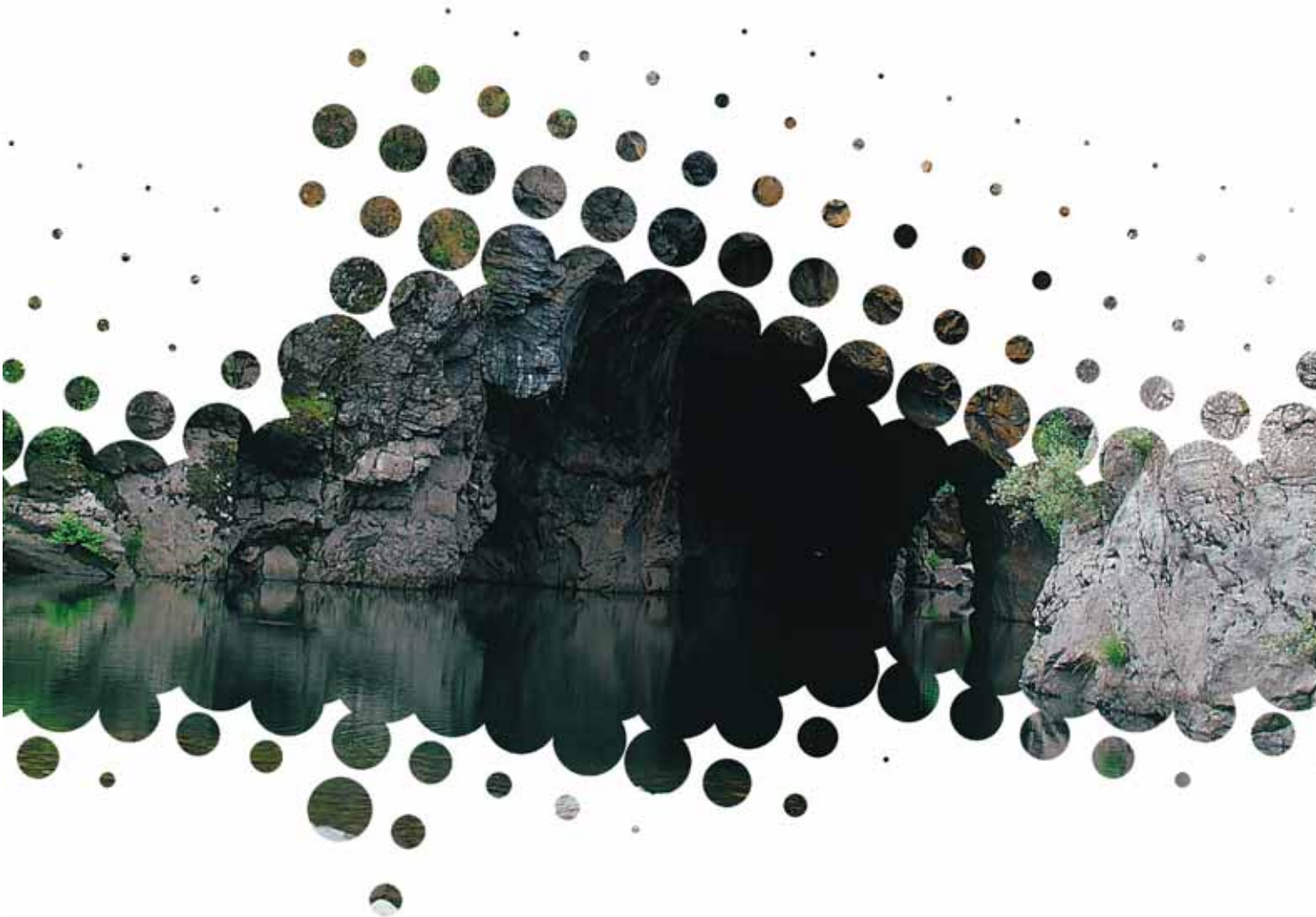


J. Samper Calvete

**Aguas subterráneas**  
y medio ambiente en Galicia





# Aguas subterráneas y medio ambiente en Galicia

J. Samper Calvete. *Área de Ingeniería del Terreno*  
*ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de A Coruña*

## 1. Introducción

Galicia es una región con abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos. La mayoría de los materiales geológicos existentes tienen un potencial hidrogeológico limitado, ya que predominan las formaciones ígneas y metamórficas en las que los caudales de extracción son bajos. Por ello, los estudios que hay sobre recursos subterráneos son escasos y de carácter muy local. Sin embargo, una parte muy importante de la población que vive en pequeños núcleos se abastece con aguas subterráneas. Dada la gran diseminación de la población se hace muy difícil conocer el grado y cuantía de la utilización actual de estas aguas en Galicia. De acuerdo con IGME (1982) son más de 300.000 los puntos de agua existentes (incluidos pozos y manantiales), siendo los recursos medios anuales del orden de 2.000 hm<sup>3</sup>/año (Xunta, 1991). El proyecto de directrices del *Plan hidrológico de las cuencas de Galicia* admite explícitamente la existencia de serias lagunas en el conocimiento de los recursos subterráneos en esta Comunidad Autónoma (tan sólo se dispone

de un inventario de unos pocos centenares de puntos de agua en toda Galicia) e incluso identifica varias zonas en las que las aguas subterráneas podrían suponer una alternativa a considerar para el abastecimiento en zonas del litoral con problemas estacionales para conseguirlo (Xunta de Galicia, 1993).

