

Caracterización hidrogeoquímica y terapéutica de las aguas mineromedicinales y minerales naturales de Galicia.

Rosa Meijide-Faílde

I.Cátedra de Hidrología Médica. Depto. de Medicina. Universidade de A Coruña (UDC). INIBIC. CHUAC. A Coruña, Spain.

Ricardo Juncosa

Depto. de Tecnología de la Construcción da Universidade da Coruña, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. GEAMA.

Jordi Delgado

Depto. de Tecnología de la Construcción da Universidade da Coruña, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. GEAMA.

Palabras clave: Hidrogeoquímica, aguas minerales, mineromedicinal, termal, Galicia).

Resumen

En este trabajo se realiza una síntesis de las distintas aguas mineromedicinales que conforman el mapa de la región gallega relacionando el quimismo que presentan con las indicaciones terapéuticas. El quimismo de las aguas está directamente relacionado con la matriz geológica por la que circulan y de la que se enriquece mineralógicamente. Por ello, Galicia resulta ser una comunidad rica en cuanto a la explotación, aplicaciones y uso de los diferentes recursos de aguas termales, mineral-natural y mineral-medicinal. En este trabajo se presenta una diagnosis de las aguas actualmente explotadas y con mayor consideración volumétrica de consumo y utilización.

1. Introducción

A partir de la realización de un estudio profundo de la situación hidroquímica que caracterizan los distintos afloramientos de las aguas subterráneas mineromedicinales y termales de Galicia, se ha podido conocer y establecer un contexto coherente en cuanto a las características comunes de las aguas gallegas, el sustrato geológico donde afloran, la identificación de parámetros físico-químicos, el uso terapéutico y las posibles afecciones que pudieran existir.

Como resultado del estudio se ha podido establecer una clasificación clara de las distintas aguas minero-medicinales, la distribución espacial geográfica en el territorio gallego y su uso terapéutico

2. Características hidrogeológicas

El movimiento del agua a través de la corteza terrestre es el resultado de la actuación de una serie de mecanismos tales como la compactación de sedimentos, la existencia de gradientes topográficos, eventuales variaciones laterales de la densidad del agua, el “bombeo” sísmico así como consecuencia de la diagénesis, el metamorfismo o el magmatismo (YOUNG, 1995).

El flujo de agua subterránea se puede desarrollar en escalas de tiempo muy variadas de acuerdo con las características hidrodinámicas y geológicas. De la misma manera, el agua subterránea puede moverse a lo largo de distancias muy distintas antes de emerger nuevamente a la superficie en los puntos de descarga. Fue TÓTH (1963) quien, en un trabajo seminal en hidrogeología, propuso el concepto de flujo local (desde centenas de metros a varios kilómetros) y flujo regional (decenas a centenas de kilómetros). De ese modo, un sistema de flujo local tendría un alcance espacial relativamente limitado en el espacio y se trataría de un entorno relativamente superficial. Por otro lado, los sistemas de flujo regionales englobarían mayores profundidades y escalas más grandes (incluso la de un continente). Entre ambos extremos, es razonable pensar que existe toda una gama de sistemas de escala intermedia.

Junto con la hidrodinámica de los sistemas geológicos, los conceptos de escala de flujo y tiempo de residencia son fundamentales a la hora de entender la evolución hidroquímica de las aguas subterráneas. Dicho de otra manera, estos conceptos constituyen la clave para entender por qué las aguas subterráneas son tan diversas en cuanto a su composición y propiedades, permitiendo una visión integradora de los recursos

de agua subterránea en sus diferentes facetas (las aguas minerales, las aguas termales).

Galicia, desde ese punto de vista, pertenece a un amplio afloramiento dominado por rocas ígneas y metamórficas llamado Macizo Hespérico. Las principales litologías aflorantes se pueden resumir en las siguientes: a) Rocas metasedimentarias (calizas y dolomías, cuarcitas, pizarra, esquistos y paragneises), b) Rocas graníticas, c) Rocas básicas y ultrabásicas (anfíbolitas, gabros, peridotitas, serpentinas, dunitas, granulitas y eclogitas), d) Cuencas terciarias (arcillas, limos, conglomerados, lignito) y e) Depósitos cuaternarios (sedimentos aluviales, depósitos de ladera, de glaciares, de marisma y eólicos)

Las rocas ígneas fracturadas y las rocas metamórficas (rocas cristalinas) son las más abundantes en el territorio gallego, presentando heterogeneidad y anisotropía, coincidiendo las zonas de flujo o bien a través de las grietas y fracturas o, con menos profusión, a través de la matriz rocosa. La permeabilidad de la matriz rocosa no alterada es muy baja quedando ésta condicionada por la morfometría de las fracturas, conexión y relleno de las mismas.

