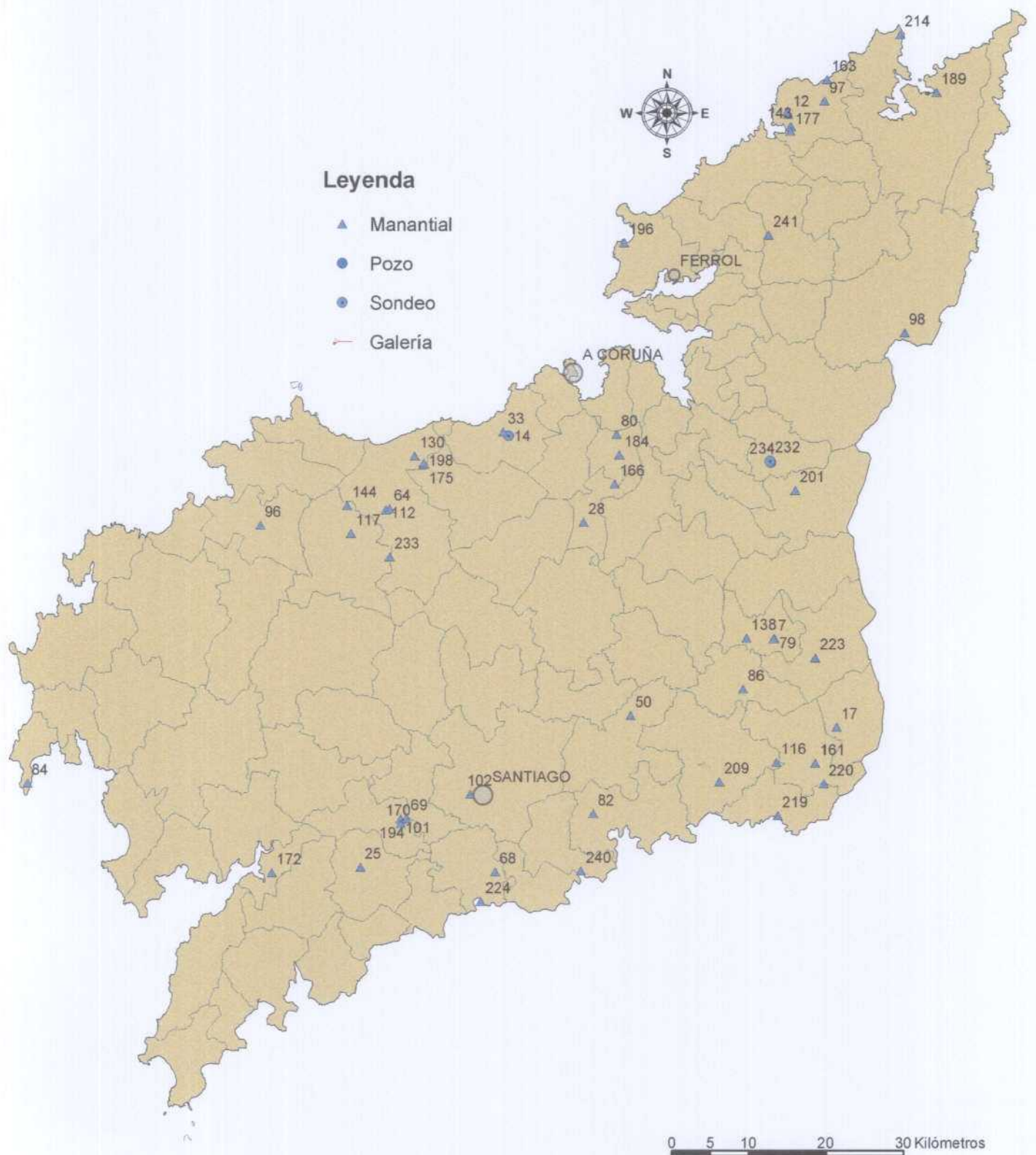
**Cuadro 1.- Galicia: Aguas Minerales**

35	Balneario de Bembibre	118	Fonte de la Viña	201	Fonte Vilela
36	Balneario de Berán	119	Fonte de Lamelas	202	Fonte Xagoaza
37	Balneario de Caldelañas	120	Fonte de Las Caldas de Parada	203	Fontecelta, S.A.
38	Balneario de Carballiño	121	Fonte de Loma da Pergua	204	Fontenova
39	Balneario de Cortegada	122	Fonte de María Rica	205	Fonteporta
40	Balneario de Guitiriz	123	Fonte de Montefurado	206	Fontoira
41	Balneario de Incio	124	Fonte de Outerín	207	Fontre de Valiñas
42	Balneario de Laias	125	Fonte de Paradelas	208	Fonxesta
43	Balneario de Lárez	126	Fonte de Ponterriza	209	Fuensanta
44	Balneario de Lugo	127	Fonte de Quintas o del Baño	210	Fuente Alto Rodicio
45	Balneario de Mondariz	128	Fonte de San Estebo	211	Fuente de la Caliza
46	Balneario de Mouriscados	129	Fonte de San Lorenzo de	212	Fuente de la Marquesa de
47	Balneario de Ponte Caldelas	130	Fonte de San Miguel	213	Fuente de Parga
48	Balneario de Porteiro	131	Fonte de San Vitorio	214	Fuente de San Julián del Trébol
49	Balneario de Requeixo	132	Fonte de Santa Xusta	215	Fuente de Troncoso
50	Balneario de Santa Lucía	133	Fonte de Soldón	216	Fuente del Lavadero
51	Balneario Pardiñas	134	Fonte de Valdefariña	217	Fuente del Tintero
52	Bañadoiro	135	Fonte de Valdorado	218	Fuente del Val
53	Bañiño de Arcos	136	Fonte de Valenti	219	Fuente Santa
54	Bañiño de Quintas	137	Fonte de Veiga de Hoyo	220	Fuente Santa de Reboredo
55	Baños de Bande	138	Fonte de Vilasantar	221	Fuente Santas Augas
56	Baños de Brea	139	Fonte del Rego	222	La Barreda del Carballal
57	Baños de Mende	140	Fonte Deza	223	La Braña de la Laguna
58	Baños de Molgas	141	Fonte do Balneario Laxinias	224	La Burga
59	Baños de Partovia	142	Fonte do Barbeitín	225	La Moderna
60	Baños de San Xusto	143	Fonte do Beco	226	Minas de Rubián
61	Baños del Outeiro	144	Fonte do Braño	227	Minas de Rubián
62	Baños do Monte	145	Fonte do Cachón	228	Mosteiro de Poio
63	Baños do Prexigueiro	146	Fonte do Camiño	229	Pontón da Poxa
64	Baños Vellos de Carballo	147	Fonte do Castro	230	Poza de San Benito
65	Burga Alta de Outeriz	148	Fonte do Castro	231	Poza dos Terreos
66	Burga Baixa de Outeriz	149	Fonte do Cova Santiña	232	Pozo la Troncada
67	Burga de Abajo	150	Fonte do Cubo	233	Pozo Negro
68	Burga de Laña	151	Fonte do Chao	234	Pozo Varela
69	Burga de Tremo	152	Fonte do Fedo	235	Riaño
70	Burga del Molino	153	Fonte do Hórreo	236	Rigueiro do Muiño
71	Cabreiroá (Pozo con gas)	154	Fonte do Hotel Villa Cayo	237	Rogueira Blanca
72	Caldelas de Brués	155	Fonte do Millarado	238	Rogueira Roja
73	Caldelas de Tui	156	Fonte do Molino	239	Rogueira Verde
74	Caldelas de Vilariño	157	Fonte do Molino	240	San Pedro de Donas
75	Charca do Alligal	158	Fonte do Piñeiro	241	San Sadumiño
76	Ferrería	159	Fonte do Ponte	242	San Xines
77	Fontarón	160	Fonte do Ponte	243	San Xorxe de Piquín
78	Fonte Codeseira	161	Fonte do Progreso	244	Sousas (Pozo con gas)
79	Fonte A Santa de Laxe	162	Fonte do Río	245	Sousas (Pozo sin gas)
80	Fonte Armental	163	Fonte do Santo	246	Termas de Cuntis
81	Fonte Bañiño	164	Fonte do Sapo	247	Vila Termal de Lobios
82	Fonte Brandelos	165	Fonte do Souto	248	Virxen de la Saleta
83	Fonte Burgarín	166	Fonte do Souto do Lavandeira		



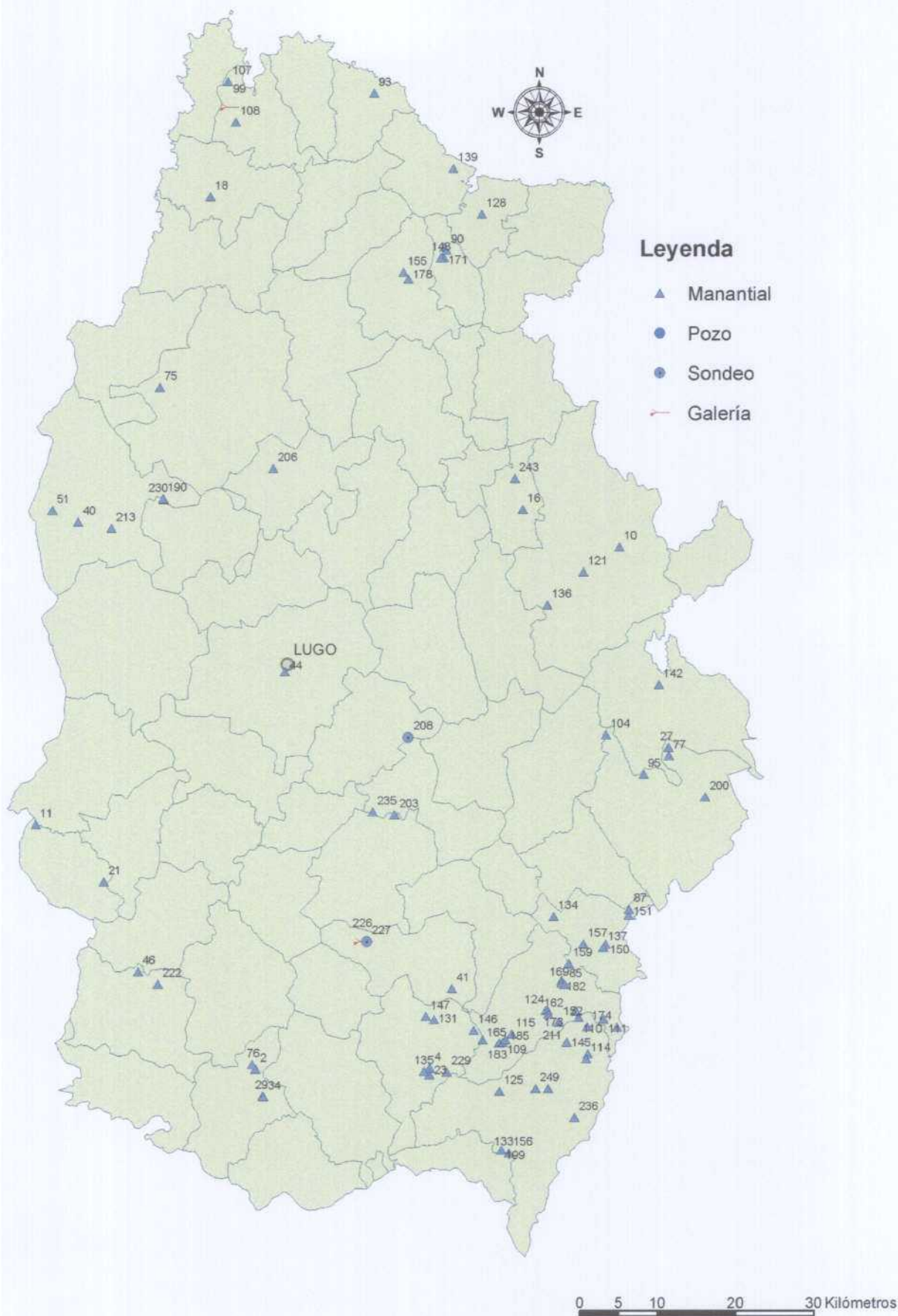


**Fig. 1.- Situación de las aguas minerales**

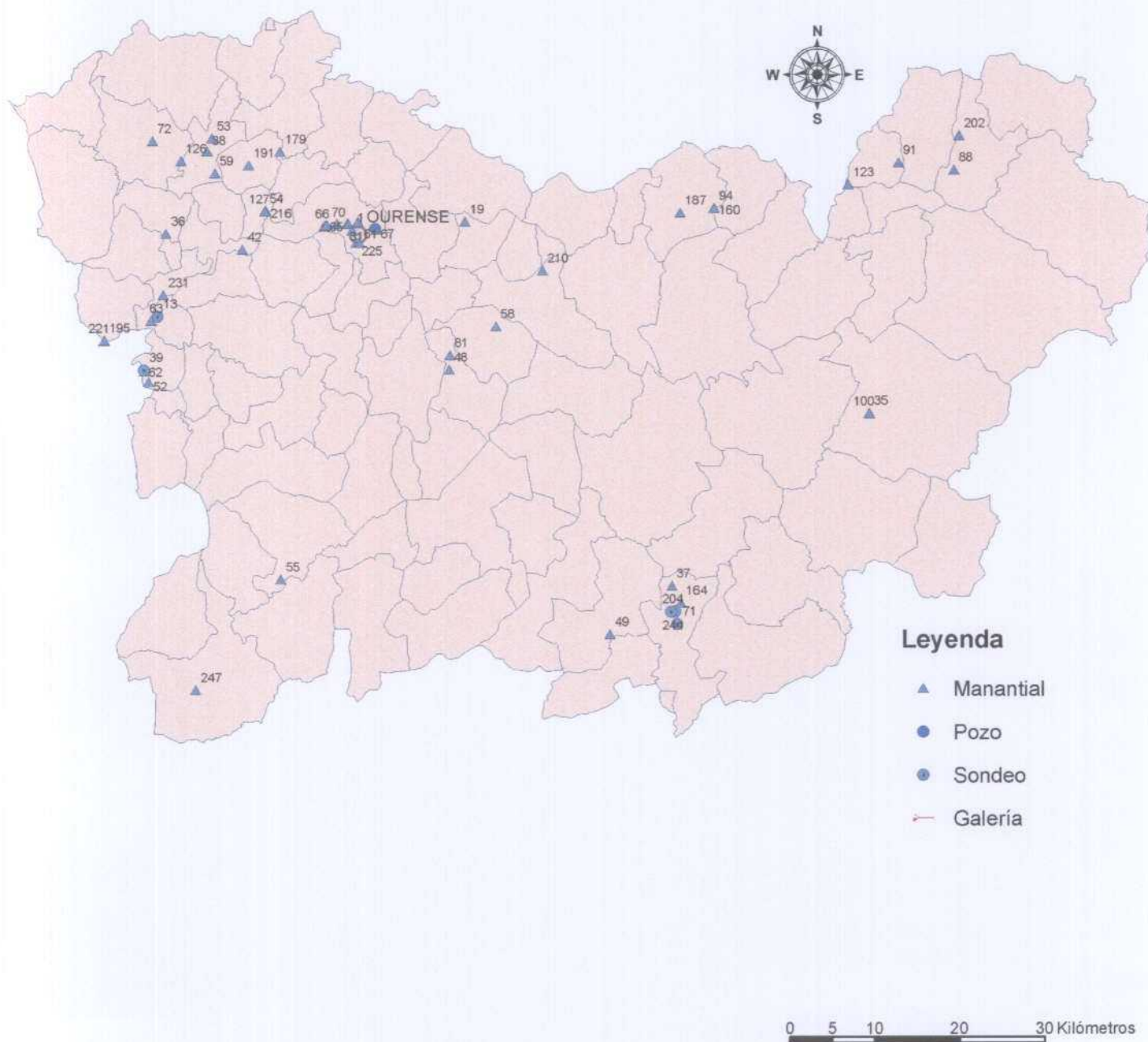


**Fig. 1a.- A Coruña: Situación de las aguas minerales**

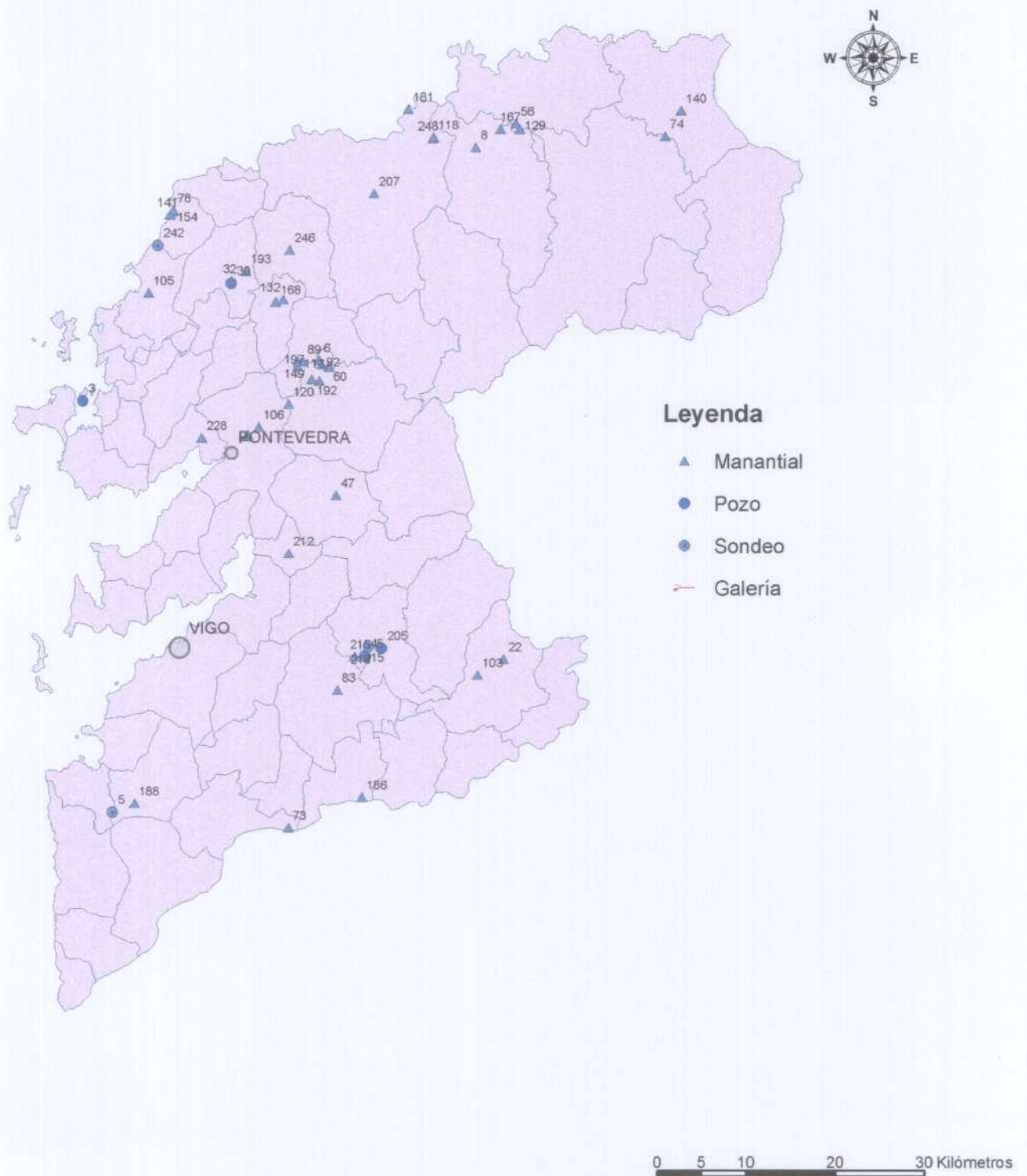




**Fig. 1b.- Lugo: Situación de las aguas minerales**



**Fig. 1c.- Ourense: Situación de las aguas minerales**



**Fig. 1d.- Pontevedra: Situación de las aguas minerales**



## 2. GEOLOGÍA REGIONAL Y RECURSOS HIDROMINERALES

Los materiales geológicos presentes en la parte emergida de Galicia corresponden a los ámbitos geotectónicos hercínico y alpino. En la plataforma continental existen materiales mesozoicos.