A pesar de todo ello, ni el *Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional* (MOPTMA, 1993) ni el *Libro Blanco de las Aguas Subterráneas* (MOPTMA-MINER, 1994) incluyen en sus cifras oficiales de recursos subterráneos los casi 2.000 hm<sup>3</sup> existentes en Galicia. No tenemos constancia de que existan actuaciones para la ordenación, planificación, protección y gestión de los mismos, lo que pone de manifiesto que la aplicación de la Ley de Aguas de 1986 en Galicia, en lo referente a las aguas subterráneas, ha sido prácticamente inexistente.

En las zonas rurales está muy extendida la captación de estas aguas como fuente de suministro de agua potable así como para el riego de cultivos y cubrir las necesidades del ganado bovino. Las zonas industriales alejadas de los grandes núcleos también las utilizan en sus procesos productivos. Así mismo, abastecen las segundas residencias en muchos casos. Las aguas subterráneas almacenadas en los acuíferos constituyen un recurso estratégico, ya que en épocas de sequía permiten resolver situaciones de crisis sin necesidad de costosas inversiones. La industria de las aguas minerales envasadas es un sector en alza, como lo demuestra el hecho de que en España estas empresas facturan casi tanto como las empresas de suministro de agua del grifo. Las aguas subterráneas desempeñan, además, un importante papel medioambiental, ya que alimentan y mantienen numerosas zonas húmedas. En zonas de especial protección constituyen una fuente y respetuosa con el medio ambiente. Además del interés socioeconómico y ambiental, ofrecen otras posibilidades como el aprovechamiento lúdico y terapéutico de las fuentes y manantiales termales en instalaciones balnearias, tan abundantes en Galicia.

En este trabajo se presenta una síntesis del conocimiento de los recursos subterráneos de Galicia. A la vista de la situación actual y de las perspectivas existentes se proponen las líneas y trabajos a seguir para progresar en su conocimiento.

Los estudios que tenemos sobre los recursos subterráneos son escasos, de carácter muy local y, en la mayoría de los casos, han sido realizados para el aprovechamiento de la energía geotérmica. Samper (2000) ofrece un compendio del estado actual del conocimiento de estos recursos en Galicia.

La documentación básica del *Plan hidrológico de Galicia-costa* (Xunta, 1990) contiene los trabajos de caracterización hidrológica de las cuencas intracomunitarias de Galicia, que apenas abordan las aguas subterráneas. En 1991 la Xunta de Galicia promovió la realización del *Estudio de recursos de agua subterránea*

*en Galicia* (Xunta, 1991). Se trata del primero y único estudio hidrogeológico de toda esta Comunidad. Su alcance es insuficiente, ya que sólo se evalúan de forma preliminar los recursos de aguas subterráneas y su calidad química. El número de captaciones inventariadas es reducido. El informe reconoce que las aguas subterráneas pueden suponer, en ciertas zonas, un complemento e incluso una alternativa a la solución de problemas de abastecimiento (véase Battle y col., 1992).

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha venido realizando una serie de estudios sobre las manifestaciones geotérmicas de Galicia y su potencial como fuente de energía geotermal. Samper (1993) presenta una síntesis de los estudios hidrogeotermales realizados por el ITGE. A excepción de la «Investigación hidrogeológica de Galicia», realizada en 1982 (básicamente es una síntesis a escala 1:200.000 con sólo una relación de 100 puntos de agua), el ITGE no ha abordado la realización de un inventario global de puntos de agua subterránea y un estudio hidrogeológico de ámbito regional en esta Comunidad.

Los materiales geológicos predominantes en su territorio (ígneos y metamórficos) son, en general, poco o muy poco permeables, por lo que tradicionalmente no han sido debidamente estudiados. No obstante, recientemente el conocimiento sobre su funcionamiento hidrogeológico ha experimentado a nivel mundial un desarrollo considerable, sobre todo debido al interés de estas formaciones geológicas para albergar depósitos de desechos peligrosos (vertederos y depósitos de residuos radiactivos). Entre los descubrimientos más espectaculares cabe mencionar el hecho de que, en contra de lo que tradicionalmente se creía, estas rocas, cuya matriz es impermeable, pueden presentar permeabilidades elevadas (hasta 1 m/d) en zonas fuertemente fracturadas y en las que han sufrido una intensa alteración. Los métodos tradicionales de exploración, interpretación y análisis clásicos de la Hidrología Subterránea no son aplicables a este tipo de medios. Sin embargo, hoy en día, al amparo de la tecnología de los residuos nucleares se han desarrollado y se continúan desarrollando métodos para el estudio de estos medios de baja permeabilidad.