En la Figura 2 se muestra un mapa litológico de los principales grupos de rocas de Galicia. En dicho mapa se puede contemplar que las principales litologías existentes en Galicia son las rocas metamórficas y las rocas ígneas. La composición química de las aguas naturales obedece a muchos factores entre los cuales se incluyen los gases y aerosoles atmosféricos, la meteorización y erosión superficial de las rocas y suelos (con su componente biológica), la disolución y precipitación de minerales lejos de la superficie, así como la propia actividad humana. Su estudio y el de los procesos con los que se interrelaciona suele realizarse a través de la aplicación de los principios de la termodinámica química, aunque es cierto que algunos de estos procesos tienen lugar muy cerca del equilibrio químico, no es menos cierto que otros, de carácter irreversible, requieren tener en cuenta los mecanismos y velocidades de reacción propios de la cinética química

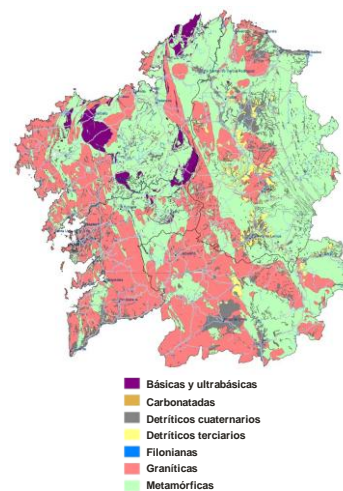


Figura 2 - Mapa litológico de Galicia con indicación de los principales grupos de rocas. Fuente: Servicio de Información Territorial de Galicia, SITGA (<http://sitga.xunta.es/>).

Los solutos del agua también forman parte del ciclo geoquímico. Este se inicia con la meteorización de las rocas, que es el proceso que descompone las rocas y a muchos de los minerales que las componen. En este proceso, de acuerdo con distintas reacciones químicas, algunos constituyentes de las fases sólidas pasan al agua en forma de solutos. Por otro lado, en los suelos, la descomposición de la materia orgánica libera ácidos que disuelven los minerales dentro de lo que se ha dado en llamar el ciclo biogeoquímico.

La meteorización es tanto más intensa cuanto más cálido y húmedo es un clima pero es igualmente eficaz en latitudes que, como Galicia, gozan de un ambiente atemperado. No obstante, no todos los minerales son susceptibles de meteorizarse a igual velocidad, lo cual condiciona un fraccionamiento químico que se traslada, a su vez, a la composición del agua.

3. Características quimiotermales de las aguas subterráneas

3.1. Calidad natural

Debido a que los procesos mencionados más arriba varían en el tiempo y en intensidad de un lugar a otro, la composición de las aguas subterráneas es bastante variable. No obstante, el número de componentes mayoritarios del agua es muy limitado y su variabilidad (en cuanto a rangos de concentración) no es tan importante como pudiéramos esperar, a tenor del gran número de

litologías y procesos de interacción (orgánicos e inorgánicos) existentes. Así, de acuerdo con DAVIS Y DE WIEST (1966), de los veintidós elementos que conforman el 99,8 % de la masa combinada de la litosfera superior, los océanos y la atmósfera, tan solo siete se encuentran normalmente en el agua con concentraciones mayores a 1 mg/L (Ca, Mg, Na, HCO₃, Cl, SO₄ y SiO₂). Estos 7 elementos dan cuenta del 95 % de la composición química de las aguas subterráneas. Junto a estos, existen otros ocho componentes menores usualmente detectados en las aguas subterráneas, aunque con concentraciones menores (0,01 – 10 mg/L) (K, Fe, Mn, Sr, B, F, CO₃ y NO₃). El resto de elementos químicos están típicamente presentes como constituyentes traza (< 0,01 mg/L).