Según la división en zonas paleogeográficas propuesta por MARTÍNEZ CATALÁN (1985) Y FARIAS *et al.* (1987), y la precisiones de LLANA-FUNES (2001b) para el hercínico del noroeste peninsular (Fig. 1), Galicia se

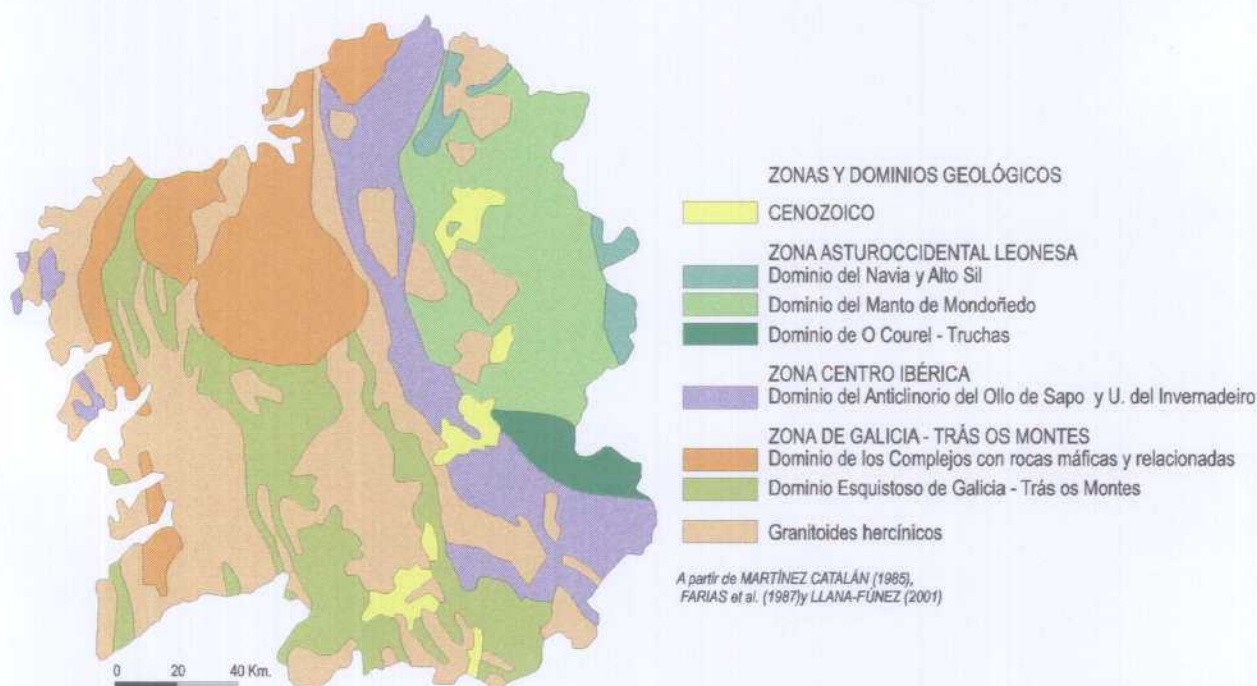


Fig. 2

sitúa de este a oeste en las zonas denominadas Asturoccidental-Leonesa (ZAOL), Centro-Ibérica (ZCI) y Galicia-Trás os Montes (ZGTM). En el borde noroccidental de Galicia afloran materiales que se han asignado a la ZCI o Autóctono. Las distintas zonas presentan diferencias en la secuencia de materiales, en sus estructuras tectónicas, en su grado de metamorfismo y en sus manifestaciones magmáticas. Como veremos, también existen diferencias significativas en cuanto a los recursos de aguas minerales presentes en las distintas zonas y dominios geológicos en los que estas se dividen.

En Galicia afloran materiales que pertenecen desde el Precámbrico al Devónico-Carbonífero Inferior; falta en la parte emergida el Mesozoico y esta representado el Terciario en pequeñas cuencas así como materiales del Cuaternario en las cuencas fluviales actuales. La intensidad de la deformación aumenta desde el Este al Oeste, admitiéndose la existencia de tres fases generalizadas principales de deformación de edad hercínica y, localmente, algunas estructuras tardihercínicas, así como la existencia de estructuras asignables a los

movimientos alpinos. Las dos primeras fases de deformación hercínicas se produjeron en un régimen de esfuerzos tangenciales que en la 1ª Fase originaron pliegues apretados con vergencia al E, con una foliación generalizada de plano axial asociada. En la 2ª Fase se produjeron cabalgamientos hacia el E, a los que se asocia localmente, en la proximidad de sus frentes, una foliación que, en ocasiones, llega a obliterar a la foliación de 1ª Fase, apareciendo como la foliación principal en áreas en ocasiones extensas. La 3ª Fase produjo un plegamiento que verticalizó estructuras anteriores y lleva asociada localmente una foliación de crenulación. También el metamorfismo aumenta en intensidad hacia el Oeste, y es de forma general polifásico, plurifacial y progrado, existiendo en algunos sectores un importante metamorfismo retrógrado o retrometamorfismo.

Los trabajos relativos a los recursos hidrominerales de Galicia relacionan la existencia de termalismo a grandes grandes fracturas regionales tardi- posthercínicas, a las que se asocian sistemas de diaclasas. De los sistemas de fracturas que afectan al Macizo Hespérico en Galicia el sistema más importante es el de fracturas conjugadas NO-SE y NE SO (y su asociado NNE-SSO), de edad terdihercínica y que han tenido actividad posterior durante el Mesozoico y Cenozoico. Estos sistemas corresponden a fracturas con desplazamientos esencialmente horizontales, siendo también importantes los sistemas E-O y N-S con movimientos verticales (PARGA 1969).

Para aproximarnos a escala regional a las relaciones entre las aguas minerales y la geología de Galicia, se parte de la información disponible sobre la geología de la zona de surgencia o captación de las aguas minerales y se tienen en cuenta parámetros como la litología y fracturas posiblemente asociadas, caudales, mineralización y composición química, así como su relación con el termalismo. En la Fig. 3 se muestra una síntesis geológica obtenida a partir de la incluida en el trabajo de EPTISA-IDASA (1991), algo modificada en lo referente a la litología y completada para mostrar la fracturación con mayor detalle. Se incluyen también la permeabilidad de los materiales y la situación de las aguas minerales de Galicia. En la Fig. 4, sobre la base del mapa de permeabilidades y fracturación se situaron tanto las aguas minerales como las aguas para abastecimiento y otros usos.

## **2.1 Zona Asturoccidental-Leonesa**

En la Zona Asturoccidental-Leonesa se diferencian tres dominios (en función fundamentalmente a variaciones estratigráficas): Dominio del Navia y Alto Sil (DNAS), Dominio del Manto de Mondoñedo (DMM) y Dominio de O Courel-Truchas (DCT). En los cuadros 2 y 7 se recogen algunas características de interés para las aguas minerales existentes en estos dominios.





Zona Asturoccidental - Leonesa	Litología	Fracturación	Manantiales	Galería	Sondeos	Caudal (l/s)	
						Frecuente	Máximo
Dominio del Navia y Alto Sil							
Dominio del Manto de Mondoñedo	Pizarras y areniscas/cuarcitas	NE-SO, N-S, ENE-OSO, NO-SE, E-O, NNO-SSE	15			0,10-0,5	15 y 3
	Pizarras y esquistos	NE-SO, ESE-ONO, NO-SE	5			0,01-0,10	20
	Pizarras y calizas	NE-SO	3			0,2-1	15
	Calizas y cuarcitas	NE-SO	1			50	50
	Calizas	NE-SO	1			12	12
Dominio de O Courel - Truchas	Pizarras y areniscas/cuarcitas	NO-SE, NE-SO, NNE-SSO, ESE-ONO, E-O	11			0,02-2,5	11 y 5
	Pizarras, esquistos, ampelitas	NO-SE, NE-SO, NNE-SSO, ESE-ONO, N-S, E-O	18			0,01-3	15
	Pizarras y calizas	NO-SE, NNO-SSE	3			0,5-1,5	1,5
	Calizas	NE-SO	3			0,5-1,5	25
	Magnesitas	NE-SO			1	1	18 y 2,5
<b>Totales</b>			<b>60</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,01-50</b>	<b>50</b>

En todos los casos se trata de aguas frías sin relación termal.

Materiales del Dominio del Navia y Alto Sil, afloran en la denominada ventana tectónica de O Xistral, y más al sur en la ventana tectónica de Monte Carballosa, en ambas zonas predominan materiales cuarcíticos del Cámbrico. En el extremo oriental de Galicia afloran materiales de este Dominio constituidos predominantemente por pizarras. Los límites con los otros dominios, que se superponen a éste, se producen mediante fallas en general con carácter de cabalgamientos. La fracturación en las cuarcitas cámbricas es importante según direcciones predominantes ONO-ESE, y es intensa la alteración de estos materiales dando lugar a mantos de alteración irregulares de poco espesor de arenas micáceas finas y limos arenosos. Su permeabilidad media-baja no parece favorecer la existencia de recursos de aguas subterráneas de importancia, no existiendo ningún manantial de aguas minerales catalogado, así como tampoco puntos de abastecimiento con aguas subterráneas.

Los materiales que afloran en el extremo oriental de este Dominio son cámbrico-ordovícicos y son esencialmente pizarrosos con alguna intercalación de areniscas y cuarcitas. Su permeabilidad, por fisuración, es muy baja, y no se señalan aguas minerales en este sector.

El Dominio del Manto de Mondoñedo y el Dominio de O Courel-Truchas presentan una estratigrafía muy similar desde el Precámbrico al Silúrico, aunque con algunas diferencias significativas ya que en el DCT se observa una disminución de la potencia de las series del Cámbrico Inferior, y la existencia de la formación calcárea Calizas de la Aquiana (Ordovícico-Silúrico) y de Devónico. El metamorfismo es en general de grado bajo presentando los materiales más finos una foliación generalizada del tipo de pizarrosidad que se adapta a las estructuras hercínicas regionales. El límite oriental del Dominio lo constituye el denominado cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo (cabalgamiento de los Oscos), y el límite occidental queda definido por la denominada Falla de Viveiro y se continua hacia el Sur por los sinclinatorios del Sil y de Truchas. Los materiales están intensamente plegados por los esfuerzos de la 1ª Fase hercínica y afloran conformando



estrechas cumbres y valles que se alargan según las direcciones hercínicas. En estos dominios solo las aguas del Balneario de Lugo son termales y se relacionan con rocas graníticas que han intruído en los materiales del DMM.

La parte inferior de la sucesión de metasedimentos, comienza con la denominada Serie de Villalba de edad precámbrica, constituida por pizarras y esquistos con finas intercalaciones de areniscas, y algunas metapelitas y metareniscas. Solamente el manantial conocido como Charca de Alligal, que surge con un caudal importante de 20 l/s y a unos 20°C parece tener implicación termal y se relaciona con una fractura N70° que afecta a esquistos. También las aguas de Fontoira (0,5 l/s) se relacionan con esquistos de esta Serie, cortados por una fractura NE-SO, y en contacto con cuarcitas del Cámbrico (Cuarcitas de Cándana Inferior), En ambos casos la composición de las aguas es bicarbonatada cálcica y su mineralización muy débil.

Durante el Cámbrico y hasta el Ordovícico Inferior, con condiciones de sedimentación de medios marinos someros e incluso continentales, se acumularon sedimentos de naturaleza siliciclástica (pizarras, areniscas y cuarcitas) y en mucha menor medida depósitos carbonatados, que fueron afectados por el metamorfismo regional de bajo grado, y por las distintas fases de deformación hercínica. Las litologías presentes tienen distintos grados de permeabilidad por fisuración.

En el Ordovícico se formaron depósitos de hierro que tienen mayor importancia y extensión en el Ordovícico Medio, en el que se encuentran pizarras negras (Pizarras de Luarca) con algunos niveles ferruginosos oolíticos, en casos hacia el contacto o en la base de la Cuarcita Armoricana, y frecuente presencia de sulfuros de hierro. La paleogeografía de la cuenca durante el Ordovícico Medio, con dos surcos de sedimentación poco profundos, separados por un umbral (Domo de Lugo), condicionó la formación y distribución en bandas submeridianas a NNO-SSE de estos materiales ricos en hierro. El Silúrico está representado por ampelitas y pizarras que afloran en el núcleo de algunos sinclinales (Rececende, Real, Vilaodrid, O Courel, Sil). El Devónico está representado por pizarras (con algunos depósitos de hierro asociados) y un tramo de 10-15 m de calizas. En esta parte oriental de Galicia y en estrecha relación con los materiales sobre todo pizarrosos, pero también areniscosos y cuarcíticos, se localizan numerosos manantiales de aguas ricas en hierro, que se concentran en la zona de Viveiro y en la Serra do Courel, así como en una banda desde Ribadeo a la Serra dos Ancares.

A las formaciones de cuarcitas y areniscas se les ha asignado una permeabilidad media-baja, y su potencia en tramos y bancos generalmente métricos o menores, que intercalan materiales más finos: pizarras, filitas y metalimolitas, reduce la posibilidad de obtención de caudales importantes. Se dispone de la composición química bicarbonatada cálcica de las aguas de la Fonte de Veiga de Hoyo, manantial que surge en el contacto de pizarras y cuarcitas del Grupo Cándana del Cámbrico Inferior, en relación con fracturas N140° y N45°. Sin

embargo predominan las aguas ferruginosas (Fonte Ferrería...). En relación con fracturas que afectan a pizarras y cuarcitas / areniscas del Cámbrico se censaron 10 manantiales, la mayoría se sitúan en los materiales del Grupo Cándana en el Dominio del Manto de Mondoñedo, y su surgencia se relaciona con zonas fracturadas según direcciones tardihercínicas. En el Ordovícico se situaría en este Dominio la Fonte de San Estebo en relación con el contacto pizarras - cuarcitas del Río Eo (Cuarcita Armoricana), y ya en el Dominio de O Courel - Truchas en relación con la Cuarcita Armoricana la Fonte de San Vitorio, así como otros 7 manantiales que surgen en el contacto de pizarras y cuarcitas del Ordovícico.

En relación con pizarras del Cámbrico en el DMM se localiza el manantial Fonte de Valenti, y la Fonte de Fouxacos surge en materiales Cámbrico-Ordovícicos. En el Dominio de O Courel - Truchas surgen 4 manantiales en las pizarras del Ordovícico, otros 6 manantiales se relacionan con ampelitas silúricas, y en las pizarras del Silúrico se han catalogado 8 manantiales (uno de ellos, Fonte Cesures, es el único manantial señalado en el Sinclinorio de Truchas).

Todos estos manantiales que se relacionan con pizarras y cuarcitas o areniscas, y ampelitas del Cámbrico al Silúrico, afectados por fracturación de dirección tardihercínica, en los Dominios del Manto de Mondoñedo y de O Courel-Truchas, son de aguas frías sin relaciones termales, siendo en el DMM la Fonte de Veiga de Hoyo la que aporta mayor caudal (15 l/s) con diferencia ya que la Fuente de Chao da 3 l/s también en pizarras y cuarcitas del Cámbrico, surgiendo la mayoría del resto de manantiales con menos de 1 l/s. En el Dominio de O Courel-Truchas es la Fonte Paradelas con 15 l/s la que tiene el mayor caudal y se localiza en ampelitas silúricas fracturadas según N20° y N160°, y el Balneario de O Incio con 11 l/s en pizarras y cuarcitas, hacía el contacto Ordovícico-Silúrico y fracturación E-O, que tiene débil mineralización de aguas bicarbonatadas cálcicas, ferruginosas. La Fonte Grande tienen unos 5 l/s en cuarcitas y pizarras ordovícicas fracturadas, teniendo el resto de los manantiales de este Dominio menos de 3 l/s y en general menos de 0,5 l/s. Son frecuentes las aguas ferruginosas, como es el caso de Rogueira Roja (en pizarras y cuarcitas), agua sulfatada bicarbonatada cálcica magnésica, escasamente mineralizada (oligometálica); y Rogueira Blanca (en pizarras y cuarcitas), de la que mana agua bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica, oligometálica. La Fuente del Fedo (2 l/s, en pizarras) tiene una composición sulfatada cálcica magnésica, y la Fuente de Souto, en pizarras, también ferruginosa, es sulfatada cálcica, siendo ambas oligometálicas.