## **2. Geología**

Galicia se encuentra enclavada geológicamente en el denominado Macizo Hespérico, fragmento de un gran orógeno que se extiende por el centro y sur de Europa, noroeste de África y la costa este de Estados Unidos, cuyo desa-

rollo tuvo lugar durante el Devónico Superior y parte del Carbonífero. En la península, el macizo se ha dividido en varias zonas y subzonas, que se corresponden con unidades paleogeográficas. En Galicia pueden distinguirse cuatro de ellas, en las que, a su vez, se diferencian diversas unidades litoestructurales. Según la división de Julivert y col. (1972), Galicia se sitúa en las zonas Asturoccidental-Leonesa y la Centroibérica.

La zona Asturoccidental-Leonesa se caracteriza por poseer una serie Cámbrico-Ordovícico-Silúrico potente y en gran parte pelítica, aunque existen también importantes niveles de cuarcita, especialmente en el Cámbrico-Ordovícico inferior.

Atendiendo a su estructura, se trata fundamentalmente de pliegues (incluyen grandes pliegues acostados). Un precámbrico esquistoso se encuentra formando el núcleo de las grandes estructuras anticlinales. Los granitoides son escasos y de pequeñas dimensiones en la parte oriental de la zona, pero en su parte occidental (Manto de Mondoñedo) son bastante abundantes.

La zona Asturoccidental-Leonesa puede dividirse en tres unidades, de las cuales en Galicia están presentes las siguientes [véase figura 1]:

a) Dominio del Manto de Mondoñedo o Galicia Oriental: formado por el gran pliegue acostado de Mondoñedo y sus estructuras asociadas. Presenta un gran interés también en lo referente a las rocas carbonatadas (formaciones Cándana, Vegadeo y Aquitania) así como por las cuencas intramontanas existentes (Sarria, Guntín, etc.) y zonas llanas con depósitos recientes. El pliegue de Mondoñedo tiene un núcleo esquistoso precámbrico, constituido por la Serie de Villalba.

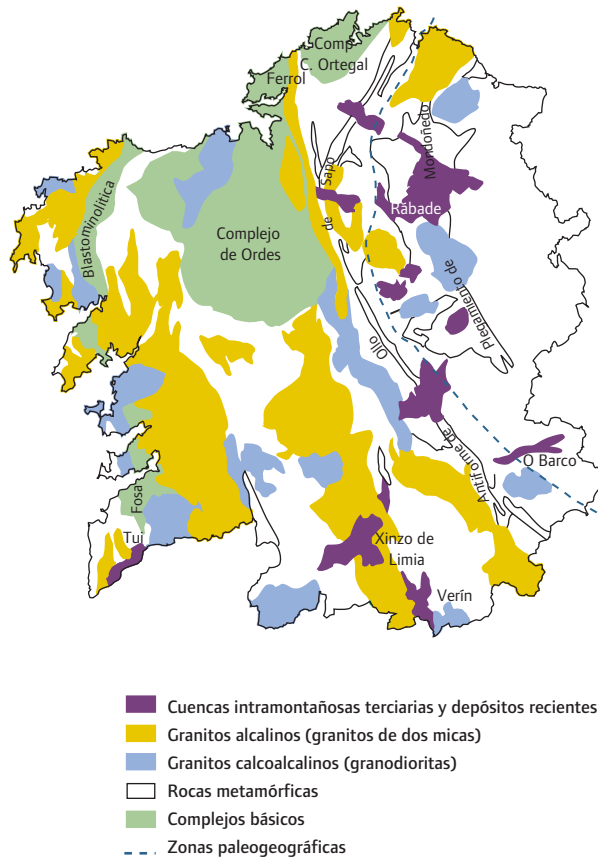
b) Dominio del Caurel-Truchas: formado por el pliegue acostado del Caurel y estructuras que constituyen su prolongación oriental en la región de Truchas. Se trata de un antiformal en cuyo núcleo aflora un Precámbrico constituido por gneises ocelares esquistosos (antiforme del «Ollo de Sapo») que crea el límite occidental de la zona.

c) La zona Centroibérica es muy heterogénea: incluye áreas con metamorfismo de alto grado y abundantes granitoides y áreas con un metamorfismo muy débil. Dentro de ella pueden distinguirse dos subzonas desde el punto de vista paleogeográfico:

1) Galicia Central –Tras os Montes. Muestra un dominio claro de las rocas ígneas, especialmente en el sector occidental. Desde el punto de vista hidrogeológico tienen especial relevancia las cuencas terciarias de Monforte de Lemos, Xinzo de Limia, Verín, Quiroga y As Pontes de García Rodríguez. El sector norte y oriental de esta zona es de claro dominio metamórfico.