El movimiento del agua a través de la zona no saturada determina que la concentración de sus constituyentes mayores tienda a aumentar. De ese modo, CHEBOTAREV (1955), en un trabajo seminal en el que tomó en consideración más de 10.000 análisis de aguas subterráneas de Australia, concluyó que éstas tienden a evolucionar químicamente hacia la composición del agua de mar. Este mismo autor observó que la evolución se acompaña, normalmente de cambios regionales en el anión dominante de acuerdo con la pauta indicada por la Figura 4. La Figura 5 ilustra también, aunque desde un punto de vista más amplio, esta misma observación.

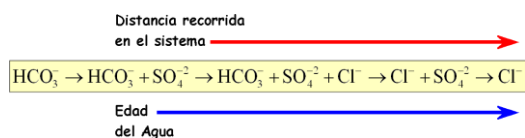


Figura 4 - Secuencia de evolución hidroquímica de las aguas subterráneas naturales, de acuerdo con CHEBOTAREV (1955)

En relación con la hidroquímica asociada a la litología, se pueden establecer los siguientes grupos: a) Rocas silicatadas cristalinas de grano medio y grueso, en donde las aguas tienden a ser bicarbonatado-sódico/potásicas aunque en manantiales próximos a la costa existe una componente clorurada importante. En el caso de aguas profundas pueden existir cantidades de sulfuros y, si existe oxidación, sulfatos. b) Rocas silicatadas esquistosas y carbonosas de grano fino (pizarras y filitas) de baja solubilidad; c) Rocas carbonatadas (calizas y dolomías) que proporcionan aguas bicarbonatado cálcicas o magnésicas; d) Sedimentos terrígenos (arcillas, limos, arenas,...) poco mineralizadas

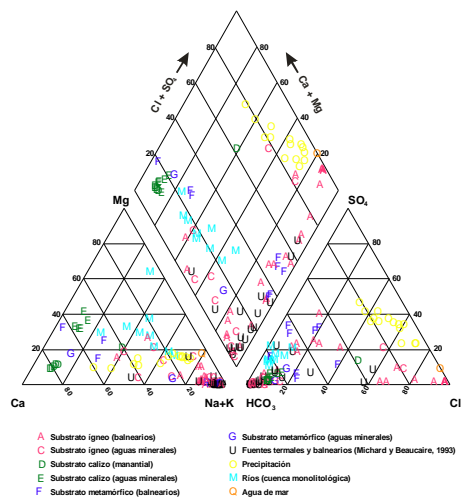


Figura 5 - Diagrama de Piper-Hill en el que se presentan los datos publicados relativos a la composición química de aguas subterráneas, termales, minerales, precipitación así como fluviales asociadas a distintos tipos de litología. Se indica, como referencia, la composición media del agua del mar.

3.2. Calidad termal

Con respecto a la calidad termal de las aguas hay que hacer constar que Galicia es una región española donde existe una cierta “*anomalía térmica*” pudiéndose dar en algunas zonas del sur y colindando con Portugal valores más altos de temperaturas en las aguas que afloran en las distintas surgencias y manantiales. De este modo, MICHARD Y BEUCAIRE (1993) clasifican las aguas gallegas en cuatro categorías.

La temperatura que podemos medir en las aguas termales en sus puntos de surgencia no suele coincidir con la correspondiente a la máxima profundidad a la que se estas se calientan. Ello es debido a una serie de procesos que, en conjunto, provocan su enfriamiento. Los más importantes son: a) la ebullición adiabática (es decir, la separación física de una fase vapor sin intercambio de calor con la roca); b) la disipación de calor por conducción térmica hacia la roca; c) la mezcla con aguas frías superficiales; y d) por combinación de los tres procesos anteriores.

4. Clasificación de las aguas subterráneas

Tipología de las aguas

La aparición de las aguas minerales y termales de Galicia es geográficamente puntual, la planificación y gestión de las aguas minerales y

termales de Galicia no se realiza bajo un criterio territorial sino

mediante un conjunto de criterios de gestión

Así, pues se pueden definir cada una de las categorías de la siguiente forma:

Aguas minero-medicinales: Las alumbradas natural o artificialmente y que por sus características y cualidades sean declaradas de utilidad pública y sean aptas para tratamientos terapéuticos. Sólo podrán ser aprovechadas para usos terapéuticos en instalaciones balnearias situadas en las áreas de emergencia. También podrán envasarse para su consumo siempre que cumplan los requisitos señalados en los R.D.1.074/2.002 y 1.744/2.003.