En el Cámbrico del Dominio del Manto de Mondoñedo se han señalado dos manantiales relacionados con calizas (y/o dolomías): Fonte do Cubo y Fonte Valdefariña, este último también relacionado con cuarcitas de Cándana Inferior. El segundo tiene un caudal importante de 50 l/s de agua bicarbonatada cálcica muy débilmente mineralizada, y la Fonte do Cubo tiene 12 l/s.

En el Dominio de O Courel-Truchas, también en el Cámbrico, se señalan 3 manantiales en calizas y otros 3 en el contacto de calizas y pizarras. La Fonte de la Cova (Buraca das Choivas) tiene un caudal de 25 l/s, es bicarbonatada cálcica y está muy débilmente mineralizada. También se señalan algunas fracturas con dirección tardihercínica en relación con los manantiales de los dos dominios. En todos los casos se trata de aguas frías sin relación termal. Los datos disponibles de análisis para algunos de estos manantiales indican que se trata de aguas bicarbonatadas cálcicas, siendo la de Fonte Forgas, que surge en pizarras y calizas, con 5 l/s, ferruginosa, de composición sulfatada bicarbonatada cálcica, y muy débilmente mineralizada. Solo en este Dominio de O Courel - Truchas y en el tránsito Ordovícico - Silúrico afloran calizas de la formación Calizas de La Aquiana, que en el municipio de Rubiá llegan a superar los 80 m de espesor (calizas biostrómicamente mal estratificadas), y con importante karstificación. En estas calizas de la Aquiana no se han censado aguas minerales.

En el Dominio de O Courel - Truchas existen dos captaciones en relación con un tramo de capas de magnesita localizadas en el Cámbrico Inferior (Grupo Cándana) explotadas en subterráneo. Una es una surgencia en una de las galerías de explotación de magnesita y en relación con una fractura N30° y con un caudal de 18 l/s, y otra es un sondeo que da un caudal de 2,5 l/s. En los dos casos se trata de agua bicarbonatada cálcica magnésica, con mineralización débil (galería) a muy débil (sondeo). En ninguno de los dos puntos se han encontrado relaciones termales.

## **2.2 Zona Centro-Ibérica**

En la Zona Centro-Ibérica, cuyo límite oeste lo constituye la Falla de Valdoviño y el Cabalgamiento basal del Dominio Esquistoso de Galicia-Trás os Montes, las diferencias estratigráficas más importantes con la Zona Asturoccidental - Leonesa son: la existencia de una formación gnéssica porfiroide de edad probablemente Precámbrica sobre la que se apoya el Ordovícico (falta el Cámbrico), y la probable existencia de un Carbonífero inferior (Serie de San Clodio), constituido por niveles de lalitas, grauvacas, pizarras y conglomerados, esencialmente impermeable o de muy baja permeabilidad. En los cuadros 3 y 7 se recogen algunas características básicas de las aguas de este Dominio.

Al no aflorar el Cámbrico no existen sus formaciones calcáreas que se encontraban en la ZAOL, ni manantiales de aguas minerales asociados.

Con los gneises precámbricos (Facies Ollo de Sapo) se relaciona solo un manantial con muy escaso caudal (Fonte Piñeira).



En el Ordovícico de esta Zona existen mineralizaciones de hierro oolítico, en las Pizarras de Luarca y la parte inferior de la Cuarcita Armoricana, con las que se relaciona la captación realizada en una galería de explotación de hierro en la zona de Viveiro, la Fonte das Minas con un caudal de 10 l/s (el mayor de la Zona) de agua sulfatada cálcica magnésica sódica, y muy débil mineralización. Otros manantiales de aguas ferruginosas se relacionan con estos materiales ordovícicos (Fonte de Cova de Ferro...). Otro manantial que surge en la zona de contacto de pizarras y grauvacas del Silúrico aporta solo 0,05 l/s.

Los manantiales relacionados con materiales pizarrosos (pizarras, esquistos, filitas) del Ordovícico y Silúrico en esta Zona, un total de 15, presentan caudales pequeños, siendo el mayor de 0,25 l/s en la Fonte Quente, que surge en esquistos silúricos fracturados NO-SE.

Cuadro 3.- Aguas minerales en la Zona Centro - Ibérica							
	Litología	Fracturación	Manantiales	Galería	Sondeos	Caudal (l/s)	
						Frecuente	Máximo
Zona Centro - Ibérica	Gneises	N-S	1			0,01	
	Filitas y cuarcitas/areniscas	NO-SE, NNE-SSO	1	1		0,05 y 10	10
	Pizarras, esquistos, filitas	NO-SE, NE-SO, N-S, NNE-SSO, E-O	14	1		0,01-0,25	0,25
<b>Totales</b>			<b>16</b>	<b>2</b>		<b>0,01-0,25</b>	<b>10</b>

En todos los casos se trata de aguas frías sin relación termal.

### 2.3 Zona de Galicia-Trás os Montes

La zona más occidental de Galicia corresponde a la denominada Zona de Galicia - Trás os Montes (ZGTM) en la que se diferencian, sobre la base de diferencias paleogeográficas y tectónicas, dos dominios (separados por un importante cabalgamiento). Son el Dominio Esquistoso de Galicia-Trás os Montes (DEGTM) y el Dominio de los Complejos con Rocas Máficas y Relacionadas (DCRMR).

Aunque la ZGTM se vio afectada por las tres fases de deformación ya descritas, son las estructuras de la segunda fase las que están más generalizadas y afectan intensamente a la zona borrando estructuras anteriores. A la tercera fase se deben las estructuras a gran escala de la ZGTM: las sinformas, que contienen la mayor parte de los metasedimentos de esta Zona observables actualmente, y los anticlinorios, que han sido aprovechados en muchos casos para la intrusión de granitos, que constituyen la litología más importante en relación con las aguas termales de Galicia. Además de estas estructuras se identifican fallas tardihercínicas con trazado próximo a direcciones NE-SO y NE-SO, N-S y E-O, que fueron aprovechadas para la intrusión de granitoides y algunos cuerpos volcánicos, y también aparecen selladas por diques entre los que destacan por su importancia los filones de cuarzo.

En los cuadros 4 y 7 se recogen algunas características básicas de las aguas de esta Zona.

En el DEGTM las litologías predominantes son metapelitas, metareniscas y cuarcitas (de escaso espesor), con algunas intercalaciones de rocas volcánicas, anfibolitas y gneises. La edad de estos materiales va desde el Precámbrico al Devónico y, en general, tienen muy baja permeabilidad.

Son seis los manantiales de aguas minerales censados que surgen en gneises precámbricos afectados por fracturación tardihercínica, y de ellos la Fonte de San Lorenzo de Carboeiro, de aguas frías, sulfatadas bicarbonatadas sódicas, débilmente mineralizadas, presenta implicación termal.

**Cuadro 4.- Aguas minerales en la Zona de Galicia-Trás os Montes**

Zona de Galicia – Trás os Montes	Litología	Fracturación	Manantiales	Sondeos	Caudal (l/s)		Nº de puntos con relación termal
					Frecuente	Máximo	
Dominio Esquistoso de Galicia - Trás os Montes	Gneises	<b>N-S, ENE-OSO, NE-SO, NNO-SSE</b>	6		0,01-0,08		1
	Esquistos	<b>NNO-SSE, NE-SO, ENE-OSO, NO-SE, NNE-SSO</b>	7	1	0,01-0,27	2	3
	Esquistos, gneises y pizarras	<b>N-S</b>		1			
	Liditas y aluvial	<b>N-S</b>	1		0,5	0,5	
Complejo de Cabo Ortegal	Metavulcanitas	<b>NO-SE, ESE-ONO</b>	5		0,01-0,50	0,5	
	Gneises	<b>NO-SE</b>	2		0,20 y 0,25	0,25	
Complejo de Órdes	Anfibolitass	<b>NO-SE, NE-SO, NNE-SSO,</b>	7	1	0,01-0,50	1,5 y 3	1
	Gneises (y esquistos, peridotiras)	<b>NO-SE, NNO-SSE, ESE-ONO, NNE-SSO, NE-SO</b>	6		0,01-0,8	1,6 y 2	
	Esquistos	<b>N-S, NO-SE, NE-SO, NNE-SSO, ESE-ONO</b>	9	1	0,01-0,06	0,2	
<b>Totales</b>			<b>43</b>	<b>4</b>	<b>0,01-0,8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>

En relación con esquistos de la serie Precámbrico-Silúrico, afectados por la fracturación tardihercínica, se catalogan en esta zona 7 manantiales y 1 sondeo (Balneario de Cortegada). El manantial de La Burga (Teo) es de aguas templadas (20°C) sin implicación termal, el de Frádegas es de aguas templadas (16°C, 18°C) pero con implicación termal, Cortegada (25,5°C) es templada y termal, y los de Baños de Prexigueiro (60°C) termal. El resto son aguas frías sin relación conocida con el termalismo. Los caudales son muy pequeños siendo el mayor el de Baños de Prexigueiro (2 l/s). Las aguas con implicación termal son bicarbonatadas sódicas y tienen una mineralización muy débil a débil (Cortegada). La Burga es clorurada sódica y débilmente mineralizada. También en relación con esquistos, gneises y pizarras se ubica el sondeo de Agua Sá (Baiona), de aguas frías. Con liditas y depósitos aluviales, en una zona de fractura N-S, se ha relacionado la surgencia del manantial del Balneario de Caldeliñas que es de aguas templadas (23°C) y tiene implicación termal.

El Dominio de los Complejos con Rocas Máficas y Relacionadas (DCRMR) está representado por varios Complejos (CRM) constituidos por rocas máficas, ultramáficas y gneises, sobre las que se dispone una sucesión



de metasedimentos, predominantemente esquistos. Se diferencian en Galicia los Complejos de Cabo Ortegal, Órdes y La Unidad de Malpica-Tui (UMT), que es un sinformal, alargado según la dirección N-S, que recorre Galicia desde las localidades de Malpica hasta Tui, y está constituida por micaesquistos, paragneises, ortogneises, anfibolitas, y granitos desde composiciones ácidas a intermedias.

En relación con la serie metasedimentaria del Precámbrico de este Dominio se ha catalogado un manantial (Fonte Ferruxinosa) con 0,11 l/s, que surge en relación con una fractura N50° que constituye el contacto entre gneises y esquistos.

Se han catalogado 5 manantiales de aguas frías en relación con metavulcanitas precámbricas, fracturadas NO-SE y ESE-ONO, que afloran en el Complejo de Cabo Ortegal, con caudales inferiores a 0,5 l/s. Seis manantiales y el agua captada mediante un sondeo se localizan en anfibolitas del Precámbrico-Ordovícico del Complejo de Órdes, así como el manantial Fuente Santa de Reboredo que surge en el contacto por cabalgamiento entre anfibolitas y metabasitas. Las aguas de manantial son todas frías con caudales inferiores a 1,5 l/s, excepto la del sondeo realizado en Baños Vellos de Carballo (37°C) que es termal y de composición bicarbonatada cálcica, fluorurada, litínica y sulfurosa, débilmente mineralizada.

Son 5 los manantiales que surgen en gneises, 2 se relacionan con gneises y esquistos (Fonte de la Saleta y Fonte Garea), y otro con gneises y peridotitas (Fonte do Progreso), todos ellos en el Precámbrico - (Devónico), afectado por fracturas de dirección tardihercínica. Se trata siempre de aguas frías y caudales inferiores a 0,8 l/s, excepto la Fonte do Progreso (1,6 l/s) y Fonte Garea (2 l/s). De los 8 manantiales, dos se sitúan en el Complejo de Cabo Ortegal: Fonte Laboreña y Fonte do Beco.

En los esquistos del Precámbrico-Silúrico se han catalogado 9 manantiales y 1 sondeo realizado en el Balneario de Santa Lucía. Todos los puntos se sitúan en el Complejo de Órdes y la fracturación asociada sigue direcciones tardihercínicas. Los caudales de los manantiales, todos de aguas frías, son pequeños (<0,2 l/s). De los 3 análisis disponibles dos son aguas bicarbonatadas sódicas (Balneario de Santa Lucía) en un caso fluoruradas, muy débilmente mineralizadas, y con implicación termal. El otro análisis corresponde a San Pedro de Donas donde el agua es clorurada carbonatada sódica, fluorurada y sulfurosa, débilmente mineralizada y sin relación termal.

En la parte emergida de Galicia, además de los materiales hercínicos, existen depósitos del Terciario y Cuaternario. Las cuencas terciarias gallegas se formaron con los movimientos pirenaicos y lo hicieron, por tanto, en un marco regional compresivo. Gracias a ello se han podido originar los importantes espesores de lignito en algunas cuencas (As Pontes de García Rodríguez y Meirama). En algunos casos gracias al estudio del registro

tectono-sedimentario en estas cuencas, se ha podido comprobar la actividad neotectónica de fracturas tardihercínicas.

Los depósitos cuaternarios, en general pequeños, están distribuidos por toda Galicia, contienen arcillas y arenas y gravas. Procesos de alteración reciente dieron origen a depósitos de arcilla (a partir de esquistos), y a depósitos de *xabre* (granito arenizado), o de arenas de cuarzo (cuarcitas alteradas).

Algunos manantiales de aguas minerales surgen desde el sustrato pre-Mesozoico a través de materiales del Terciario y Cuaternario. También se han realizado captaciones de este tipo de aguas mediante sondeos que atraviesan la cobertera cenozoica. Algunos ejemplos pueden encontrarse en la zona de Verín o en la de Guitiriz, entre otras.

## **2.4 Rocas ígneas**

La relación entre rocas ígneas y aguas minerales en Galicia es importante y sobre todo en cuanto a las aguas que se relacionan con el termalismo. En los cuadros 5, 6 y 7 se muestran algunas características de las aguas minerales relacionadas con las rocas ígneas. Puede verse como la mayoría de los manantiales se localizan en granitos de la serie alcalina (que ocupan una mayor extensión en Galicia), y en menor número con las granodioritas y granitos biotíticos calcoalcalinos.

El magmatismo intrusivo en los materiales de la Zona Asturoccidental-Leonesa no fue muy importante, que se muestra sobre todo en el Dominio del Manto de Mondoñedo y en la ventana de O Xistral (DNAS). En los metasedimentos de la ventana de O Xistral, intruyeron los granitos de dos micas que constituyen el Macizo de San Ciprián en el que se sitúa, en relación con una fractura N120°, la Fuente da Tella, manantial de aguas frías, con poco caudal (0,40 l/s), y sin implicación termal.

En granitos fracturados NE-SO y NO-SE del Dominio del Manto de Mondoñedo, bien en contacto con pizarras o a través de aluviones, surgen 4 manantiales de aguas frías con caudales inferiores a 0,14 l/s. En este Dominio se relacionan con granodioritas afectadas por fracturación tardihercínica los manantiales del Balneario de Lugo, Fontecelta, S.A. (Céltigos) y Fonxesta (antes Solán, S.L.). El primero es de aguas termales (42,1°C), de composición bicarbonatada sódica, fluorurada y sulfurosa, con mineralización media. Las aguas de Fontecelta son bicarbonatadas sódico cálcicas, con débil mineralización, templadas y con implicación termal, y son las que aportan el mayor caudal (7 l/s). El manantial de Fonxesta es de aguas frías muy débilmente mineralizadas y bicarbonatadas sódicas, sin implicación termal.



En la Zona Centro-Ibérica la intrusión de granitoides ha sido mayor. Se han catalogado 4 manantiales de aguas frías en relación con granitos o en la zona de contacto granitos - pizarras/esquistos afectados por fracturación de orientación tardihercínica. El caudal mayor es de 0,5 l/s. De ellos los más importantes están en el Macizo de Guitiriz: la Fuente de Santo Domingo (Balneario de Pardiñas) en granitos de la serie alcalina, y la Fuente San Juan de Lagostelle (Balneario de Guitiriz) en granodioritas. Los dos tienen implicación termal y surgen desde el sustrato granítico como aguas frías, bicarbonatadas (cloruradas) sódicas y sulfurosas, a través de depósitos detríticos del Terciario y Cuaternario. En el Balneario de Guitiriz existen tres captaciones por sondeos de unos 100 m de longitud en los que se obtiene un agua similar al de la fuente, por lo que parece clara la relación de éstas con el sustrato.

En el Dominio Esquistoso de Galicia-Trás os Montes se observa una extensa presencia de manifestaciones magmáticas siendo el magmatismo de carácter ácido a intermedio muy importante, ocupando la mayor superficie los granitoides de dos micas de la serie alcalina, que se extienden según las direcciones hercínicas y presentan distintos grados de deformación, al igual que las granodioritas precoces. Los granitoides calcoalcalinos que forman macizos circunscritos que cortan a las direcciones hercínicas, se consideran postcinemáticos. No parece que el grado de deformación interna de los granitoides tenga una influencia significativa en la existencia de aguas minerales, siendo la relación granitoides y fracturación tardi- posthercínica la que tiene gran importancia.

Con los materiales migmatíticos y granitoides inhomogéneos se han relacionado 4 manantiales de aguas frías sin implicación termal y pequeño caudal (2 l/s en Aguas Férreas).