[Figura 1]

Unidades litoestructurales y paleogeográficas de Galicia (Xunta, 1991)



2) Galicia Occidental. Está constituida por cuerpos graníticos. La divide del complejo blastomilonítico de la banda de Malpica-Tui, unidad estructural formada por esquistos, gneises, granitos gneísicos y granitos glandulares orientados.

Estratigráficamente Galicia presenta un substrato Precámbrico sobre el que se apoya, en general de modo discordante, un Paleozoico metamórfico en facies variadas. El Mesozoico está ausente. Los depósitos más modernos fueron creados por los rellenos detríticos terciarios de las aisladas cuencas intramontañas, así como por los del cuaternario actual de los principales ríos.

Petrológicamente se pueden considerar dos grandes bloques: el metamórfico y el ígneo. Las rocas metamórficas corresponden a un metamorfismo regional cuyo grado crece de E a W.

### 3. Hidroclimatología

La precipitación media anual en Galicia oscila entre 700 mm (zonas de Estaca de Bares, Fisterra, Corrubedo, Monforte y Ourense) y más de 2000 mm (Sierra de Avión, Cabeza de Manzaneda, Sierra de los Ancares y valle inferior del Miño) (MOPU, 1986, 1988). La temperatura media anual va desde los 8 °C en las zonas de alta montaña a los 15 °C en la zona de las Rías Bajas y Valle del Miño (Carballeira y col., 1983). La ETP varía entre 500-550 mm en las zonas interiores montañosas y algo más de 800 mm, en la cornisa atlántica (Carballeira y col., 1983). Según el estudio de la Xunta (1990), la evapotranspiración real supone como promedio un 47% de la precipitación.

### 4. Hidrogeología regional

#### 4.1. Tipos de formaciones hidrogeológicas

El único estudio que tenemos sobre la hidrogeología de Galicia (Xunta, 1991) incluye una caracterización hidrogeológica preliminar de los materiales existentes en esta región de acuerdo con su tipo de permeabilidad y estructura de porosidad. En esta clasificación se distinguen materiales de:

- (1) Porosidad intergranular (depósitos detríticos).
- (2) Fisuración y karstificación (cuarcitas y calizas).
- (3) Porosidad intergranular y fisuración (granitos y rocas metamórficas).

Considerando el inventario de puntos de agua y las observaciones realizadas en campo, se asignaron unos grados de permeabilidad (alta-media, media-baja, baja y muy baja-impermeable) a cada grupo de litologías.

Los materiales con mejores condiciones hidrogeológicas corresponden a los detríticos que incluyen los acuíferos de mayor interés regional de Galicia. No obstante, también pueden presentarse estos mismos depósitos con permeabilidades bajas cuando el contenido en materiales arcillosos es alto (cuencas de Rábade, Monforte, etc.) y en el caso de cuaternarios indiferenciados (glacis, coluviones, etc.). También presentan una permeabilidad considerable las calizas y dolomías del Cámbrico inferior, que intercaladas normalmente como niveles de escasa potencia dentro de secuencias pizarrosas («Pizarras de Cándana») o como paquetes de entidad propia («calizas de Vegadeo») constituyen acuíferos discontinuos o locales de cierta importancia.

De similares características, aunque de bastante menor importancia en cuanto a los caudales de extracción, las cuarcitas constituyen acuíferos locales



de gran superficie aflorante que pueden resolver problemas puntuales de abastecimiento.

Los granitos alcalinos (de dos micas) son los de mayor relevancia; presentan una cierta permeabilidad media cuando existen importantes zonas de alteración y baja si estas están poco desarrolladas. Los caudales de extracción oscilan entre 1 y 10 l/s. Los granitos calcoalcalinos (granodioritas), gneises y migmatitas tienen menor interés hidrogeológico, aunque existen zonas sorprendentemente excepcionales. Presentan permeabilidades normalmente bajas y caudales de extracción entre 0,3 y 3 l/s.

El resto de rocas metamórficas (pizarras y esquistos) y las rocas básicas y ultrabásicas se consideran menos permeables, aunque no se dispone de suficientes datos.