Aguas minero-industriales: Las que permiten el aprovechamiento racional de las sustancias que contengan, entendiéndose incluidas las aguas tomadas del mar a estos efectos.

Aguas minerales naturales: Aquéllas bacteriológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o depósito subterráneo y que broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento naturales o perforados. Pueden distinguirse claramente de las restantes aguas potables por su naturaleza y pureza original, caracterizadas por su contenido en minerales, oligoelementos y, en ocasiones, por determinados efectos favorables.

Aguas termales: Aquéllas aguas cuya temperatura de surgencia sea superior, al menos, en cuatro grados centígrados a la media anual del lugar en que alumbren, y sean declaradas de utilidad pública y aptas para usos terapéuticos en instalaciones balnearias situadas en las áreas de emergencia.

Aguas de manantial: Aquéllas de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo.

4.1. Clasificación de las aguas mineromedicinales según características físicas y químicas

Según las características físicas, la temperatura es el criterio más utilizado para clasificar las aguas mineromedicinales. Las clasificaciones más útiles desde el punto de vista médico, son las que consideran la temperatura del agua en relación a la temperatura del organismo, puesto que las aplicaciones externas del agua minero-medicinal se harán prácticamente siempre teniendo en cuenta la temperatura corporal.

Desde un punto de vista terapéutico el siguiente análisis se enfocará en la descripción de las

características físico-químicas de las aguas minero-medicinales, para lo cual se partirá de un concepto más genérico de agua mineral. Así, los criterios para clasificar las aguas mineromedicinales en España son los utilizados en el resto de los países. Las clasificaciones más frecuentes desde el punto de vista terapéutico son las que tienen en cuenta la mineralización total y el contenido aniónico y catiónico predominante, o bien la presencia de elementos especiales, o las que las clasifican por sus propiedades físicas, como la temperatura.

En España, en hidrología médica se sigue la clasificación propuesta por Armijo y San Martín publicada por Maraver en el Vademecum de aguas mineromedicinales de España. Para ello, se han tenido en cuenta los distintos criterios elaborados en los distintos países europeos, de tal forma que, por un lado, existe el criterio latino, en el que un agua minero-medicinal es un agua con propiedades terapéuticas, independientemente de la cantidad total de minerales, y el criterio germánico en el que es necesario tener un mínimo de residuo seco y de componentes químicos para que sea considerada minero-medicinal. En España se ha seguido un criterio mixto pudiéndose elaborar la siguiente tabla síntesis:

CLASIFICACION DE LAS AGUAS MINEROMEDICINALES SEGÚN SU MINERALIZACION Y COMPOSICIÓN QUÍMICA	
1. Aguas mineromedicinales con más de 1 g/l de sustancias mineralizantes	
Clorurada (>20 % mEq de Cloruro)	<ul style="list-style-type: none"> • Sódicas • Cálcidas • Mixta <ul style="list-style-type: none"> ○ Sulfatada ○ Bicarbonatada
Sulfatadas (>20 % mEq de Sulfato)	<ul style="list-style-type: none"> • Sódicas • Magnésicas • Cálcidas • Mixtas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cloruradas, Bicarbonatadas ○ Sódicas, Magnésicas...
Bicarbonatadas (>20 % mEq de Bicarbonato)	<ul style="list-style-type: none"> • Sódicas • Cálcidas • Mixtas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cloruradas, Sulfatadas ○ Sódicas, Cálcidas...

2. Aguas minerales con elementos mineralizantes especiales	
Carbogaseosas	> 250 mg de CO ₂ /l
Sulfuradas	1 mg de S. reducido./l <ul style="list-style-type: none"> • Sódicas • Cálcidas
Ferruginosas	(más de 5 mg/l de Fe bivalente)
Radiactivas	(más de 67,3 Bq/l)

4.2. Clasificación de las aguas minero-medicinales gallegas

Según los criterios anteriores la clasificación de las aguas miner-medicinales gallegas se puede elaborar, principalmente, según la temperatura y según su composición química y mineralógica.