Con los granitoides de la serie alcalina se han relacionado 84 manantiales, 3 pozos, 14 sondeos y 1 galería (Fonte de Santa Mariña con 5 l/s). Algunos de estos manantiales surgen en el contacto entre los granitoides y otras rocas (esquistos, gneises, depósitos aluviales...). Los mayores caudales se obtienen en el manantial del Balneario de O Carballiño (14 l/s), y en el de As Burgas (10 l/s), en la provincia de Ourense. Las temperaturas más altas (entre 60°C y 70°C) se obtienen en los manantiales próximos al río Miño y relacionados con fracturación NNO-SSE, E-O y NE-SO (As Burgas, Burga Alta de Outeriz, Burga Baixa de Outeriz, A Burga de Chabasqueira), todos ellos en la provincia de Ourense. En general, los manantiales que tienen mayor caudal son también los que tienen más temperatura de surgencia. De los 39 manantiales analizados, 30 son aguas bicarbonatadas sódicas, 2 aguas cloruradas sódicas, y las seis restantes de composición variada: cloruradas sulfuradas sódico cálcicas (Cuadro 5). En general son litínicas fluoruradas (o fluoruradas litínicas) y en casos sulfurosas (es frecuente que se detecte este carácter sulfuroso de las aguas termales). Una es muy mineralizada (Balneario de Lárez) de aguas cloruradas sódicas, 8 de mineralización media, y el resto poco mineralizadas. La fracturación que se ha relacionado con estas surgencias se dispone según las direcciones tardihercínicas.

**Cuadro 5.- Aguas minerales relacionadas con los granitos alcalinos que intruyen en el DEGTM**

	Nº de análisis	Mineralización	Composición*	Con relación termal	
Granitos de la serie alvcalina	39	6C, 1T	8 s.d.	3 (8)	
			3OL	5, 7, 12	7
		2C, 2T	9MD	4, 8, 10, 20, 3 (5)	6
		6C,1T	10D	11, 3(9)	10
		6c,1T	8M	3 (8)	8
		1MM	7	1	
<b>Total</b>	<b>39</b>		<b>3(30), 4, 5, 7(2), 8,10,11,12,20</b>		

\*3:Bicarbonatada sódica; 4:Clorurada bicarbonatada sódica; 5: Clorurada bicarbonatada sódico cálcica; 7:Clorurada sódica; 8:Clorurada sulfatada sódica;10:Sulfatada clorurada bicarbonatada sódico cálcica;11:Sulfatada clorurada sódica;12:Clorurada cálcica sódica;20: Sulfatada bicarbonatada sódica.  
T: Aguas templadas; C: Aguas calientes  
OL: Oligometálicas (<80 mg/l); MB: Muy débil (80-250 mg/l); Débil (250-500 mg/l); M: Media (500-1000 mg/l); MM: Fuerte (>1500 mg/l)

De los pozos solo el de Burga de Abajo (Ourense) es de agua termal (60°C) con 0,01 l/s. El Pozo Estrella 3 del Balneario de Mondariz es de aguas frías (15°C) de débil a media mineralización, bicarbonatada sódica y con unos 2,8 l/s. Entre los sondeos, el de San Xines con 6,65 l/s y el de Sousas (Pozo con gas) (4,17 l/s) dan los mayores caudales. Las aguas de 6 sondeos tienen implicación termal y 5 dan aguas templadas. Se dispone de análisis del agua de 11 sondeos, de ellos 8 son aguas bicarbonatada sódicas, en general fluoruradas, y en casos litínicas y/o sulfurosas. Son muy débilmente a débilmente mineralizadas, excepto Sousas (Pozo con gas) de mineralización media, y Fontenova (Pozo Nº 1 y Pozo Nº 2), y Cabreiroá (Pozo con gas) que están fuertemente mineralizadas. Cabreiroá (Pozo sin gas) es bicarbonatada cálcica sódica, litínica, fluorurada y sulfurosa, muy débilmente mineralizada. San Xines es clorurada sódica, oligometálica; y Fuente del Val es bicarbonatada sódico cálcica muy débilmente mineralizada. En general, la situación de los sondeos se ha relacionado con fracturación submeridiana y E-O.

En resumen y en cuanto al quimismo relacionado con los granitoides de tendencia alcalina de 52 análisis estudiados en este Dominio (ver Cuadro 7), 40 corresponden a aguas bicarbonatadas sódicas. Son

predominantemente litínicas (14), fluoruradas y sulfurosas. Tres aguas son cloruradas sódicas, una de ellas litínica fluorurada. El resto presentan cierta variación entre cloruradas y sulfatadas sódico cálcicas.

La otra litología que conviene analizar individualmente en este Dominio es la de granodioritas y granitos biotíticos calcoalcalinos (se incluye la surgencia en el contacto entre granodioritas y esquistos y cuarcitas del Paleozoico, Balneario de Mouriscados). De un total de 22 puntos 14 corresponden a manantiales, 7 a pozos y 1 a un sondeo (Solán, S.L., pozo N° 2). Los pozos aportan caudales de 1,5 l/s o inferiores y son todos de aguas calientes obteniéndose la mayor temperatura (en torno a los 40°C) en Pozo de La Capilla y Pozo del Mar en el Balneario de A Toxa. Son aguas termales cloruradas sódicas, a las que se ha relacionado con una fracturación NNE-SSO y N-S.

Los manantiales presentan caudales inferiores a 1,25 l/s excepto el Balneario de Berán (5 l/s) y Baños de Río Caldo (17 l/s), que se relacionan con fracturas NNE-SSO. El resto de manantiales se relacionan también con fracturas de orientación tardihercínica: N-S, NE-SO, NNE-SSO y E-O. Baños de Río Caldo (70°C), Las Burgas (45,2°C) y Caldelas de Tui (41°C) son los que tienen mayor temperatura, que junto con el Balneario de Berán son los que presentan aguas calientes. El manantial Fuente de los Ojos (Balneario de Acuña) tiene agua templada (23,5°C) siendo el resto de aguas frías. Sobre la base de los 5 análisis disponibles se trata de aguas bicarbonatadas sódicas y excepto las del Balneario de Pantón que son litínicas y fluoruradas, así como sulfurosas, el resto son fluoruradas y sulfurosas.

En los granitoides que intruyen en los Complejo de Órdes hay 2 manantiales catalogados relacionados con granitos de dos micas, uno de ellos, Fonte Casal de Monín, en su contacto con esquistos. Se relacionan con fracturas NO-SE y ESE-ONO y tienen pequeños caudales (0,1 y 0,12 l/s).

En relación con granodioritas en el Complejo de Órdes se han señalado para 7 manantiales (5 en el Balneario de Arteixo) y 1 sondeo (Aguas de Loureda). El agua del sondeo de Aguas de Loureda es termal, surge a 57°C, con un caudal de 5,8 l/s. También son termales las aguas del Balneario de Arteixo que surgen a menos de 37°C en el contacto por falla NO-SE entre metasedimentos y granodiorita. En los dos casos el agua es clorurada sódica. La Fuente Sana (relacionada con una fractura ESE-ONO que afecta a granodioritas) y la Fonte San Xurxo (fractura NE-SO), son de aguas frías.

Dos manantiales (Fonte San Miguel y Pozo Negro) se sitúan en gabros afectados por fracturas NO-SE y N-S, del Complejo de Órdes. Son de aguas frías y tienen pequeño caudal (< 0,1 l/s).



**Cuadro 6.- Aguas minerales en relación con rocas ígneas**

Rocas ígneas	Litología	Fracturación	Manantiales	Galerías	Pozos	Sondeos	Caudal (l/s)		Nº de puntos con relación termal
							Frecuente	Máximo	
DNAS	Granito	NO-SE	1				0,40		
DMM	Granito	NE-SO, NO-SE	4				< 0,14		
	Granodioritas	NNE-SSO y ENE-OSO, NO-SE	2			2	0,70-2,60	7	2
ZCI	Granito	N-S, NNE-SSO, NO-SE, NE-SO	4				0,04-0,5		
	Granodioritas	NE-SO, ENE-OSO	1				0,40		1
Dominio Esquistoso de Galicia - Trás os Montes	Migmatitas y granitoides inhomogéneos	ESE-ONO, NE-SO, NO-SE	4				0,01-0,05	2	
	Granitos de la serie alcalina	NNE-SSO, NE-SO, NNO-SSE, NO-SE, N-S, E-O, ESE-ONO, ENE-OSO.	84	1	3	14	0,01-14		40
	Granodioritas	NNE-SSO y N-S	14		7	1	0,01-5	17	14
DCRM	Granitos	ESO-ONE, NO-SE	2				0,1-0,12		
	Granodioritas (y esquistos)	NO-SE, NE-SO, ESE-ONO	6			1	< 5,80		4
	Gabros	NO-SE, N-S	2				0,01 y 0,10		
<b>Total</b>			<b>124</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>0,01-5</b>	<b>17</b>	<b>61</b>

**Cuadro 7.- Síntesis de las relaciones geología-aguas minerales en Galicia**

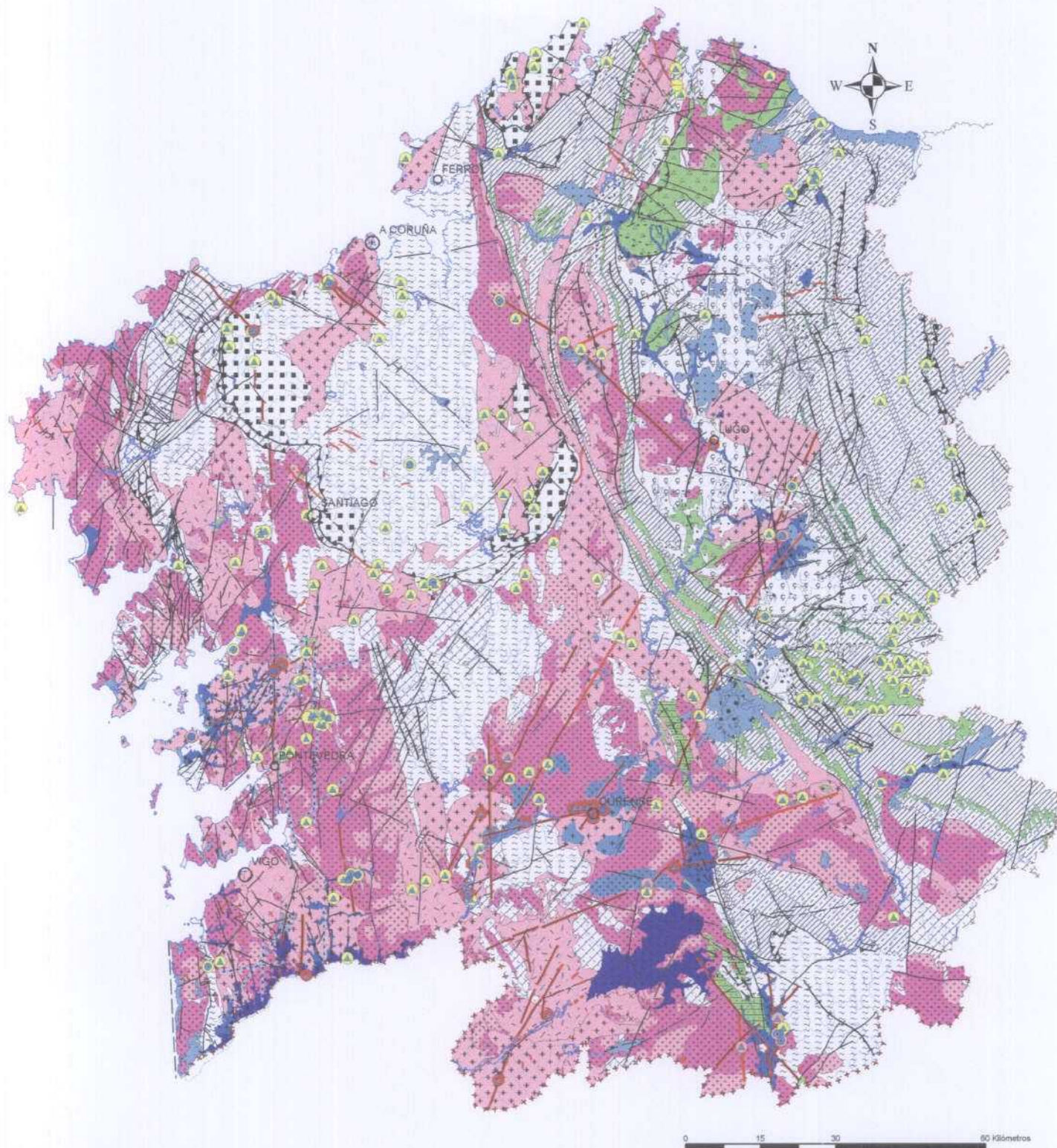
ZONAS GEOLÓGICAS	Litología	Fracturación	Manantiales	Galería	Pozos	Sondeos	Caudal (l/s)		Temperatura	Nº análisis	Mineralización	Composición*	Puntos con Relación termal
							Frecuente	Máximo					
Zona Asturoccidental - leonesa	Pizarras y areniscas/cuarzitas. Pizarras, esquistos, ampelitas.	NE-SO, NO-SE, N-S, ENE-OSO, NO-SE, E-O, NNO-SSE, ESE-ONO, NNE-SSO, E-O	48				0,10-3	20 y 15	1T	8	4OL 3MD 1D	9-13-16-17 1(3) 3	
	Pizarras y calizas	NE-SO	6				0,2-1,5	15		2	MD	1-18	
	Calizas y cuarzitas	NE-SO	1				50			1	MD	1	
	Calizas	NE-SO	4				0,5-1,5	25 y 12		1	MD	1	
	Magnesitas	NE-SO		1		1	18 y 2,5	18		2	MD-D	14(2)	
Zona Centro Ibérica	Gneises	N-S	1				0,01	0,01					
	Filitas y cuarzitas/areniscas. Pizarras, esquistos.	NO-SE, NE-SO, N-S, NNE-SSO, E-O	15	1			0,01-0,25	10		1	MD	21	
Zona de Galicia - Tras os Montes	Gneises (y esquistos, peridotitas)	N-S, ENE-OSO, NO-SE, NE-SO, NNO-SSE, ESE-ONO	14				0,01-0,25	1,6 y 2		1	D	15	1
	Esquistos, pizarras, lilitas	NNO-SSE, NO-SE, ESE-ONO, N-S, NE-SO, ENE-OSO, NO-SE, NNE-SSO, ESE-ONO	16			3	0,01-0,5	2	2 T	9	5MD 4D	3(4)-7 3-6-7-19	5
	Metavulcanitas	NO-SE, ESE-ONO	5				0,01-0,50						
	Anfibolitas	NO-SE, NE-SO, NNE-SSO,	7			1	0,01-0,50	1,5 y 3	1C	1	D	3	1
Rocas ígneas	Migmatitas y granitoides inhomogéneos	ESE-ONO, NE-SO, NO-SE	4				0,01-0,05	2		1	OL	7	
	Granitos	NE-SO y NO-SE NNE-SSO, ENE-OSO, NNO-SSE, N-S, E-O, ESE-ONO, ENE-OSO	95	1	3	14	0,01-10	10	23 C y 19 T	52	4OL 14MD 19D 9M 6MM	5-7(2)-12 2-3(8)-4-8-10-19-20 3(18) y 11 3(9) 3(5)-7 7(5)	40
	Granodioritas	NNE-SSO, NE-SO, NO-SE, N-S, ENE-OSO, E-O, ESE-ONO, NNO-SSE	24		7	4	0,01-6,90	17	17 C y 4T	22	5MD 4D 4M 4MM	1-3(4) 3(2)-20(2) 3-7(3) 7(4)	14
	Gabros	NO-SE, N-S	2				0,01 y 0,10	0,10					
	<b>Totales</b>	<b>NE-SO, NO-SE, N-S, NNE-SSO</b>	<b>244</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>0,01-10</b>	<b>25 y 50</b>	<b>43C y 24T</b>	<b>101</b>	<b>9OL, 34MD, 30D, 13M, 10MM</b>	<b>3(54)-7(18)-1(7)-20(3)-14(2)-19(2)-15(1)</b>	

\* 1: Bicarbonatada cálcica; 2: Bicarbonatada cálcica sódica; 3: Bicarbonatada sódica; 4: Clorurada bicarbonatada sódica; 5: Clorurada bicarbonatada sódico cálcica; 6: Clorurada carbonatada sódica; 7: Clorurada sódica; 8: Clorurada sulfatada sódica; 9: Sulfatada cálcica; 10: Sulfatada clorurada bicarbonatada sódico cálcica; 11: Sulfatada clorurada sódica; 12: Clorurada cálcica sódica; 13: Sulfatada bicarbonatada cálcica mangésica; 14: Bicarbonatada cálcica magnésica; 15: Sulfatada bicarbonatada sódica; 16: Sulfatada cálcica magnésica; 17: Bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica; 18: Sulfatada bicarbonatada cálcica; 19: Bicarbonatada clorurada sódica; 20: Sulfatada bicarbonatada sódica; 21: Sulfatada cálcica magnésica sódica.

T: Aguas templadas; C: Aguas calientes

OL: Oligometálicas (<80 mg/l); MB: Muy débil (80-250 mg/l); Débil (250-500 mg/l); M: Media (500-1000 mg/l); MM: Alta (>1000 mg/l)





**Legenda**

**Recursos hidrominerales**

- ▲ Manantial
  - Pozo
  - Sondéo
  - Galería
- Temperatura**
- 0 - 18 °C Frías
  - 18 - 25 °C Templadas
  - >25 °C Calientes

- ↔ Cabalgamiento o falla inversa
- ⊕ Falla con actuación neotectónica
- Falla
- Falla supuesta
- Falla deducida por geofísica
- Accidente deducido por geofísica

**Diques**

- 

**Litología**

- Ql, Cuaternario indiferenciado.
- Qal, Cuaternario aluvial.
- Qt, Cuaternario - Terrazas.
- T, Terciario.
- ▨ Pca, Pizarras, cuarcitas y areniscas.
- ▨ P, Pizarras.
- ▨ E, Esquistos.
- ▨ Cu, Cuarcitas.