#### 4.2. Acuíferos en granitos y rocas metamórficas

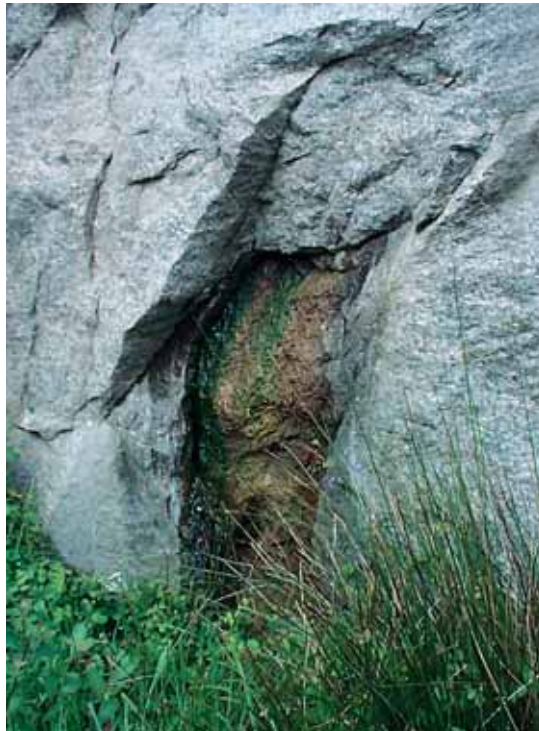
En Galicia predominan las rocas ígneas (granitos y granodioritas) y metamórficas (cuarcitas, esquistos y gneises). En todas ellas la permeabilidad está asociada a la fisuración o a la alteración en superficie. La recarga de los maci-

zoz graníticos se realiza a través de fracturas y zonas de alteración. Las descargas tienen lugar en manantiales, arroyos, lagos o en otros acuíferos. En la [figura 2] se muestra un manantial en rocas graníticas que está asociado a zonas de alta fracturación de la roca. El nivel piezométrico sigue la topografía al tratarse de rocas de baja permeabilidad. La respuesta a la recarga es bastante rápida, en especial si las fracturas están expuestas en superficie, mientras que los descensos son más graduales (Enresa, 1987; Lerner y col., 1990).

De entre las rocas metamórficas, las que pueden ac-

[Figura 2]

Manantial en granitos en la zona de A Zapateira (A Coruña)



tuar como acuíferos son: gneises, cuarcitas masivas y metavulcanitas. Los esquistos y pizarras presentan las fracturas cerradas en profundidad, aunque en superficie resulten engañosas por estar abiertas. Si están abiertas, las fracturas constituyen vías de alta permeabilidad. En muchos casos pueden estar selladas debido al cizallamiento de las rocas, actuando como zonas impermeables por estar rellenas de arcillas. Es también importante conocer la red de diques y su comportamiento hídrico, ya que son capaces de actuar como verdaderos filtros o como pantallas impermeables o barreras al flujo subterráneo.

Las rocas ígneas alteradas, fundamentalmente *in situ*, se denominan «xabre» o «jabre». Su comportamiento es muy similar al de una roca con porosidad granular. La permeabilidad de estos mantos de alteración oscila entre  $10^{-3}$  y 1 m/d (Llamas, 1985; Enresa, 1987). La alteración, que no es uniforme dentro de un mismo macizo, disminuye en profundidad, estableciéndose diversos perfiles. El grado de alteración depende del tipo de roca; existe también una buena correlación entre meteorización y situación topográfica, lo que se traduce en un mejor rendimiento de los pozos de las zonas de valle.

Tienen interés hidrogeológico las «Pizarras de Cándana». Aunque en Galicia presenten muy poca extensión, son las calizas y dolomías del Cámbrico inferior-medio, pertenecientes a las formaciones «Calizas de Vegadeo» o a los niveles carbonatados intercalados en las «Pizarras de Cándana». Ambas formaciones presentan una alta permeabilidad por fisuración y karstificación, desarrollándose en ellas una intensa karstificación que en ciertos puntos puede llegar a tener gran importancia, como en el caso del sistema kárstico del Rey Cintolo en Mondoñedo, con más de 10 km de galerías exploradas.

## 5. Recursos subterráneos

### 5.1. Cuantificación

A excepción de los acuíferos de mayor interés, no se han realizado estudios regionales ni de detalle para cuantificar los recursos subterráneos de Galicia. En el estudio de la Xunta de Galicia (Xunta, 1991) se proponen unos índices de infiltración para distintas zonas que representan el porcentaje de la lluvia total que recarga los acuíferos. A partir de ellos se deduce para la totalidad de la Comunidad Autónoma de Galicia, con una superficie de unos 29.500 km<sup>2</sup>, que los recursos renovables se estiman en unos 2.000 hm<sup>3</sup>/año, equivalentes a una recarga media anual para toda Galicia de 66 mm.