Diversos autores (SOUTO, 1990; BAEZA ET AL., 2001) han inventariado las aguas minerales gallegas, tanto las manifestaciones termales como las aguas de manantial. En la Figura 7 se muestra la localización de los principales manantiales y fuentes termales del territorio gallego, éstas últimas se concentran mayormente en la provincia de Orense. Con respecto a las aguas minerales de consumo humano, en la Figura 8 se muestran algunos de los afloramientos de aguas minerales embotelladas



Figura 6 - Principales balnearios y fuentes termales de Galicia. Los colores rojo y azul indican su emplazamiento en un substrato ígneo o metamórfico, respectivamente

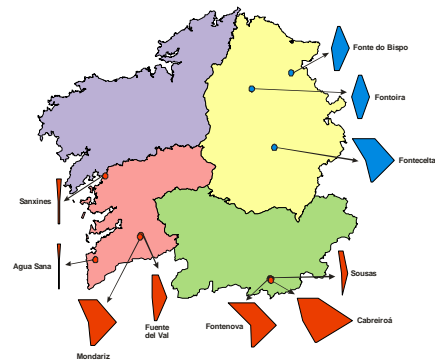


Figura 7 - Aguas minerales de manantiales localizados dentro de la Comunidad Autónoma de Galicia. Los colores rojo y azul hacen referencia al tipo de substrato geológico (ígneo o metamórfico, respectivamente). Nota: todos los diagramas de Stiff están a la misma escala

4.3. Clasificación de las aguas gallegas según la temperatura

Según los criterios descritos anteriormente las aguas de los balnearios y manantiales gallegos con reconocida declaración de mineromedicinal, desde un punto de vista térmico, se pueden catalogar como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Temperaturas de las aguas mineromedicinales de Galicia

Denominación	Temperatura °C	Balneario Surgencia
Frías	< 19,9	Balneario Augas Santas-Pantón Agua de Fonte Nova - M. Principal Agua Cabreiros con Gas 2 Sosas - Manantial 1 Balneario de O Tremo Balneario de Mondariz (Gándara) Balneario de Guitiriz Balneario Río Pambre Balneario de O Incio
Hipotermiales	20 – 34,9	Baños de Berán Balneario de O Carballiño Balneario de Ponte Caldelas

		Balneario Acuña Charca do Allegal Baños de Brea Balneario de Arnoia Fonte do Bañiño
Mesotermales	35 – 36,9	Caldas de Partovia Baños Viejos de Carballo Balneario de Arteixo
Hipertermiales	37 – 60	Baños de Loureda Balneario de Laias Baños de Molgás Balneario Dávila Balneario de Caldelas de Tui Balneario de Cortegada Balneario de Lugo Balneario de A Toxa
	> 60	Balneario de Lobios Xardin das Burgas Balneario de Termas de Cuntis

4.4. Clasificación de las aguas gallegas según la mineralización y componentes químicos

Desde el punto de vista de la mineralización global, las aguas minero-medicinales se pueden clasificar teniendo en cuenta el Residuo Seco a 180° C. En Galicia predominan las aguas minero-medicinales de mineralización débil (250–500 mg/L) siendo el 36% del total, seguidas por las que tienen mineralización media (500–1000 mg/L) y fuerte (>1000 mg/L) con igual proporción de un 24% cada una. Por último, las aguas de mineralización muy débil representan el restante 16% del total.

La mayor parte de las aguas que circulan a través de litologías silicatadas de grano medio y grueso como on las gallegas tienden a ser bicarbonatado-sódico/potásicas. No obstante, en algunas fuentes termales así como en manantiales

próximos a la costa, la componente clorurada puede ser muy importante (p. Ej. manantiales termales de A Toxa, Caldas de Reis, etc.). Las aguas que atraviesan rocas carbonatadas (calizas y dolomías) se manifiestan con un quimismo bicarbonatado cálcico o cálcico/magnésicos. Hay también una caracterización carbogaseosa en algunos manantiales surgentes por el desequilibrio químico del agua con la roca encajante. El ascenso de aguas profundas, a través de rocas ígneas y metamórficas con contenidos de sulfuros, –donde imperan condiciones anóxicas- a la superficie originan manantiales o fuentes de aguas sulfuradas (p. Ej. Balneario de Guitiriz, Baños da Brea, Termas de Cuntis, Termas romanas de Lugo, Baños Viejos de Carballo, etc.

Desde un punto de vista de elementos mineralizantes especiales, los balnearios con aguas carbogaseosas con más de 250 mg/L de CO₂ libre son el Balneario de Mondariz (Gándara) (988,9 mg/L), Agua de Cabreiroá con Gas 2 (705 mg/L) y Agua de Fonte Nova – manantial principal (631 mg/L).