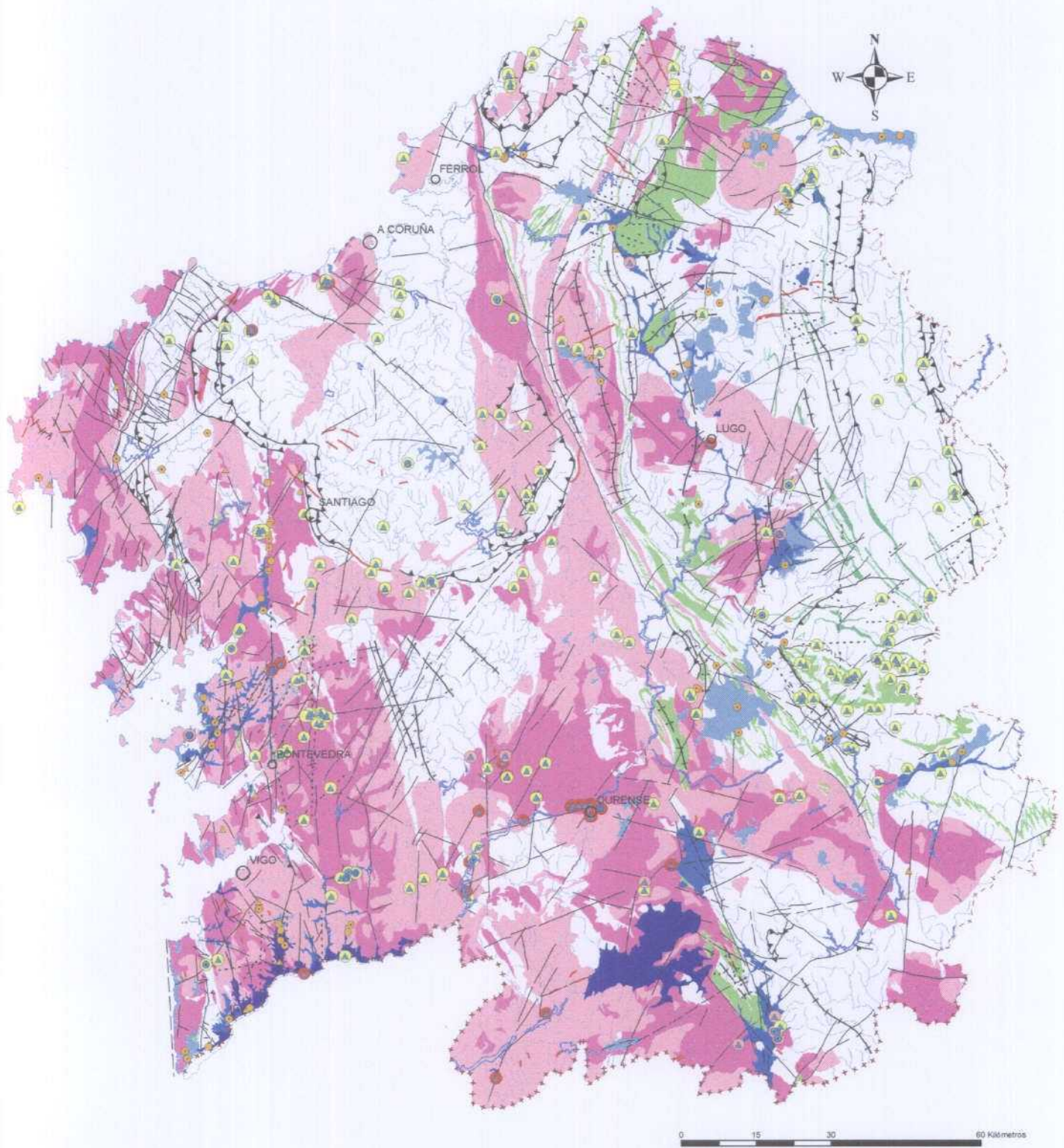
- ▨ Ca, Calizas y dolomías.
- ▨ E-G, Esquistos y gneises.
- ▨ Ma, Rocas básicas.
- ▨ V, Metavulcanitas ácidas.
- ▨ Ar, Areniscas.
- ▨ Gg, Gneises. Gneises glandulares.
- ▨ Pr, Pizarras, areniscas, esquistos y gneises.
- ▨ M, Migmatitas.
- ▨ Gca, Granitos calcoalcalinos.
- ▨ Ga, Granitos alcalinos.

**Permeabilidad**

- Porosidad intergranular**
- Alta - media
  - Media - alta
  - Baja
- Porosidad por fisuración**
- Alta - media
  - Media - baja
- Porosidad intergranular y por fisuración**
- Media - baja
  - Baja
  - Muy baja - impermeable

**Fig. 3.- Galicia: Síntesis hidrogeológica y situación de los recursos hidrominerales**





**Leyenda**

**Recursos hidrominerales Abastecimiento y otros**

- ▲ Manantial
- Pozo
- Sondeo
- Galería
- ▲ Manantial
- Pozo
- Sondeo

**Temperatura**

- 0 - 18 °C Frías
- 18- 25 °C Templadas
- >25 °C Calientes

- Cabalgamiento o falla inversa
- Falla con actuación neotectónica
- Falla
- Falla supuesta
- Falla deducida por geofísica
- Accidente deducido por geofísica

- Anticlinal
- Sinclinal
- Diques**

**Permeabilidad**

- Porosidad intergranular
- Alta - media
- Media - alta
- Baja

**Porosidad por fisuración**

- Alta - media
- Media - baja

**Porosidad intergranular y por fisuración**

- Media - baja
- Baja
- Muy baja - impermeable

**Fig. 4.- Galicia: Permeabilidad, fracturación y aguas subterráneas**



### 3. LITOLOGÍA, FRACTURACIÓN Y AGUAS MINERALES

Se consideran aquí esencialmente los hechos geológicos que condicionan de alguna manera la existencia de las aguas minerales y sus características físico – químicas: litología y estructura.

Sobre la base del estudio de las aguas de abastecimiento realizado para el Plan Hidrológico (EPTISA-IDASA 1991) con la colaboración del IGME, se pueden agrupar los materiales aflorantes en Galicia en conjuntos litológicos que se describen más adelante, comentando su tipo general de porosidad y el grado de permeabilidad que se le ha asignado en la cartografía (Fig. 3 y Fig. 4) y que se resume en el Cuadro 8. En este cuadro se puede observar como los mayores caudales se obtienen a partir de depósitos detríticos y también en calizas y/o cuarcitas fracturadas y karstificadas. Los caudales previsible en rocas metamórficas ácidas o básicas afectadas por fracturación son en general inferiores a los 0,5 l/s. Las rocas graníticas afectadas por fracturación y con alteración son las que darían mayores caudales, siendo esto más frecuente en los granitoides de dos micas de tendencia alcalina.

**Cuadro 8.- Tipo y grado de permeabilidad de los materiales aflorantes en Galicia**

Tipo de permeabilidad	Grado de permeabilidad	Descripción	Litología	Caudal medio extraíble (l/s)	Caudales de aguas minerales (l/s)
Porosidad intergranular	Alta – Media	Formaciones extensas (acuíferos regionales) o locales	Depósitos fluviales y depósitos Terciarios	10-50 y >100	
	Media – Alta	Formaciones extensas, discontinuas o locales	Aluviales, otros fluviales, costeros, xabres y depósitos Terciarios	5 – 30	
	Baja	Formaciones extensas, discontinuas o locales	Depósitos Terciarios y Cuaternarios indiferenciados	0,3 – 3	
Fisuración y karstificación	Alta – Media	Formaciones discontinuas o locales	Calizas y dolomías	5 – 20	0,5 – 1,5 (12, 25, 50)
	Media – Baja		Cuarcitas	1 – 5	0,1-0,3 (15 y 20)
Porosidad intergranular y fisuración	Media – Baja	Formaciones extensas, discontinuas o locales	Granitos alcalinos muy alterados	1 – 10	<10
	Baja		Granitos alcalinos poco alterados, Granitos calcoalcalinos, gneises, migmatitas y metavulcanitas	0,2 – 3	<7 (17)
Fisuración y porosidad intergranular	Muy baja – Impermeable	Formaciones extensas, discontinuas o locales	Pizarras, esquistos, rocas básicas, esquistos – gneises y depósitos Terciarios muy arcillosos	< 0,3	0,01-0,5 (3)

Fuente. Modificado de EPTISA-IDASA (1991)

#### LITOLOGÍA

##### Cuaternario indiferenciado

Depósitos detríticos de diversa naturaleza y origen: coluviones, aluviones, depósitos fluvio-glaciares y depósitos costeros. Su composición y tamaño de grano son muy variados, desde depósitos finos constituidos por arcillas y limos fluviales o fluvio-glaciares, muy poco permeables, a aluviones de arenas y gravas fluviales con alta permeabilidad, pasando por depósitos de arenas finas costeras y coluviones de gravas y bloques

incluidos en abundante matriz limosa arcillosa, con permeabilidades bajas a medias. Son depósitos en general poco extensos y muy discontinuos. Se incluyen entre los materiales que presentan porosidad intergranular con grado de permeabilidad en general baja. Son de especial interés los depósitos de alteritas (*xabre*) arenosas limosas, producto de la alteración de rocas graníticas y que pueden incluirse en este punto ya que los depósitos actuales se han desarrollado predominantemente durante el Cuaternario. Ocupan zonas deprimidas sobre el sustrato granítico y tienen una morfología en manto de extensión y espesores muy variables, pudiendo superar más de 30 m de profundidad a favor de la fracturación. Estos depósitos de “xabre” tienen gran importancia en la existencia de una porosidad intergranular asociada a la fracturación, ya que puede tener un desarrollo vertical importante a lo largo de las fracturas, favoreciendo la circulación del agua subterránea. Otros depósitos de alteración durante el Cuaternario que pueden considerarse de baja permeabilidad por porosidad intergranular son los derivados de la alteración de la Cuarcita de O Xistral que da mantos irregulares de poco espesor (centimétrico a métrico). Los suelos residuales arcillo-limosos desarrollados sobre rocas metasedimentarias se consideran de muy baja permeabilidad.

### **Cuaternario Aluvial y terrazas**

Se incluyen aquí los depósitos de arenas y gravas fluviales que constituyen las terrazas, aluviales, depósitos de fondo de valle y canales de las cuencas cuaternarias. Son en general de pequeña extensión y discontinuos, pero en ocasiones pueden constituir acuíferos de cierta entidad como ocurre en las Unidades hidrogeológicas de la Cuenca de Xinzo de Limia y el Baixo Miño. Se les ha asignado una permeabilidad alta-media, por porosidad intergranular.

### **Cuencas Terciarias**

Aunque localmente en estas cuencas se encuentran depósitos de arenas y gravas que pueden considerarse con permeabilidad media-alta lo más frecuente es su poca continuidad y la intercalación de numerosos niveles de arcillas y limos, por lo que en general pueden considerarse como de baja permeabilidad.

Aunque son pocos los manantiales de aguas minerales que se relacionan en la zona de afloramiento con materiales detríticos del Cuaternario, su presencia recubriendo el sustrato es de gran interés tanto desde el punto de vista de la captación del agua mineral y su acondicionamiento, como en lo referente a la protección de la cantidad y calidad del recurso hidromineral. La capacidad de estos depósitos para regular la infiltración y condicionar la forma de afloramiento de las aguas es localmente importante, tanto más cuanto mayores sean su extensión, espesor y permeabilidad. Facilitan en general la mezcla de aguas superficiales no minerales con aguas minerales, y pueden actuar también como difusores o filtros de vertidos contaminantes.



### **Pizarras, areniscas, esquistos y gneises.**

Corresponden estos materiales a la serie precámbrica que aflora en el Dominio del Manto de Mondoñedo. Es una serie esencialmente pizarrosa esquistosa y las intercalaciones de areniscas tienen poca potencia y continuidad lateral por lo que conforman un conjunto de permeabilidad, por fisuración, muy baja a prácticamente impermeable. Solo dos manantiales se sitúan en ellos, y son aguas bicarbonatadas cálcicas, poco mineralizadas. Uno presenta un caudal de 0,5 l/s de acuerdo con estas litologías. El otro es la Charca de Alligal con 20 l/s, con implicación termal y aguas templadas. Caudal y temperatura que pueden explicarse mejor si se consideran aportaciones de aguas superficiales de los depósitos cuaternarios del entorno.

### **Pizarras, cuarcitas y areniscas**

Se incluyen aquí los materiales esencialmente del Cámbrico-Ordovícico que se localizan en la parte centro-oriental de Galicia, en la Zona Asturoccidental-Leonesa y Zona Centro-Ibérica, y en la Sinforma de Verín, ya en el Dominio Esquistoso de Galicia-Trás os Montes. Se trata de series esencialmente pizarrosas con intercalaciones poco potentes de cuarcitas y areniscas. La permeabilidad es esencialmente por fisuración a favor de la fracturación que debido al predominio de materiales pelíticos tiene un desarrollo poco favorable para la existencia de caudales importantes, que en general no superan los 0,5 l/ pudiendo alcanzar los 3 l/s. Al conjunto se le considera de permeabilidad muy baja a prácticamente impermeable. Son numerosos los manantiales de aguas frías sin relación termal que se relacionan con estos materiales sobre todo en la ZAOL. Son aguas generalmente poco mineralizadas, de composición variable y en muchos casos ferruginosas, por la existencia de depósitos de hierro.

### **Pizarras**

El mayor desarrollo de pizarras se localiza en la parte centro-oriental de Galicia, en la ZAOL y ZCI. Son pizarras del Cámbrico al Silúrico, constituyendo un conjunto de permeabilidad muy baja a prácticamente impermeable. Los caudales, obtenidos en zonas fracturadas, no superan en general los 3 l/s, y solo muy rara vez mayores, hasta 20 l/s. Su composición es muy variable, en casos ferruginosas por la presencia de depósitos o minerales de hierro. Son aguas frías poco mineralizadas y sin relación termal.

### **Esquistos**

El predominio de estos materiales en la serie metasedimentaria se localiza en la parte central y occidental de Galicia, con edades desde el Precámbrico al Devónico, en la Zona de Galicia - Trás os Montes. Su permeabilidad, por fisuración, es muy baja obteniéndose caudales menores de 2 l/s. Son en su práctica

totalidad aguas frías, aunque hay algún caso de aguas templadas y calientes, con relaciones termales. Son poco mineralizadas y su composición es más frecuentemente bicarbonatada sódica o cálcica, o clorurada sódica.

### **Cuarcitas**

Aunque existen numerosos niveles y tramos de cuarcitas / areniscas intercalados en las series pelíticas del Precámbrico y Paleozoico Inferior, tienen poca potencia y continuidad para aportar caudales importantes a través de la fracturación, hecho al que nos hemos referido anteriormente.

Las formaciones que tienen un mayor desarrollo de cuarcitas en bancos de cierta potencia y continuidad lateral con las cuarcitas cámbricas: Cuarcitas de Cándana Inferior, Cuarcitas de Cándana Superior y Cuarcita de O Xistral; y la cuarcitas Ordovícicas: Cuarcita Armoricana y sus equivalentes (Cuarcitas de Río Eo), que afloran en la Zona Asturoccidental-Leonesa. No obstante, aparecen en muchos casos muy alteradas a arenas finas y limos arenosos, y con intercalaciones pizarrosas, lo que condiciona que su permeabilidad, por fisuración, sea baja. Cuando mayor interés tienen es cuando se presentan con cierto espesor y fracturadas, en contacto con pizarras, obteniéndose entonces caudales más importantes, que pueden alcanzar los 15 l/s. Son manantiales de aguas frías sin relación termal, generalmente poco mineralizadas, de composición variable, en casos ferruginosas, por la existencia de depósitos de hierro.

### **Calizas y dolomías**

Las calizas y dolomías (y magnesitas) aparecen con cierta entidad en la parte oriental de Galicia, en la Zona Asturoccidental-Leonesa. Las mayores potencias y continuidades se tienen en las Calizas de Cándana (Cámbrico Inferior), Calizas de Vegadeo (Cámbrico Medio) y Calizas de La Aquiana (Ordovícico Superior-Silúrico). Por su naturaleza estos materiales presentan permeabilidad alta-media por fisuración y karstificación, pudiendo dar caudales importantes. El mayor caudal de aguas minerales de Galicia (50 l/s) se obtiene del manantial de Valdefariña que surge en el contacto entre calizas y cuarcitas fracturadas y karstificadas del Cámbrico en el DMM. Son aguas frías, generalmente bicarbonatadas cálcicas (y magnésicas cuando surgen en los niveles de magnesitas), poco mineralizadas y sin relaciones termales.

### **Esquistos y gneises**

Tanto en la ZCI como en ZGTM se han señalado series de esquistos y gneises predominantes, de edades Precámbrico-Devónico, a los que por fisuración se les asigna una permeabilidad muy baja. Los mayores

caudales son de 2 l/s y solo se dispone de un dato de análisis (Agua Sá, en Baiona) que da un agua clorurada sódica oligometálica, fría sin relación termal.

### **Rocas básicas**

Las rocas básicas afloran fundamentalmente en el Dominio de Rocas Máficas y Relacionadas. En relación con anfibolitas intercaladas en las series metasedimentarias se señalan algunos manantiales de aguas frías a templadas, y en algún caso con relación termal, con caudales inferiores a 3 l/s. Menores son los caudales que se obtienen de los gabros (< 0,1 l/s). A estos materiales que presentan porosidad por fisuración se les asigna un grado muy bajo de permeabilidad.

### **Metavulcanitas ácidas**

En la ZEGTM se han señalado afloramientos de metavulcanitas a las que se ha asignado una permeabilidad, fundamentalmente por fisuración, de grado bajo. Aunque los afloramientos más extensos de estos materiales se localizan en el DEGTM, los puntos catalogados de aguas minerales relacionados con esta litología se sitúan en el DCRM. Los caudales aportados, de aguas frías, son inferiores a 0,5 l/s.