[Tabla 1]

Valores medios anuales simulados de la precipitación, evapotranspiración y escorrentía en Norte I, Galicia-Costa y la Península, correspondientes al período 1940/41-1995/96 (según Estrela, 1999)

Ámbito	Superficie (km <sup>2</sup> )	Precip. (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)	Escorrentía total (mm)	Aportación total (hm <sup>3</sup> /año)
Norte I	17.600	1.284	709	563	721	12.689
Galicia-costa	13.130	1.577	737	644	933	12.250

Más recientemente y coincidiendo con la elaboración del *Libro blanco del agua*, se realizó una estimación que dobla la cifra anterior (Estrela, 1999). Las [tablas 1 y 2] muestran los valores de los recursos hídricos totales [tabla 1] y subterráneos [tabla 2] en las cuencas del Norte I y de Galicia-Costa. En el conjunto de Galicia, los recursos subterráneos ascienden a 4.979 hm<sup>3</sup>/año. Puede verse que se trata de una magnitud considerable, ya que representan casi el 18% del total de la península. A pesar de ello, las perspectivas actuales de atención a las aguas subterráneas en Galicia por parte de las administraciones hidráulicas parecen ser casi nulas.

[Tabla 2]

Recarga a los acuíferos y aportación total en régimen natural en las cuencas Norte I (parte de Galicia) y Galicia-Costa. Datos tomados de Estrela (1999) y obtenidos a partir del modelo de simulación

Ámbito de planificación	Aportación total en régimen natural (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga en régimen natural (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga/aportación (%)
Norte I	12.689	2.745	22
Galicia-Costa	12.250	2.234	18

## 5.2. Balances hidrológicos

Los anteriores valores de recarga son muy genéricos y se deberían afinar teniendo en cuenta en cada cuenca la precipitación, características geomorfológicas, tipos de suelos y cobertura vegetal; analizando los datos de aforos y procediendo a la separación de los componentes de la escorrentía total. Esta separación no es trivial en zonas como Galicia donde las precipitaciones son tan abundantes y continuadas. Además, tampoco es trivial la separación del flujo subterráneo del flujo hipodérmico.

Del análisis de los datos de aportaciones de los ríos en épocas de estiaje (agosto y septiembre) Samper y Soriano (1995) concluyeron que los caudales específicos (caudales por unidad de superficie de la cuenca) pueden ser muy variables de unas zonas a otras dependiendo de la litología. El flujo subterráneo era del orden del 12 % de la escorrentía total. En Galicia existen fuertes gradientes de precipitación, lo que hace que las precipitaciones medias calcu-

ladas para cada cuenca no sean representativas. Este hecho explica que, en ocasiones, la aportación media anual en la estación de aforos sea superior a la precipitación calculada para la cuenca receptora correspondiente. Por ejemplo, en la cabecera del río Tea pueden llegarse a alcanzar 2.500 mm de precipitación (Río y col., 1992), mientras la media de precipitación es de 1.894. Además, en muchos casos las estaciones pluviométricas se encuentran concentradas en las zonas llanas, donde las precipitaciones son menores, mientras que en las zonas montañosas apenas hay estaciones.

### 5.3. Estudios necesarios

Para la cuantificación de los recursos subterráneos es necesario realizar un análisis exhaustivo de los datos de aforos para establecer los caudales de base de los cursos de agua en cuencas de distintas características. Sería recomendable realizar este análisis en varias cuencas piloto, como lo está haciendo el Grupo de Hidrogeología de la Escuela de Caminos de A Coruña en la cuenca del río Valiñas (Soriano y Samper, 2000a). Sus resultados son muy alentadores.

## 6. Usos del agua

La utilización del agua subterránea es difícil de cuantificar debido a la falta de estudios específicos. Los inventarios disponibles son muy reducidos y no incluyen los núcleos de menor población, abastecidos mayoritariamente con aguas subterráneas. Si bien el estudio del IGME (1982) cifraba en 300.000 el número aproximado de puntos de agua en Galicia, los inventarios más recientes (Xunta, 1991) sólo incluyen aproximadamente de 400 puntos.

En Galicia las aguas subterráneas se utilizan en su mayoría para el aprovisionamiento de núcleos pequeños, aldeas y viviendas unifamiliares. Los núcleos urbanos de mayor población se abastecen fundamentalmente de aguas superficiales, con excepción de algunas zonas turísticas. Hay que señalar también que esta utilización de las aguas superficiales es relativamente reciente. Hasta hace unas décadas el suministro de algunas poblaciones importantes (Pontevedra, Vigo, Santiago) se realizaba sobre todo a partir de minas y manantiales, que en muchos casos se siguen utilizando o se mantienen como reserva frente a periodos de sequía. La importancia del agua subterránea es muy grande, ya que posibilita por su distribución espacial el suministro a la mayoría de los pequeños núcleos de la población gallega (cerca de 1.500.000 habitantes,

aproximadamente la mitad de la población, vive en núcleos de menos de 500 habitantes).