Según la Dureza del agua, las aguas de los balnearios gallegos presentan, en general, aguas muy blandas (0–100 mg/L de CaCO₃), tal y como cabe esperar en terrenos poco cálcicos. Como excepción se encuentra el Balneario de Arteixo, cuya aguas son blandas (100–200 mg/L de CaCO₃) y el Balneario de A Toxa que presenta aguas extremadamente duras (>400 mg/L de CaCO₃), lo cual contrasta con el resto de las aguas. Si bien el origen del agua de A Toxa es debido al agua del mar, ésta ha podido interactuar de forma intensa con las rocas, causando la precipitación de sulfatos al reducirse éste a sulfuro en profundidad, aumentando los carbonatos por disolución de calcita bajo condiciones de presión parcial de CO₂ mayores a las de equilibrio con la atmósfera (COUDRIAN-RIBSTERIN ET AL., 1998).

Por otra parte, una de las características de las aguas gallegas es el alto contenido en silicio y en fluoruros, tal y como se deriva de la geomorfología del terreno.

Por último, el pH que presentan los manantiales gallegos oscila entre un pH ácido de las aguas bicarbonatadas carbogaseosas (Gándara en Mondariz, Cabreiroá, fontenova, Sousas y a Toxa) a un pH alcalino o muy alcalino. En las Tablas 5, 6, 7 y 8 se muestran las composiciones químicas principales de las aguas gallegas según datos recogidos de las analíticas realizadas por el IGME para su declaración de agua mineromedicinal.

5. Indicaciones terapéuticas

En la Tablas 9 se muestran los efectos de las aguas mineromedicinales según su composición predominante. (Maraver, 2002) En la tabla 10 se recogen indicaciones terapéuticas de las distintas aguas gallegas de las que se tienen datos.

Tabla 9 – Acciones terapéuticas asociadas a las aguas minero-medicinales

ACCIONES DE LAS AGUAS MINERALES DERIVADAS DE LA MINERALIZACIÓN	
Cloruradas	Estimulantes de las funciones orgánicas y metabólicas Potenciadora del trofismo celular y de los procesos de cicatrización y reparación tisular Favorecen la circulación sanguínea y linfática
Sulfatadas	Purgantes Coleréticas Colagogas e estimulantes do peristaltismo intestinal
Bicarbonatadas	Antiácidas Aumentan la actividad pancreática Favorecen el poder saponificador de la grasa por la bilis Hepatoprotectoras Favorecen la glicogénesis Favorecen la movilización y eliminación de ácido úrico en el orín
Carbogaseosas	Por vía oral: (más de 1000 mg/l) Facilitan la digestión; enmascaran los sabores Estimulan la secreción y motilidad gástrica Facilitan la función intestinal Por vía tópica (más de 400 mg/l) Acción vasodilatadora periférica
Sulfuradas	Activan los procesos óxido-reductores metabólicos Efectos antitóxicos, antialérgicos y mejoradores del trofismo Acción reguladora de las secreciones respiratorias Efectos inmunológicos en la piel
Ferruginosas	Activan la hematopoyesis y las funciones oxidativas celulares Mejoran el trofismo tisular
Radioactivas	Sedativas y analgésicas Antiespasmódicas y decontracturantes Reguladoras del sistema

	nervioso vegetativo
Con mineralización inferior a 500 mg/l	Efectos diuréticos Acción mecánica de lavado y arrastre que dificulta todo tipo de calculos

Tabla 10. Principal indicación terapéutica de los balnearios de Galicia

INDICACIONES TERAPÉUTICAS DE LAS PRINCIPALES AGUAS GALLEGAS	
Balneario de A Toxa	Reumatología
Balneario de Arteixo	
Baños de Molgas	
Balneario de Laias	
Baños Viejos de Carballo	
Balneario de Lugo	
Balneario de Cortegada	
Blaneario de Arnoia	
Balneario de Lobios	
Balneario de Termas de Cuntis	
Caldas de Partovia	Respiratorio
Balneario Dávila	
Balneario Acuña	
Balneario de Caldelas de Tui	Hepatobiliar
Balneario de O Carballiño	
Balneario de Guitiriz	
Balneario Pardiñas	Gastroenterología
Agua de Fonte Nova	
Agua Cabreiroá con Gas	
Balneario de Mondariz (Gándara)	
Sousas – Manantial 1	
Balneario de O Incio	
Balneario Aguas Santas-Pantón	
Baños de Brea	Dermatología
Balneario de Ponte Caldelas	
Charca do Allegal	
Balneario de O Tremo	
Balneario Río Pambre	
Baños de Berán	