### **Areniscas**

Al SO de Laza y al O de Monforte, en el DEGTM se han individualizado en la cartografía afloramientos de una serie predominantemente areniscosa del Paleozoico Inferior. Ningún manantial de aguas minerales se ha catalogado en estos materiales a los que en principio se les asigna una permeabilidad por fisuración de grado muy bajo a prácticamente impermeables.

### **Gneises**

Las formaciones esencialmente gnéisicas afloran en la ZCI y en la ZEGTM. Corresponden a gneises glandulares Olla de Sapo y a gneises bandeados. Se les ha asignado una permeabilidad por fisuración de grado bajo. Los caudales no suelen superar los 0,25 l/s y aportan aguas frías, correspondiendo el único análisis disponible (Fonte de San Lorenzo de Carboeiro) a un agua débilmente mineralizada, sulfatada bicarbonatada sódica y con implicación termal.

### **Migmatitas**

Las zonas migmatíticas y de granitoides inhomogéneos tienen su principal desarrollo en el DEGTM. Se les asigna una porosidad por fisuración y en alguna medida intergranular, asignándoseles una permeabilidad de



grado bajo. No aportan más de 2 l/s y son aguas frías. El único análisis (Aguas Férreas, en A Cañiza) da una composición clorurada sódica, para esta agua oligometálica y sin relación termal.

### **Granitos calcoalcalinos**

Entre las rocas ígneas ácidas se han considerado individualmente los granitos de dos micas de la serie alcalina y las granodioritas y granitos biotíticos calcoalcalinos. Entre los granitoides calcoalcalinos los precoces presentan deformación extendiéndose según direcciones hercínicas, y los tardíos constituyen cuerpos en general circunscritos, postcinemáticos. La permeabilidad de estas rocas, con porosidad por fisuración e intergranular, se considera baja (con caudales previsible < 3 l/s) cuando no existe un desarrollo de arenización en la zona de fracturación, y media-baja si existe alteración, pudiendo entonces obtenerse caudales de hasta 7 l/s, y, en casos, mayores (17 l/s). La composición de las aguas, que en muchos casos son calientes y tienen relación termal, es más frecuentemente bicarbonatada sódica y clorurada sódica. Los afloramientos se localizan sobre todo en el DEGTM, y con menos importancia en el DCRM, ZCI y DMM.

### **Granitos alcalinos**

Se localizan predominantemente en la ZGTM, aunque existen macizos graníticos que intruyen en el DNAS, DMM y ZCI. Al igual que se comentó para las granodioritas la permeabilidad por fisuración se considera media – baja cuando están alterados en la zona de fracturación, y dado que los caudales obtenidos se sitúan con bastante frecuencia por encima de 1 l/s y hasta 10 l/s, incluso hasta 14 l/s, en la cartografía se ha representado este grado de permeabilidad, que cuando no existe alteración podría considerarse baja. La composición más frecuente es bicarbonatada sódica seguida por clorurada sódica (lo que podría explicarse por la proximidad al mar, que favorece la aportación de aguas con esa composición a las zonas de recarga). Son en general poco mineralizadas y en muchos casos son de aguas calientes y con relación termal.

### **Diques**

Se han representado algunos diques principales de cuarzo, pegmatita, pórfidos y diabasas.

## **FRACTURACIÓN**

Los materiales del basamento que afloran en Galicia (Precámbrico a Devónico-Carbonífero) corresponden a un nivel cortical medio del orógeno Varisco, más profundo hacia el Oeste, donde las rocas ígneas ocupan la mayor parte de la superficie emergida. Constituyen distintas unidades que se superponen unas a otras, apiladas a favor de grandes estructuras de cabalgamiento. Entre éstas, el Cabalgamiento Basal del Manto de Mondoñedo superpone el Dominio del Manto de Mondoñedo al Dominio del Navia y Alto Sil. El límite

occidental del Dominio del Manto de Mondoñedo lo constituye la denominada Falla de Viveiro, que tiene un carácter de falla normal. Más al Oeste el Dominio Esquistoso de Galicia-Trás os Montes se superpone al Dominio del Olló de Sapo (ZCI) mediante una estructura de cabalgamiento en la parte sur que tiene su continuidad hacia el Norte en la Falla de Valdoviño, falla en dirección, de desarrollo posterior, que facilitó la intrusión de granitoides a lo largo de su trazado. Todas estas grandes estructuras siguen direcciones hercínicas (dibujo del arco hercínico, pasando de NE-SO en el norte a NNO-SSO y, ya en la parte meridional de Galicia, a NO-SE).

Sobre el Dominio Esquistoso se superpone el Dominio de Rocas Máficas y Relacionadas, constituido por numerosas escamas apiladas mediante superficies de cabalgamiento, y la Unidad de Malpica-Tui cuyo borde oriental está también definido por estructuras cabalgantes, en ocasiones afectadas por estructuras posteriores de cizallamiento. El límite occidental de esta UMT lo constituye la denominada Línea Málpica-Lamego (LLANA-FÚNEZ y MARCOS 2001a), y corresponde también a una gran zona de cizalla a escala cortical, de evolución compleja, y jalonada en la mayor parte de su trazado por rocas granodioritas. Las zonas de fracturación que limitan la UMT siguen una orientación sensiblemente N-S.

Apenas se ha encontrado alguna relación posible de las aguas termales con estas grandes estructuras hercínicas de desarrollo cortical que consisten en cabalgamientos y fallas (muy verticalizadas), con movimiento en dirección que puede estar asociado a desplazamientos verticales (en casos fallas inversas en regímenes compresivos y en otros casos fallas normales) e intrusión de granitoides. En relación con el Cabalgamiento Basal del Manto de Mondoñedo solo la Charca de Alligal, con implicación termal, se sitúa próxima, pero no parece probable su relación con él. Tampoco se localizan manifestaciones de aguas minerales en relación con las fallas de Viveiro, Valdoviño y los cabalgamientos basales del Complejo de Cabo Ortegal. Relativamente cerca de cabalgamiento basal del Complejo de Órdes se sitúan la Fonte de San Lorenzo de Carboeiro, el Balneario das Augas Frádegas, y Caldelas de Vilariño, aunque no parecen tener relación con esa estructura. Tampoco se encontraron manifestaciones termales en relación con la importante fracturación que limita la UMT

Con posterioridad a la fracturación hercínica, los materiales Precámbricos y paleozoicos han sido afectados por fracturas tardi-posthercínicas, en casos se trataría de la reactivación de fracturas hercínicas asociadas a las grandes estructuras citadas. A la fracturación tardihercínica (a la que se asocian sistemas de diaclasas), y de acuerdo con todos los autores consultados y el análisis realizado en este trabajo, pertenecen las principales fracturas que controlan la circulación de las aguas termales y, en general, también las aguas minerales sin relación termal. Esta fracturación afectó a un importante espesor de la corteza, y se reactivó en

la época neotectónica, y son las estructuras que van a facilitar la recarga de los almacenes profundos y a controlar la descarga al exterior del agua termal.

El sistema más importante es el de fracturas conjugadas NO-SE y NE SO (y su asociado NNE-SSO), con desplazamientos esencialmente horizontales. Son también importantes los sistemas E-O y N-S con movimientos verticales. Fracturas orientadas NNO-SSE y próximas al E-O están también presentes.

La red fluvial gallega se aprovecha en gran medida y está condicionada por la red de fracturas. El curso de numerosos ríos como el Sil, Miño, Támega, Limia, Lou, Tea, Sar, etc., así como el trazado de las rías está en muchos tramos condicionado por la red de fracturas tardihercínicas. Algunas cuencas con relleno de materiales del Terciario se han desarrollado a favor de depresiones claramente tectónicas (As Pontes, Roupas, El Pedroso, Meirama, Juanceda, Visantón...), muchas de ellas con actividad neotectónica.

Grandes fracturas con orientación NE-SO y NNE-SSO que afectan al Macizo Varisco constituyen bandas de cizallamiento muy trituradas y cicatrizadas por diques (pórfidos, diabasa...) intruídos en fases de distensión durante el desarrollo de esas fracturas. Estas orientaciones son muy frecuentes en las fracturas que afectan a los materiales pre-mesozoicos de Galicia. Con esta orientación se disponen las Rías Baixas, y muchos de los ríos gallegos que desembocan en el Atlántico. PARGA (1969) señalaba que "estas líneas de fractura vienen jalonadas por numerosas fuentes de aguas termales y de aguas minerales que han dado lugar a caolinizaciones en los granitos, los cuales se presentan con importantes tectonizaciones...", entre estas líneas de fracturación señala la que sigue el río Limia, NE-SO, así como la zona de intensa fracturación y caolinización del granito por la que discurre el río Oseira (en la provincia de Ourense). Indica también este autor un cierto control del último tramo del río Miño por fracturas NE-SO, que se alinean según esta dirección, en zonas rellenas de aptitas, hasta la provincia de Ourense, algo al NO del río Oseira.

Estas direcciones NE-SO y NNE-SSO constituyen la orientación de fracturación más importante en las zonas de la provincia de Ourense estudiadas por su interés termal por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME 1982). En estas zonas: O Carballiño, Ourense, Ribadavia, Maceda, y Xunqueira de Ambía, se censaron un total de 2.250 lineaciones de fractura, de las cuales el 43,2 % siguen estas orientaciones, siendo su orientación media N35°-44°, y con una mayor longitud media (1.788 m). Los buzamientos de estas fracturas son muy fuertes hacia el Oeste, superando los 80° (IGME 1984).

En el análisis realizado para este trabajo (Cuadro 9 y Fig. 5) sobre la orientación de las fracturas que se han asociado con las aguas minerales de Galicia se obtuvo que seguían direcciones NE-SO y NNE-SSO un 38% de un total de 274 fracturas, siendo la dirección NE-SO la predominante con el 23%. La importancia de estas



dos direcciones de fracturas en el control de aguas termales parece claro en algunos casos: manifestaciones termales de río Caldo, las situadas en la ribera del río Miño entre Ourense y Ribadavia (NE-SO y ENE-OSO), y en su tramo de Ribadavia a Cortegada (N-S, NNE-SSO), así como la alineación Oseira-Berán, entre otras.

La orientación NO-SE es la segunda en importancia en Galicia. La siguen fracturas que afectan a materiales del Cenozoico (Cuencas de Terciarias del NO de Galicia: As Pontes, Meirama, ...) y aparecen jalonadas por zonas de diaclasado y fracturación importantes, y en casos cicatrizadas por diques ácidos (diques de cuarzo de O Barqueiro y Pico Sacro...) y básicos. En IGME (1982), realizado en la zona de Ourense, para las orientaciones ESE-ONO y NO-SE se obtuvo un total del 23,5% de las fracturas, siendo su orientación media N125°, también muy verticalizadas. En el análisis realizado de las fracturas señaladas en relación probable o posible con las aguas minerales el 23 % de las fracturas se disponen NE-SO y un 7% según ESE-ONO. También en relación con fracturas NO-SE parece clara una relación con el termalismo en Galicia: manifestaciones en las zonas de Arteixo y Carballo, entre otras.

La dirección N-S sigue en importancia a las ya señaladas. En el estudio de IGME (1982) no se señalaba, posiblemente porque quedaría incluida en la familia NNO-SSE que con una orientación media de N163° constituía casi el 20% de las 2.250 fracturas censadas (IGME 1984). En el Cuadro 9 puede verse que la orientación N-S representa un 16 % de las fracturas que se han asociado a aguas minerales y otro 10 % tendrían dirección NNO-SSE lo que totalizaría un 26% para este grupo. También en relación con la fracturación sensiblemente orientada N-S se localizan manifestaciones termales: áreas de Tui, Caldas de Reis, Santiago de Compostela, y Carballo (todas ellas localizadas en la gran estructura meridiana denominada Depresión Meridiana), y el área de Verín, entre otras.

Las direcciones E-O y próximas a ésta (ENE-OSO y ESE-ONO) son mucho menos frecuentes y su relación con el termalismo no parece tan claro como en los casos anteriores. Su existencia en algunos sectores Baños de Molgas, indica que también esta orientación colabora a la existencia de algunas manifestaciones termales.

Estas direcciones de fracturas se localizan en todas las zonas geológicas de Galicia afectando tanto a materiales metamórficos como ígneos. (Cuadro 9). En relación con las aguas frías sin relaciones termales que se localizan en la ZAOL, la familia NE-SO y su conjugada NO-SE son predominantes, y lo mismo sucede para la ZCI, donde las únicas manifestaciones con implicación termal (Pardiñas y Guitiriz) parecen relacionarse con este sistema conjugado.

La fracturación sensiblemente NNE-SSO, N-S, NE-SO y NO-SE son por este orden las más estrechamente relacionadas con las manifestaciones de aguas minerales con relación termal en Galicia, siendo la NE-SO seguida de la N-S a las que parecen asociarse la mayor parte de esas aguas sin relación termal.

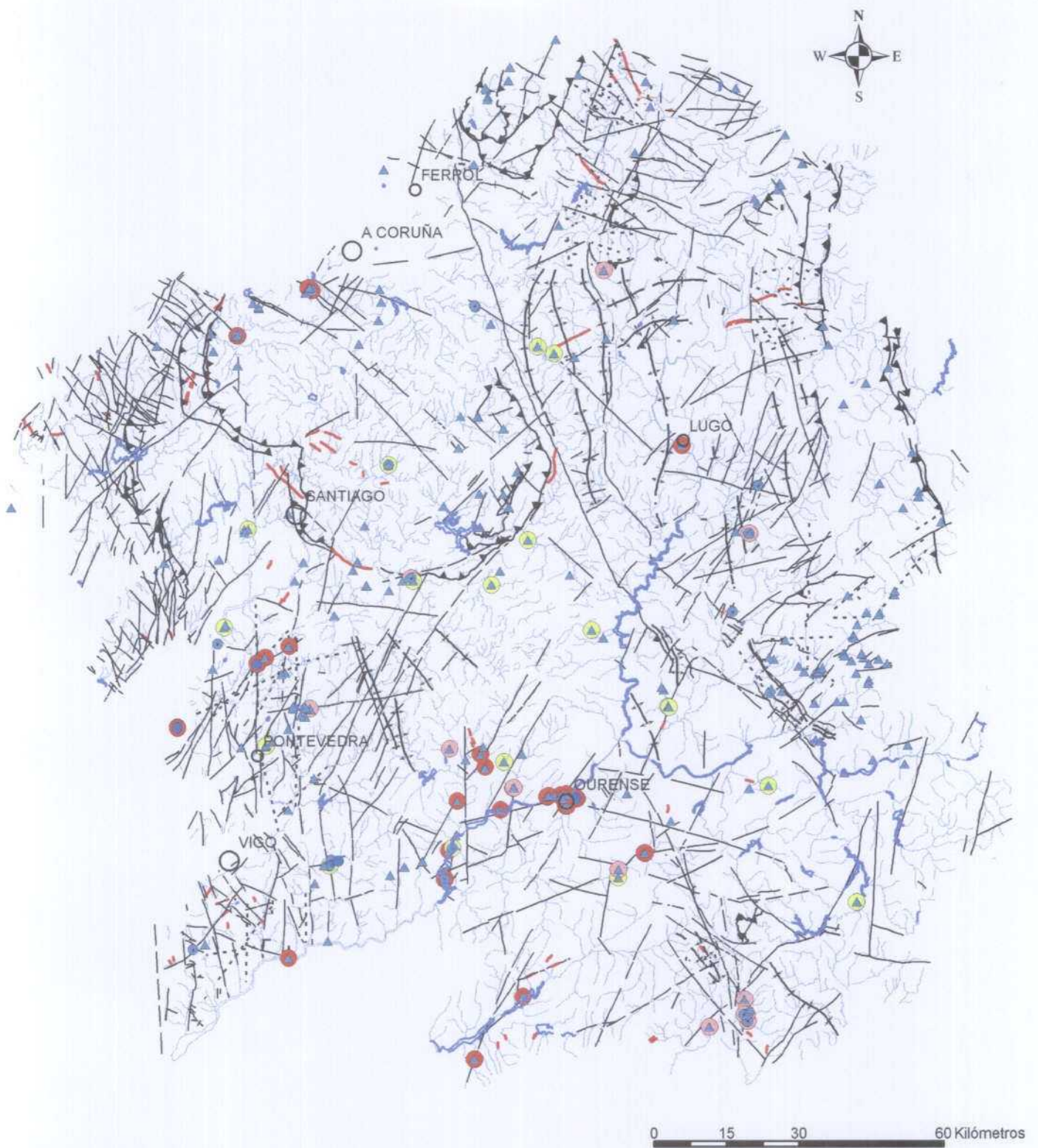
En general, las fracturas tardi-posthercínicas presentan fuertes buzamientos y así se ha comprobado en el estudio realizado en las zonas de Ourense y de Baños de Molgas (IGME 1984) en las que las que se obtuvieron buzamientos siempre superiores a los 80°, con inclinación al Oeste para las fracturas NE-SO, al E para las NO-SE y N-S, y tanto al N como al S para las orientadas E-O.

En IGME (1984) se realizó un estudio detallado de la fracturación en relación con el termalismo en la zona de Ourense, a una escala 1:100.000. La densidad de fracturas es alta, muchas de ellas de gran dimensión y algunas de varias decenas de kilómetros de largo como la de los ríos Miño y Avia. Concluyen que las surgencias se agrupan en torno a estas grandes fracturas aunque no parece existir relación clara con una determinada familia. Tampoco se producen las surgencias en el cruce de dos fracturas, siendo lo normal que una surgencia se localice en el cruce de una gran fractura con el cauce de algún río.

Los movimientos de esta fracturación tardi- posthercínica implican desplazamientos horizontales que, en general, para las fracturas NE-SO y NNE-SSO serían sinestros (bloque SE hacia el NE), y para las fracturas NO-SE y NNO-SSE dextros (bloque NE hacia el SE). Una compresión general próxima a un eje N-S ha sido indicada para el desarrollo del sistema conjugado NE-SO y NO-SE. Se ha señalado la existencia también de movimientos verticales en estas fracturas, así como la existencia de fases distensivas que permitieron la intrusión de granitoides y otras rocas tanto ácidas como básicas (cuarzo, aplitas, pegmatitas, diabasas, pórfidos...), y una fuerte tectonización de la zona de fractura. Con la fracturación N-S y E-O se han relacionado más generalmente movimientos verticales y una menor trituración.