El régimen pluviométrico permite cultivos que en otras zonas de España precisan regadío, y por ello las áreas regadas no son extensas; existen tradicionalmente sólo pequeños regadíos a partir del desvío de arroyos y ríos. Sólo en los últimos años se han empezado a construir pozos y sondeos para regar pequeñas parcelas diseminadas. La utilización del agua subterránea con fines ganaderos es importante, puesto que el ganado no tolera fácilmente el agua clorada. El sector industrial también ha recurrido al uso de aguas subterráneas, normalmente con menor coste que la suministrada por las redes de abastecimiento municipales.

Debido a la gran diseminación de la población, el agua subterránea es aprovechada en su inmensa mayoría para usos de tipo puntual, doméstico e individual, caracterizados casi totalmente por sus bajos caudales de explotación.

El abastecimiento a viviendas aisladas se realiza por medio de una pequeña arqueta en un manantial, desde donde se lleva a la casa a través de un pequeño tubo. Las casas rurales normalmente se sitúan cerca de manantiales muy sensibles a las sequías o a cambios en el uso del monte, como puede ser la plan-

[Figura 3]

Galería en granitos en la isla de Ons (Pontevedra). La galería está construida en el valle de un arroyo, coincidiendo con una zona de mayor fracturación y por ello proporciona un caudal de varios l/s que se utiliza para el suministro de la isla



tación de eucaliptos, optándose en estos casos por la realización de un sondeo de captación. En núcleos relativamente importantes (200-400 casas) la forma de abastecerse suele consistir en varios pozos conectados entre sí por drenes horizontales, zanjas o pequeñas galerías (minas) que confluyen en una arqueta. Ejemplos de este tipo de captación, aunque para poblaciones mayores, fueron los antiguos abastecimientos a Santiago, Vigo y Marín. En muchas ocasiones el sistema de captación suele ser mixto entre pozos y galerías (abastecimientos al Cuartel Militar de Figueirido).

Un buen número de sondeos se han hecho a rotopercusión (martillo en fondo), con un diámetro que oscila entre 100-120 mm aunque puede llegar a los 150 mm. La profundidad se sitúa entre 20 y 50 m. El caudal medio extraído varía, en la mayoría de los casos, entre 1.000-1.500 l/hora. Un gran número de las obras de captación son pozos excavados, realizados principalmente en terrenos blandos (zonas de alteración, aluviales, etc.), aunque algunos están excavados en terrenos duros. Se trata de pozos entre 1 y 2 m de diámetro y profundidades normalmente menores de 20 m. Están revestidos con anillos de hormigón o de piedra y los caudales obtenidos suelen ser muy pequeños (1 l/s). En verano se secan casi la mitad de ellos.

Los caudales de manantiales y sondeos suelen ser inferiores a 5 l/s. En muchos casos se desconoce tanto el tipo de perforación como los caudales extraídos. Los bajos rendimientos obtenidos en los sondeos de barrena se deben a su escasa profundidad y diámetro (en muchos casos el caudal extraído no es el máximo que se puede obtener del pozo), a la deficiente construcción, equipado y desarrollo, así como a problemas de colmatación. Las galerías o minas representan una proporción muy pequeña del total de las captaciones practicadas. Se trata de galerías horizontales entre 10 y 50 m de longitud de las que se obtienen hasta 3 l/s. Se utilizan para abastecimiento de pequeños núcleos urbanos.

## **7. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas**

### **7.1. Contaminación por nitratos**

La principal causa de contaminación de las aguas subterráneas en Galicia son las actividades ganaderas, en concreto los vertidos de purines y los desechos provenientes de estas actividades. Los compuestos nitrogenados constituyen un indicador de este tipo de contaminación. De las 70 muestras analizadas en el estudio de la Xunta (1991), 16 superaron los 25 mg/l, con sólo 5 de

ellas por encima del umbral de los 50 mg/l. Dicho trabajo concluye que la mayor parte de las aguas subterráneas en Galicia se encuentran dentro de los límites de potabilidad reglamentarios. El Servicio Geológico del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (SGMOPT, 1992) realizó un estudio para evaluar el estado de la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas destinadas a abastecimiento en núcleos de más de 500 habitantes. De las 51 muestras recogidas sólo 6 registraron síntomas de contaminación incipiente (10-25 mg/L). La mayor parte del territorio gallego está ocupado por población rural diseminada, lo cual hace que el número de municipios que superan los 500 habitantes sea muy reducido. Además, hay que añadir un problema de representatividad de estas muestras, puesto que en estos núcleos rurales diseminados es donde se concentran las actividades agrícolas y ganaderas, y proliferan los pozos negros debido a que no existen redes de saneamiento.