Referencias

- Baeza, J.; Lopez Geta, J.; Ramírez, A. (2001) – *Las Aguas Minerales en España*. Instituto Geológico y Minero de España. 454 p.
- Chebotarev, I.I. (1955) - Metamorphism of natural waters in the crust of weathering (1). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 8: 22-48.
- Coudrian-Ribsterin, A.; Gouze, P.; De Marsily, G. (1998) – Temperatura-carbon dioxide partial pressure trends in confined aquifers. *Chemical Geology* 145, 73-89.
- Davis, S.N.; De Wiest, R. J. N.; (1966) – *Hydrogeology*. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, NY, USA: 563 p.

- Langmuir, D.M. (1996) – *Aqueous environmental geochemistry*. Ed.: Prentice Hall, 600 p.
- Maraver, F. (2002) – *Vademecun de aguas mineromedicinales españolas*. Instituto de Salud Carlos III – Universidad Complutense de Madrid: 310 p.
- Michard, G.; Beucaire, C. (1993) – Les eaux thermales des granites de Galice (Espagne): des eaux carbogazeuses aux eaux alcalines. *Chemical Geology*, 110 : 345-360.
- Souto, M.G. (1990) – *Estudio químico-analítico de las aguas minero-termales de la provincia de Orense*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, 398 p.
- Tóth, J. (1963) – A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Journal of Geophysical Research*, 68(16): 4795-4812.
- Winter, T.C.; Harvey, J.W.; Lehn, O.; Alley, W.M. (1998) – *Ground Water and Surface Water. A Single Resource*; U.S. Geological Survey Circular 1.139: 87 p.
(<http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/>)
- Young, E. D. (1995) – Fluid flow in metamorphic environments. In: *U.S. National Report to International Union of Geodesy and Geophysics 1991-1994; reviews in Geophysics 33 Suppl.*
(<http://www.agu.org/journals/rg/rg9504S/95RG00601/>)

Tabla 5 - Composición química de las aguas minero-medicinales de mineralización fuerte

BALNEARIOS / MANANTIALES	R.S	ANIONES					CATIONES						GASES		SÍLICE	
Aguas de Mineralización Fuerte (>1000mg/l)		HCO ₃	SO ₄	Cl	F	SH-	Na	Ca	K	Li	Fe total	M g	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	
AGUAS BICARBONATADAS SÓDICAS																
Agua de Fonte Nova-M. Principal	1952	1610	11	29	18	1,80	552	8	48,0		0,89	7	631		62	
Agua Cabreiroa con Gas 2	1565	1490	10	28	5,22	1,80	485	17	54,0		1,39	15	705		63	
Balneario de Mondariz (Gándara)	1140	980	12	92	2	0,20	266	59	30,0	1,4	0,02	40	988		53	
Sousas - Manantial 1	1254	1180	8	25	9,35	1,80	408	13	30,0		0,90	8	7,9		64	
AGUAS CLORURADAS SÓDICAS																
Balneario de A Toxa	36760	268	728	17900	3	11	10200	1180	120 0	31	4,20	12 6	165,	0,02	85	
Balneario de Arteixo	2473	106	29	1010	8	4	590	43	30, 0	3,	0,02	2	1,1	0,00	64	
Baños de Loureda	2100	129	23	1120	4,4		724	60	26, 0		0,0003	3			58,4	

Tabla 6 – Composición química de las aguas minero-medicinales de mineralización media