<b>Cuadro 9.- Galicia: Fracturación y aguas minerales</b>									
<b>FRACTURAS</b>	<b>Galicia</b>	<b>ZAOL</b>	<b>ZCI</b>	<b>ZEGTM</b>	<b>Rocas metamórficas</b>	<b>Rocas ígneas</b>	<b>Termal</b>	<b>Con implicación termal</b>	<b>Sin relación termal</b>
N-S	16%	10%	23%	17%	15%	17%	10%	34%	27%
NNE-SSO	15%	10%	18%	16%	11%	20%	34%	16%	4%
NE-SO	23%	34%	23%	18%	26%	20%	10%	22%	42%
ENE-SSO	6%	7%	5%	5%	6%	5%	7%	6%	0%
E-O	4%	3%	5%	5%	2%	6%	2%	3%	12%
ESE-ONO	7%	6%	0%	8%	6%	8%	5%	3%	4%
NO-SE	20%	24%	27%	18%	26%	14%	20%	13%	8%
NNO-SSE	10%	6%	0%	13%	8%	10%	12%	3%	4%





**Leyenda**

**Recursos hidrominerales**

- ▲ Manantial
- Pozo
- Sondeo
- Galería

**Con relación termal**

- 0 - 18 °C Frías
- 18- 25 °C Templadas
- >25 °C Calientes

- ▲ Cabalgamiento o falla inversa
- Falla con actuación neotectónica
- Falla
- Falla supuesta
- - Falla deducida por geofísica
- - Accidente deducido por geofísica

- Anticlinal
- Sinclinal
- Diques**

**Fig. 5.- Galicia: Fracturación y aguas minerales**



## 4. UNIDADES HIDROMINERALES

En IGME (1980 y 1984) se señalaba que la mayoría de las fuentes termales se localizan en los contactos entre los granitos y granodioritas con los materiales paleozoicos, y el resto en zonas fracturadas en el seno de las propias rocas ígneas. También se indicaba que sólo existen posibilidades de almacén a lo largo de discontinuidades más o menos verticales correspondientes a una fracturación profunda. Además, se proponía un modelo de circulación del agua termal que consistía en la existencia de una recarga por infiltración de agua meteórica (también hay que considerar en casos una recarga a partir de agua del mar: A Toxa, Arteixo) a través en los cauces fluviales y de las zonas fracturadas de los interfluvios, que descendía, en el caso de las aguas termales, hasta pocos kilómetros de profundidad a favor de la fracturación, volviendo a superficie a través de la red de fracturas y surgiendo más frecuentemente en zonas de valle, ascendiendo empujada por el gradiente térmico y la presión de vapor. Este modelo con algunas precisiones se ha establecido en otros trabajos posteriores y aceptado de forma general. Según el estudio de intensidad de fracturación realizado en IGME (1984) para la zona de Ourense, no existe ninguna relación entre áreas más fracturadas en superficie (con cierta similitud con anomalías geofísicas) y manifestaciones termales, pudiendo interpretarse como áreas de recarga de los sistemas hidrotermales.

En la cartografía que se presenta se han agrupado litologías, y se definieron unidades con diferente tipo y grado de permeabilidad. Se trata pues de unidades homogéneas en cuanto a su comportamiento hidrogeológico, pero son más concretamente "unidades de permeabilidad homogénea" que responden sobre todo al conjunto litología-fracturación.

Por lo que se refiere a la existencia – sin entrar en consideraciones de caudales y variaciones en las cualidades físico-químicas – de aguas minerales sin relación termal podría parecer a primera vista que indicar unidades homogéneas tiene poco sentido ya que numerosos manantiales de estas aguas se localizan en unidades muy poco permeables a impermeables. Sin embargo, su presencia está relacionada con fracturas y/o contactos litológicos en litologías con permeabilidad por fisuración (y karstificación), tales como cuarcitas, areniscas, calizas y granitoides que se corresponderían, a escala de más detalle que la síntesis que aquí se presenta, con alguna de esas unidades homogéneas.

Si dentro de estas unidades de permeabilidad homogénea se delimitan distintas unidades utilizando criterios que tengan en cuenta el conjunto litología-fracturación, posibles imágenes profundas de la fracturación (zonas de baja resistividad), y las características hidroquímicas de las aguas, se habrá avanzado en la tarea de

precisar lo que podrían denominarse unidades hidrominerales. A una unidad hidromineral se asociaría un recurso hidromineral con unas determinadas características.

No parece necesario en Galicia establecer unidades hidrominerales para las aguas que no tienen relación termal. Su presencia dispersa en las series pre-mesozoicas y su variabilidad composicional, así como su relación con pequeñas fracturas haría difícil y poco útil la tarea. No obstante podrían, de forma muy poco precisa, establecerse en la parte oriental de Galicia algunas indicaciones: la zona de contacto entre las formaciones Pizarras de Luarca y Cuarcita Armoricana, y la Formación Pizarras de Luarca para las aguas ferruginosas; las formaciones calizas del Paleozoico Inferior (Calizas de Cándana, Calizas de Vegadeo, Calizas de La Aquiana) para aguas bicarbonatadas cálcicas; y las formaciones de magnesitas (en el Dominio de O Courel) para aguas bicarbonatadas cálcico magnésicas. Se puede apuntar también que dentro de estas formaciones el interés estará en zonas de contacto litológico en áreas fracturadas según direcciones tardihercínicas.

Para las aguas con relación termal el interés en definir unidades hidrominerales es mucho mayor. Su relación con las fracturas tardi- posthercínicas ya se ha señalado, y hay que resaltar también su relación estrecha con las rocas graníticas afectadas por esa fracturación, sobre todo con los granitos de la serie alcalina, por el mayor desarrollo de la alteración en las zonas de fractura. La práctica totalidad de las manifestaciones de aguas con relación termal se sitúan en la Zona de Galicia - Trás os Montes, en la que los granitoides ocupan la mayor parte del área, y que parece corresponder a un mayor desarrollo del magmatismo y a un nivel cortical y de erosión más profundo que la parte oriental de Galicia, predominantemente metasedimentaria. Este hecho podría favorecer la existencia de un gradiente térmico más acusado en relación con estas zonas graníticas.

Existe muy poca presencia de aguas con relación termal en las zonas metasedimentarias ya que el desarrollo profundo de la permeabilidad por fracturación está muy limitado por la litología.

Para la delimitación de unidades hidrominerales en el caso de las aguas con relación termal habrá de tenerse en cuenta las relaciones existentes entre la localización de sus manifestaciones, las anomalías geoquímicas detectadas en superficie, la fracturación identificable en superficie y la deducida en profundidad por métodos geofísicos, así como aquellos “accidentes” profundos puestos de manifiesto por la investigación geofísica que pueden significar zonas de almacén o de circulación subterránea por su baja resistividad eléctrica.

En IGME (1980) se estudió la relación entre lineamientos tectono-estructurales tomados de imágenes de satélite y manifestaciones termales, y en IGME (1984) se analizaron las relaciones entre fracturación,

sismicidad y termalismo. Si en este último trabajo se concluye una clara relación entre sismicidad, fracturación y termalismo (excepto para la zona norte de la provincia de Lugo, lo que es coherente con lo indicado respecto a la poca permeabilidad en torno a las fracturas profundas), RUEDA (2001) observa una débil correlación entre la sismicidad y la fracturación, hecho que opina debe interpretarse por una parte porque el nivel de sismicidad con precisión hipocentral es muy reciente y está prácticamente circunscrito a la zona oriental y sur de Galicia, y por otra parte porque las estructuras responsables de la sismicidad están ocultas, sin traza en superficie. Este autor presenta un mapa de peligrosidad sísmica, donde la zona de mayor peligrosidad corresponde a una zona de actividad neotectónica actual y la sitúa en la parte Oriental de Galicia como una ancha franja que de Sur a Norte se centra en las localidades de Baltar, Xinzo de Limia, Ourense ciudad, Monforte de Lemos, Sarria, y Pastoriza. La existencia de una actividad neotectónica en Galicia favorece la existencia de aguas termales (la actividad tectónica puede ser una de las causas de incremento del gradiente geotérmico) y abre vías de circulación del agua necesarias para la recarga del almacén termal y la llegada a superficie de aguas termales.

Con los datos disponibles y teniendo en cuenta que la fracturación es el factor determinante para la existencia de una manifestación termal, las unidades hidrominerales para aguas con relación termal se delimitarían como estructuras inicialmente lineales, correspondientes a estrechas bandas fracturadas a las que se asocia el termalismo en superficie, y que corresponderían a la parte más superficial de la conexión con los almacenes termales profundos. Para delimitar con mayor precisión estas unidades hidrominerales habría que considerar las distintas litologías que atraviesa la unidad y su patrón estructural, y el tipo y espesor de su recubrimiento. Además, habría que considerar las características físico-químicas de las aguas que se relacionan con una determinada banda de fracturación, lo que no es objeto de este trabajo.

A continuación se proponen una serie de unidades con carácter preliminar. Algunas de ellas parecen tener cierta relación. Se han representado en la Fig. 6. Son zonas muy extensas en las que se necesitaría realizar trabajos de detalle para su caracterización y delimitación precisas.

- Unidad Arteixo
- Unidad Beo – Carballo (Falla de Beo)
- Unidad de Guitiriz
- Unidad de la Depresión Meridiana
- Unidad O Carballiño – Berán
- Unidad Ribadavia - Taboada
- Unidad Avia – Arnoia
- Unidad Ribadavia - Cortegada



- Unidad Ourense-Ribadavía
- Unidad Baños de Molgas-Xunqueira de Ambía
- Unidad de Río Caldo – Río Limia
- Unidad del Río Támega

#### *Unidad de Arteixo*

Se localiza en la provincia de A Coruña y a ella pueden asociarse los manantiales con relación termal del Balneario de Arteixo así como el agua surgente en el sondeo de la casa de baños de Loureda. La unidad podría definirse como una banda de fracturación NO-SE, que tendría más de 1 km de anchura y se extendería a lo largo de más de 17 km entre la costa en Praia da Vaca (con continuidad hacia el NO bajo el mar) y la localidad de Carral, pasando por Arteixo. Esta banda de fracturas afecta a granitos de dos micas y a granodioritas y granitos biotíticos precoces así como a esquistos (Esquistos de Órdes) del Precámbrico – Ordovícico, estando las manifestaciones termales próximas al contacto entre estas dos últimas litologías. La composición de sus aguas en los puntos conocidos es clorurada sódica.

#### *Unidad Beo-Carballo (Falla de Beo)*

Se trata de una falla NO-SE que desde la costa (con continuidad hacia el NO bajo el mar) en la localidad de Beo se extiende más de 17 km hasta Carballo. Se localiza también en la provincia de A Coruña y a unos 8 km al SO de la Falla de Meirama. Atraviesa esquistos anfíbolitas y gneises de la Unidad de Malpica Tui, y algunas bandas de granitos de dos micas, y anfíbolitas y esquistos más o menos migmatizados (Esquistos de Órdes) del Complejo de Órdes. En la zona próxima al contacto entre las anfíbolitas y los Esquistos de Órdes es donde se sitúan las manifestaciones de aguas con relación termal próximas a Carballo (Baños Vello de Carballo). La fracturación N-S que jalona la denominada Depresión Meridiana se encontraría en este sector con la estructura NO-SE que constituye esta unidad. La composición de este agua es bicarbonatada sódica.

#### *Unidad de Guitiriz*

En la provincia de Lugo las aguas con relación termal que se localizan en el entorno de Guitiriz (Balneario de Guitiriz y Balneario de Pardiñas), surgen a través de materiales sedimentarios del Terciario y Pliocuaternario, que se sitúan sobre granitos de dos micas y granodioritas y granitos biotíticos precoces del Macizo de Guitiriz. En casos, estas aguas son captadas con sondeos en torno a los 100 m de profundidad. Parecen relacionarse con una gran fractura tardihercínica NO-SE que desde el SO de Irixoa llega hasta el SO de Lugo en el Macizo de Hombreiro. La longitud de esta estructura, jalonada por los depósitos terciarios del entorno de Guitiriz y de

Friol, es de más de 49 km, pasando próxima a Aranga y por Guitiriz. Hacia su extremo NO se localizan próximos los manantiales de aguas minerales frías del Pozo La Troncada y Pozo Varela, sin relación termal conocida. Esta fractura corta materiales del Precámbrico (gneises) y del Ordovícico Inferior (pizarras y cuarcitas) en la Zona Centro-Ibérica y varias intrusiones de granitos de dos micas alcalinos, así como las ya señaladas granodioritas y granitos biotíticos precoces del Macizo de Guitiriz.

La composición de las aguas es bicarbonatada sódica (Balneario de Guitiriz) y bicarbonatada clorurada sódica (Pardiñas).

Algunas fracturas NE-SO de cierto desarrollo se cruzan con esta, una, rellena de diabasa, en la población de Guitiriz, entre ambos balnearios.

#### *Unidad Depresión Meridiana*

La Depresión Meridiana es una zona deprimida y estrecha que con orientación N-S recorre Galicia (provincias de Pontevedra y A Coruña) desde Tui hasta Carballo, pasando por Caldas de Reis, con una longitud que supera los 126 km. La actividad neotectónica de esta zona ha sido apuntada en IGME (1984) sobre la base de la actividad sísmica en las zonas de Tui, Vigo, Vilagarcía de Arousa y Santiago de Compostela. Con esta franja de fracturación predominantemente N-S (NNO-SSE) se cruzan numerosas fracturas sobre todo NO-SE y NE-SO. En zonas de cruce se sitúan manifestaciones de aguas con relación termal: Baños Vello de Carballo, Balneario de Tremo (en Brión), Balneario Laxinias (Catoira), Balneario de Acuña y Balneario de Dávila (Caldas de Reis), Termas de Cuntis, Baños de San Xusto (Cotobade), Balneario de Lárez (Pontevedra), Ponte Caldelas, Mondariz y Caldelas de Tui. Las manifestaciones termales de A Toxa también pueden relacionarse con esta unidad, estando todas esas manifestaciones con relación termal localizadas en una banda de no más de 30 km de anchura, que si se prescinde de A Toxa no superaría los 15 km. Las investigaciones geofísicas realizadas por el IGME han puesto de manifiesto "accidentes" en profundidad con orientaciones N-S (NNO-SSE) y NE-SO, que corresponden a zonas de baja resistividad y por tanto podrían constituir zonas de almacén o de circulación en el sistema termal. Estas zonas tendrían su imagen en superficie en la fracturación señalada. Son en la mayoría de los casos aguas bicarbonatadas sódicas y en Caldelas de Tui, Caldas de Reis y el Balneario de Lárez cloruradas sódicas. Las aguas del Balneario de Laxinias se han clasificado como sulfatadas cloruradas sódicas.

#### *Unidad O Carballiño-Berán*

En la provincia de Ourense esta unidad consistiría en una amplia banda de fracturación orientada NE-SO que recorre una longitud de más de 55 km desde Rodeiro al Norte a A Cañiza al Sur, pasando por Osera, O Carballiño, Leiro y Melón. Su anchura es del orden de algo más de 2 km, y en ella se sitúan las manifestaciones termales del Balneario de O Carballiño, Baños de Partovia y Balneario de Berán que se ajustan a esta banda de fracturas definida por las lineación de fractura por la que circula el río Oseira y la de Arcos-San Xusto, unos 500 m al NO. Además de los puntos señalados en los que se conoce su relación con el termalismo, se encuentran en esta banda otros manantiales de aguas minerales tales como Bañiños de Arcos al N de O Carballiño y ya en la zona de A Cañiza el manantial de Aguas Férreas.

#### *Unidad Ribadavia-Taboada*

Unos 6,5 km al Este de la lineación que sigue el río Oseira en la unidad anterior, se sitúa otra alineación de fractura paralela (NE-SO), que se extiende desde Ribadavia hasta Taboada, pasando entre Maside y Punxín. Parecen relacionarse con esta fractura las aguas con relación termal y de composición bicarbonatada sódica de Fonte Rañoa y del Balneario de Mouriscados. La longitud de la lineación parece superar los 54 km.

#### *Unidad Avia-Arnoia*

Se localiza en la provincia de Ourense y corresponde a una lineación de fractura sensiblemente N-S por la que circula el río Avia, continuándose hacia el Sur una vez pasado el río Miño. Es cruzada por fracturas NE-SO como las que constituyen la Unidad de O Carballiño-Berán, y por otras ENE-OSO como las que condicionan el curso del río Miño entre Ourense ciudad y Ribadavia. Esta zona de fractura se extiende unos 32 km desde el N de O Carballiño, donde se la podría relacionar quizá con Caldelas de Brués, de agua bicarbonatada sódica, hasta el oeste de Gomesende, pasando por el manantial Fonte de Ponterriza del que no se conoce relación termal.



### *Unidad Ribadavia-Cortegada*

Unos 4 km al Oeste de la alineación anterior el curso del río Miño se encaja condicionado por una zona de fracturación submeridiana y NE-SO, que es cruzada por alguna fractura ENE-OSO. Esta zona más de 10 km de largo, atraviesa materiales metasedimentarios del Silúrico, granitos de dos micas y granodioritas. La probable actividad neotectónica en este tramo del Río Miño ha sido invocada por diversos autores para explicar la fuerte incisión vertical del río en este sector. En ella se sitúan las manifestaciones con relación termal de Aguas dos Bañiños (Arnoia Vila Termal), Baños de Prexigueiro, Balneario de Cortegada y Baños do Monte, así como los manantiales Poza dos Terreos y Bañadoiro de los que no se dispone de su relación termal. La composición de las aguas termales que surgen tanto en esquistos como en granitos o en la zona de contacto entre ambos, es bicarbonatada sódica.

### *Unidad Ourense-Ribadavía*

El río Miño entre Ourense ciudad y Ribadavia sigue un trazado condicionado por una zona de fracturación ENE-OSO. Esta zona cruza granitoides tanto de la serie alcalina como de la calcoalcalina, así como metapelitas del Silúrico. Diversos autores coinciden en la probable existencia de una actividad neotectónica en este tramo del río Miño. A lo largo de este tramo, que tiene unos 24 km de longitud y aparece cortado por fracturas predominantemente orientadas según NE-SO y submeridianas, se sitúan varias manifestaciones de aguas con relación termal. La mayor densidad de estas manifestaciones se localiza en el entorno de Ourense ciudad donde se produce el cruce de esa zona de fracturación ENE-OSO con otra NE-SO a la que se adapta el curso del río Miño aguas arriba de Ourense. En el entorno de Ourense ciudad se sitúan Baños de Mende, Burga de Abaixo, As Burgas, A Burga de Chabasqueira, Caldas de Santiago, y Fonte do Tinteiro. Más al oeste, en la desembocadura del río de Porto en el Miño, están la Burga del Molino, Burga Alta de Outeriz y Burga Baixa de Outeriz. Aguas abajo se localiza el Balneario de Laias. En todos los casos se trata de aguas bicarbonatadas sódicas y todas se sitúan en granitos de dos micas de la serie alcalina o en granitos calcoalcalinos.

### *Unidad Baños de Molgas-Xunqueira de Ambía*

En la provincia de Ourense el río Arnoia se encaja en una zona de fracturación ENE-OSO y NE-SO en la zona de Baños de Molgas, donde se cruzan ambas direcciones de fractura. Algo más de 2 km aguas abajo cambia bruscamente la dirección de su trazado para ajustarse a una orientación NE-SO que sigue hasta pasado Allariz (tramo de Xunqueira de Ambia con los manantiales Fonte Bañiño y Porqueira). Desde esta

localidad y hacia el Oeste hasta el límite con Portugal puede seguirse una lineación de fractura orientada N60°-70°.

En este sector tuvo lugar en época neotectónica el rejuego de fracturas tardihercínicas orientadas sobre todo siguiendo las direcciones conjugadas NO-SE y NE-SO, y direcciones próximas al N-S y E-O, originándose las cuencas intramontañosas de Maceda, alargada según NNO-SSE, y la cuenca de Xinzo de Limia, alargada según NE-SO. El relleno de estas cuencas con el depósito por materiales detríticos (en Xinzo de Limia con más de 200 de metros de espesor), se produjo durante el Terciario y Cuaternario al tiempo que se mantenía una cierta actividad tectónica.

Se trata por tanto de una amplia zona con actividad neotectónica como se pone de manifiesto también por la existencia de numerosos focos sísmicos, tanto en esta zona como en la de Ourense- Ribadavia. La existencia de aguas minerales con relación termal se ha señalado también en la base de la Cuenca de Xinzo de Limia, en la zona de la Laguna de Antela, a menos de 10 km de Xunqueira de Ambía.

#### *Unidad de Río Caldo-Río Limia*

El río Caldo, en el sur de la provincia de Ourense, circula encajado en granodioritas del Macizo de Lobios condicionado por una fractura de desarrollo profundo con orientación NNE-SSO, que tiene un gran recorrido que supera en España los 35 km y continúa en Portugal. Parece clara la relación de esta fractura con las aguas termales del manantial de río Caldo y de las captaciones de la Vila Termal de Lobios, así como con las de Caldas do Gêres, en Portugal.

Unos 16,5 km al NE, se encuentran las aguas termales de Baños de Bande, que pueden en principio relacionarse con una probable gran fractura NE-SO a la que parece adaptarse el curso del río Limia.

#### *Unidad del Río Támega*

Las manifestaciones de aguas con relación termal existentes en la zona de Verín, parecen fundamentalmente relacionadas con una fracturación N-S (falla Vila Real-Visen), a favor de la cual se excavó el valle del río Támega. Grandes lineaciones de fractura del sistema conjugado NE-SO y NO-SE se cruzan en esta zona. Los materiales afectados son sobre todo granitos alcalinos, y cuarcitas y esquistos paleozoicos. La zona está recubierta por depósitos del Terciario y Cuaternario. Las aguas de Fontenova, Sousas, Cabreiroá, Requeixo y el manantial del Balneario de Caldeliñas se localizan aquí, y exceptuando el último que tiene una composición

bicarbonatada clorurada sódica y surge al parecer en el contacto líticas-aluvial, el resto son aguas bicarbonatadas sódicas y se han relacionado con granitos de la serie alcalina.

Estas unidades (alineaciones o bandas de fracturación) se consideran de gran entidad y desarrollo profundo parecen tener relación con el control, al menos en la parte superficial y cuando afectan a granitoides, de la circulación de las aguas con relación termal, controlando, junto con las fallas y diaclasas asociadas en las rocas que atraviesa y el relieve, las zonas de surgencia. La fracturación de detalle en cada zona es muy compleja como se ha comprobado por ejemplo en los trabajos realizados en el SO de Ourense por el IGME (1982 y 1984).

Otras fracturas parecen tener una buena relación con algunos manantiales de aguas con relación termal, entre ellos el manantial de Céltigos, en el borde septentrional de la cuenca terciaria de Sarria, se sitúa en una zona en la que la fracturación NE-SO es predominante; y más al sur en la aparente continuidad de estas fracturas se localiza el manantial de Aguas Santas (en Pantón). Los sismos recientes con epicentro en esta zona de Sarria indican una importante actividad neotectónica en esta zona.

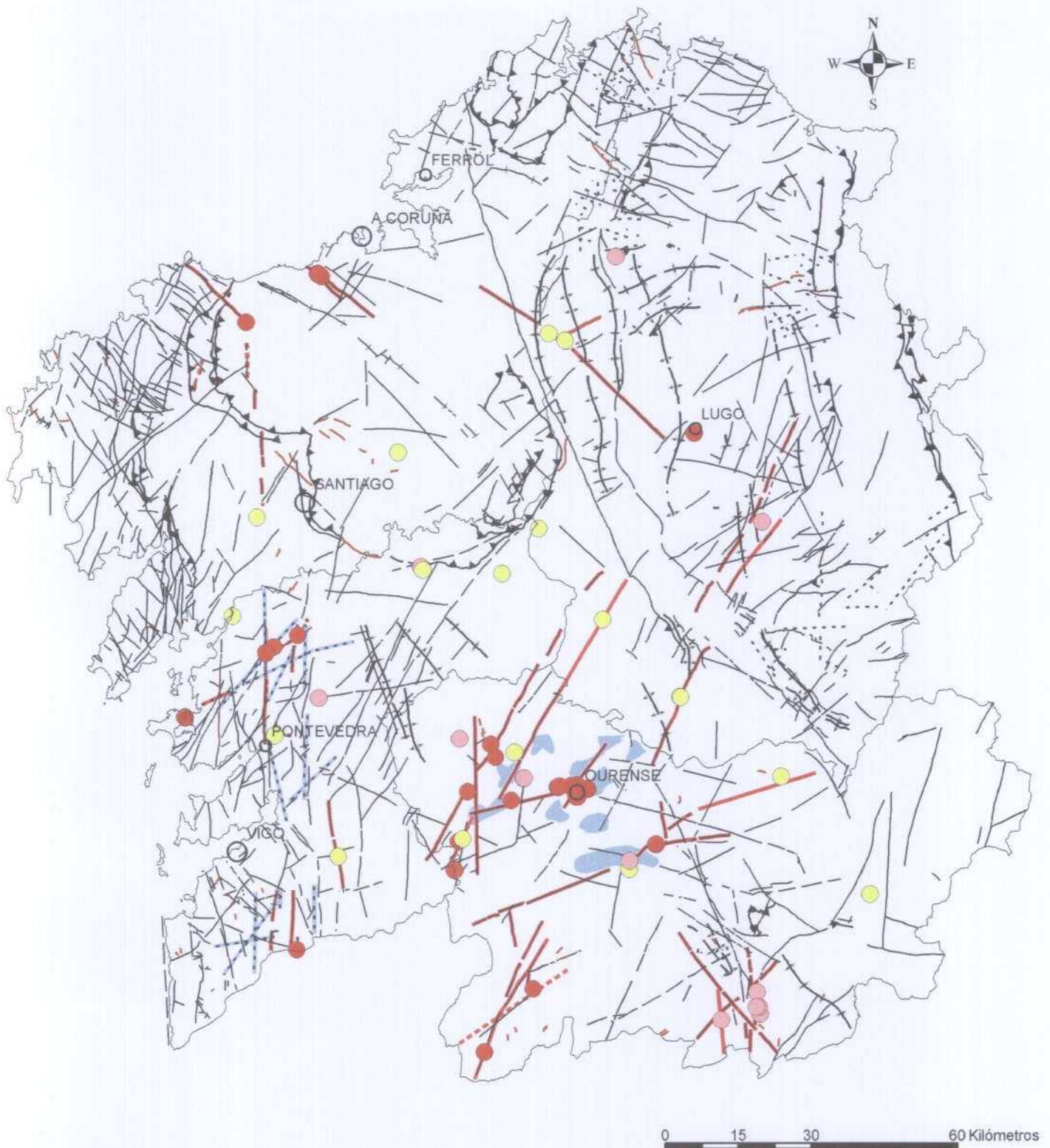
Además de estas alineaciones existen otras importantes tales como el corredor de fractura Baldaio-Boimorto (Falla de Meirama), o la denominada Falla de As Pontes, ambas jalonadas por cuencas terciarias y con una comprobada actividad neotectónica. La Falla de As Pontes afecta a metasedimentos del Precámbrico y Paleozoico, entre ellos a la formación Cuarcitas de O Xistral, y a granitos de dos micas. En su largo trazado desde la costa en Montefaro (A Coruña) hasta cerca de Abadín (Lugo) de más de 70 km, no se han señalado aguas con relación termal.

La Falla de Meirama se localiza en la provincia de A Coruña y unos 7 km al SO de las fracturas NO-SE de Arteixo. Se trata de un corredor de fractura en dirección con movimiento general dextral que se extiende más de 55 km con dirección NO-SE entre la Praia de Baldaio (con continuidad hacia el NO en el mar) hasta Boimorto, pasando próximo a las localidades de Laracha, Cerceda, Mesía y Boimorto. Varias cuencas terciarias se alinean en esta banda de fracturación entre las que destaca la cuenca lignitifera de Meirama, cuyo estudio para la explotación de lignito ha podido establecer con seguridad la actividad neotectónica en este corredor de fractura.

No se tiene noticias de la existencia de manantiales o captaciones de agua con relación termal en esta fractura, a lo largo de la cual se han realizado para otros fines (investigación de carbón sobre todo) sondeos en las cuencas terciarias, sobre todo en las cuencas de Meirama en Cerceda (hasta más de 200 m de profundidad) y de Juanceda en Mesía (más de 100 m). Esta zona de fractura corta materiales



predominantemente esquistosos (Esquistos de Órdes) del Precámbrico-Ordovícico y solo en el sector de Cerceda corta granodioritas y granitos biotíticos precoces, estando la cuenca de Meirama en la zona de contacto entre los esquistos y los granitoides. Si no se han obtenido aguas con relación termal en los sondeos o en la explotación de lignitos de Meirama (de lo que no se tiene noticia), que sería la zona en principio más favorable para su hallazgo, parece que no habría relación entre termalismo y esta gran estructura profunda de actividad neotectónica.



**Legenda**

**Con relación termal**

● 0 - 18 °C Frías

● 18- 25 °C Templadas

● >25 °C Calientes

↗ Cabalgamiento o falla inversa

+ Falla con actuación neotectónica

— Falla

— Falla supuesta

- - - Falla deducida por geofísica

· · · Accidente deducido por geofísica

+ Anticlinal

+ Sinclinal

— Diques

**Unidades Hidrominerales**

— Probable

- - - Posible

— Eje de baja resistividad

■ Baja resistividad

**Fig. 6.- Galicia: Unidades Hidrominerales, con relación termal**

## 5. CONCLUSIONES

Parece clara la relación de las aguas minerales con la fracturación tardihercínica, reactivada durante los movimientos alpinos y en casos con actividad tectónica actual, que afectó a los materiales del basamento: rocas metamórficas principalmente metasedimentos siliciclásticos del Precámbrico al Carbonífero Inferior, y rocas ígneas predominantemente de composición ácida a intermedia.

El binomio litología-fracturación constituye la guía fundamental para la localización de aguas minerales sin implicación termal, siendo concretamente el binomio granitoides-fracturación el que controla la existencia de aguas con relación termal, dado el mejor desarrollo profundo de la fracturación en esta litología, siendo más favorable la relación granitoides de la serie alcalina-fracturación.

No todas las grandes fracturas de desarrollo profundo y actividad neotectónica se relacionan con aguas termales como es el caso de las fallas de Meirama y de As Pontes.

A escala regional y para los recursos de aguas con relación termal, podrían definirse unidades "hidrominerales" que controlan la existencia y características del recurso hidromineral especialmente en la proximidad a la superficie. En principio, son unidades lineales en las que existe una buena relación espacial entre fracturación de desarrollo importante, presencia de manifestaciones termales, anomalías hidroquímicas, y, en casos, imagen profunda puesta de manifiesto por zonas poco resistivas. La práctica totalidad de estas estructuras lineales cortan a rocas graníticas en las zonas de interés demostrado. La actividad neotectónica parece ser una constante asociada a estas estructuras, o a la zona en la que se encuentran.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

ARAUJO, P.; HERNÁNDEZ, J.L.; SEARA, J.R. (1988): "Tectónica extensional y estructura de la cuenca de Maceda (Galicia meridional)". *Congreso de Geología de España, 2, 107-110.*

ARAUJO, P. (1988): "Hidrotermalismo y tectónica en el SE de Galicia (Provincia de Orense)". *El termalismo en Galicia en la década de los ochenta, 32-40.*

EPTISA-IDASA (1991): "Estudio de recursos de agua subterránea de Galicia. Plan Hidrológico". Consellería de Ordenación do Territorio e Obras Públicas. Xunta de Galicia.

GEOMECÁNICA Y AGUAS, S.A. Y GABINETE MINERO TEY, S.A. (1992): "Evaluación del estado actual de las aguas minerales y de bebida envasada en la Comunidad Autónoma de Galicia. Primera fase". Consellería de Industria e Comercio. Dirección Xeral de Industria. Tomo I: Memoria. Tomo II: Estudios de detalle. A Coruña. Tomo III: Estudios de detalle: Lugo. Tomo IV: Estudios de detalle. Ourense. Tomo V: Estudios de detalle: Pontevedra. Tomo VI: Estudio técnico económico.

GEOMECÁNICA Y AGUAS, S.A. Y GABINETE MINERO TEY, S.A. (1993): "Estudio de análisis comparativo con la comunidad económica europea sobre las aguas minerales de la Comunidad Autónoma de Galicia". Consellería de Industria e Comercio. Dirección Xeral de Industria. Tomo I: Memoria. Tomo II: Estudios de detalle. A Coruña. Tomo III: Estudios de detalle: Lugo. Tomo IV: Estudios de detalle. Ourense. Tomo V: Estudios de detalle: Pontevedra. Tomo VI: Estudio técnico económico.

GEOMECÁNICA Y AGUAS, S.A. Y GABINETE MINERO TEY, S.A. (1993): "Evaluación de las aguas minerales de la Comunidad Autónoma de Galicia. 3ª fase y su edición divulgativa". Consellería de Industria e Comercio. Dirección Xeral de Industria. Tomo I: Memoria. Tomo II: Estudios de detalle. A Coruña. Tomo III: Estudios de detalle: Lugo. Tomo IV: Estudios de detalle. Ourense. Tomo V: Estudios de detalle: Pontevedra. Tomo VI: Estudio técnico económico.

IGME (1980): "Estudio de las manifestaciones termales de Galicia, orientadas a su posible explotación como recursos geotérmicos". Doc. del Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1982): "Investigación geotérmica de rocas calientes secas en la zona septentrional de la provincia de Orense". Doc. del Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1985): "Convenio con la Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A. para la realización de campañas de geofísica eléctrica y testificación de sondeos en diversas zonas de interés geotérmico – Año 1985. Prospección Geofísica en Pontevedra". Doc. del Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1986a): " Realización de una campaña geofísica aplicada a la investigación geotérmica por el método magneto-telúrico". Doc. del Instituto Geológico y Minero de España.

IGME (1986b): "Informe sobre el seguimiento geotérmico del sondeo Orense – 4". Doc. del Instituto Geológico y Minero de España.

LLANA-FÚNEZ, S. y MARCOS, A. (2001a): "The Malpica-Lamego Line: a major crustal-scale shear zone in the Variscan belt of Iberia". *Journal of Structural Geology*, 23, 1015-1030.

LLANA-FÚNEZ, S. (2001b): "La estructura de la unidad de Malpica-Tui (Cordillera Varisca en Iberia)". Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Tesis Doctorales, nº 1. Madrid,, 295 págs., 1 mapa.

MARTÍNEZ CATALÁN, J.R. (1985): "Estratigrafía y estructura del Domo de Lugo (Sector Oeste de la zona Asturoccidental-Leonesa). *Corpus Geologicum Gallaeciae*, 2ª Serie, 291 pp. Fundación Pedro Barrie de la Maza, Conde de Fenosa. A Coruña.

PARGA, J.R. (1969): "Sistemas de fracturas tardihercínicas del Macizo Hespérico". *Trabajos del Laboratorio Geológico de Lage*, Nº 37, 15 págs.

SEARA, J.R.; ARAUJO, P. (1984): "Estudio geológico de las aguas termales en la provincia de Orense, NO peninsular". *II Jornadas galegas de termalismo*. Carballiño. Orense.

RUEDA NÚÑEZ, J. y MEZCUA RODRÍGUEZ, J. (2001): "Sismicidad, sismotectónica y peligrosidad sísmica en Galicia". *Publicación Técnica* núm. 35, 64 pp. IGN-Ministerio de Fomento. Madrid.