BALNEARIOS / MANANTIALES	R.S	ANIONES					CATIONES						GASES		SÍLICE	
Mineralización Media (500-1000mg/l)		HCO ₃	SO ₄	Cl	F	SH-	Na	Ca	K	Li	Fe total	Mg	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	
AGUAS CON PREDOMINIO DE BICARBONATO SÓDICO																
Baños de Molgas	706	636	7	22	14	2,2	250	10	11,		0,096	1	40,7	9,10	66,	
Balneario de Laias	539	400	28	35	16	11,	172	5	7,	0,7	0,02	1	1,1	0,40	72,	
Fonte de Bañiño	697	684	29	22	11	2,0	276	12	8,		0,18	3	1,1		58,	
Burgo de Arriba	617	516	3	23	12,55		207	5	10,		0,039	1	19,8		85,6	
AGUAS CON PREDOMINIO DE CLORURO SÓDICO																
Balneario de Caldelas de Tui	713	98	37	281	14	26,	226	11	10,	0,5	0,02	1	1,1	0,00	99,	
Balneario Acuña	728	152	19	269	21	3,0	243	5	7,0	0,7	0,02	1	1,1	0,10	53,	
Balneario Dávila	720	164	17	268	17	5,0	247	4	7,0	0,7	0,02	1	1,1	0,02	58,	
Xardin das Burgas	617	9	2,882	24,11	10,26		203,69	12,02	8,68	1,29	0,14	0,71			16,2	

Tabla 7 – Composición química de las aguas minero-medicinales de mineralización débil

BALNEARIOS / MANANTIALES	R.S	ANIONES					CATIONES						GASES		SÍLICE	
Mineralización Débil (250-500mg/l)		HCO ₃	SO ₄	Cl	F	SH-	Na	Ca	K	Li	Fe total	Mg	CO ₂	H ₂ S	SiO ₂	
AGUAS CON PREDOMINIO DE BICARBONATO SÓDICO																
Balneario de Cortegada	351,6	220	10	47	34,4	7,63	120	1	3,00	2,10	0,0360	1	1,1		66,0	
Baños de Brea	412	207	31	64	23	28,0	112	5	7,00	1,90	0,0360	3	4,4	12,0	106,	
Balneario de Lugo	421	186	78	47	18	17,0	135	5	6,00	0,60	0,0200	1	1,1	3,20	75,0	
Balneario de Arnoia	273	124	35	45	24	28,0	3,958	0,25	0,054	0,54	0,0200	0,082	0,0	0,10	65,0	
Balneario Augas Santas-Pantón	461,4	188	80	39	28,8	20,73	129	7	5,00	3,00	0,0001	3	1,1		41,9	
Baños Viejos de Carballo	450	117	75	57	25	36,0	144	1	4,00	1,60	0,0200	1	1,1	0,00	67,0	
Balneario de O Tremo	251	138	36	36	11	16,0	96	2	1,00		0,0270	1	1,1	3,16	29,0	
Balneario de Guitiriz	262	74	15,3	29,3	14,5	66,0	83	2	0,83	0,62	0,3300	0,094			20,0	
Termas da Chavasqueira	403	322	9	19	17,1	2,59	138	2	5,00		0,0300	1	1,1		72,6	
AGUAS CON PREDOMINIO DE CLORURO SÓDICO																
Balneario de Termas de Cuntis	310,4	91	45	38	20,3	8,45	93	5	2,00	1,00	0,0200	4	1,1	8	91,4	

Tabla 8 - Composición química de las aguas minero-medicinales de mineralización muy débil

BALNEARIOS / MANANTIALES	R.S	ANIONES					CATIONES						GASES		S CF
		HCO ₃	SO ₄	Cl	F	SH-	Na	Ca	K	Li	Fe total	Mg	CO 2	H ₂ S	
Mineralización Muy Débil (100-250mg/l)															
AGUAS CON PREDOMINIO DE BICARBONATO SÓDICO															
Balneario de Ponte Caldelas	247,8	181	12	25	15,6	-	91,9	1	1,49	-	0,040	1	-	-	4
Baños de Lobios	247	139	17	27	11,5	-	86,45	1	4,3	-	0,048	1	-	-	11
Balneario de Berán	240	74	14	16	9,8	2,3	49,3	6,7	1,3	0,9	0,02	0,46	-	05	4
Baños de O Carballiño	198	59	24	32	10	20	56	1	1	-	-	1	-	-	5
Balneario de Castro Caldelas	186,9	118,3	16, 8	3,5	0,2	-	35,1	3,1	0,1	0,0 8	0,002	1,7	-	5,7	1
Balneario de Partovia	140,2	67	34	3	3,5	-	44	2	-	-		1	1,1	-	3
Balneario de Río Pambre	222	96	24	20	17,1	-	67	1	0,97		0,092	1	-	-	3