## 7.2. Contaminación bacteriológica

Araujo (1993) muestra que de un total de 439 muestras recogidas en pozos y manantiales gallegos, el 77% resultaron no ser aptas para consumo desde el punto de vista bacteriológico. Díaz-Fierros y Núñez (1995) presentan los resultados obtenidos en los análisis de aguas de 14 puntos de control de una cuenca de alta densidad ganadera (3,5 unidades ganaderas/ha). En ninguno de ellos se sobrepasa la concentración de nitratos de 25 mg/l a lo largo de los 10 meses de seguimiento, mientras que la mayor parte de los análisis incumplían, debido a los niveles de bacterias, las normas sanitarias para aguas potables e incluso las de aguas aptas para baño, con requerimientos bastante menos estrictos. En la mayoría de las cuencas hidrográficas gallegas se alcanza o supera el valor de 2,5 u.g./ha. Según Varela (1996) a partir de 2 a 2,5 u.g./ha comienzan a notarse incrementos de nitrógeno inorgánico en las aguas superficiales. Si se extrapolasen estos resultados al resto de Galicia (lo cual no parece descabellado dada la homogeneidad litológica, geológica, climática y de usos del suelo) se concluiría que las aguas subterráneas no serían aptas para el consumo humano en la mayoría de los casos.

Tanto las sustancias orgánicas (y algunas inorgánicas) como las bacterias de los purines y lixiviados de fosas sépticas pueden quedar retenidas y/o adsorbidas en la zona vadosa. Sin embargo, en un régimen climático como el de Galicia existen numerosas zonas donde el nivel freático está muy próximo a la superficie topográfica, reduciéndose de manera drástica la capacidad autodepuradora de la zona no saturada (López y col., 1994).

### 7.3. Otros focos de contaminación

En el estudio hidrogeológico realizado por el SGMOPT (1994) en el acuífero aluvial del Bajo Miño, se detectó contaminación:

- 1) Por actividades ganaderas y agrícolas.
- 2) Por actividad industrial; en algunos casos se observan concentraciones de plomo de hasta 0.13 mg/l.
- 3) De origen natural en el valle del río Louro.

Litológicamente esta zona se caracteriza por la presencia de materiales finos de menor permeabilidad con niveles ricos en materia orgánica y turba, que dan como resultado un incremento de salinidad así como un ambiente reductor capaz de movilizar hierro y manganeso, cuya presencia es patente en la zona donde se ubican los pozos de abastecimiento de Tui. Según Xunta (1991) existen procesos de intrusión marina en puntos de las costas norte y occidental como consecuencia de los intensos bombeos de carácter puntual en acuíferos litorales, especialmente en el periodo estival.

## 8. Aspectos medioambientales de las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas constituyen la fuente de alimentación de numerosas zonas húmedas. Este el caso de algunos de los parques naturales más emblemáticos de España como el Parque Nacional de Doñana y el de Las Tablas de Daimiel. Ejemplos de zonas húmedas asociadas a las aguas subterráneas incluyen: la laguna de Antela en Ourense y As Gándaras de Budiño.

Las Gándaras de Budiño (Porriño, Pontevedra) constituyen un ejemplo de zona húmeda asociada a descargas subterráneas. También reciben aportes de aguas superficiales durante las crecidas del río Louro.

Las aguas subterráneas, además, constituyen una fuente de suministro de agua potable especialmente indicada en zonas de alto valor ecológico. A diferencia de las aguas superficiales, que requieren la construcción de obras de captación y distribución, las aguas subterráneas pueden obtenerse en el lugar en el que se requiere el suministro y sus obras de captación introducen menores impactos. Este el caso de caso de las islas atlánticas gallegas (Cíes y Ons) donde el abastecimiento de agua potable se logra mediante aguas subterráneas a las que se llegó a través de pozos verticales y galerías drenantes horizontales.



[Figura 4]

Vista de As Gándaras de Budiño (Porriño, Pontevedra). Constituyen un ejemplo de zona húmeda asociada a descargas subterráneas. Las gándaras también reciben aportes de aguas superficiales en durante las crecidas del río Louro



## 9. Perspectivas

A pesar de que Galicia es una región con abundante pluviosidad, se presentan problemas puntuales de abastecimiento. Las principales causas de los déficits de agua son:

- (1) La mayor demanda motivada por el crecimiento de la población y aumento de las dotaciones brutas por el incremento del nivel de vida.
- (2) Las infraestructuras inadecuadas para atender este crecimiento.
- (3) La degradación de los recursos por contaminación de las aguas superficiales o subterráneas (abonados, infiltraciones de alcantarillado, fosas sépticas...).

Los factores más importantes que contribuyen a estos hechos son:

- (1) El crecimiento urbano e industrial en las áreas de mayor aglomeración.
- (2) La dispersión de la población (que ha conducido a soluciones individuales sin criterios técnicos).

(3) La proliferación de zonas turísticas y de segunda residencia en zonas costeras.

(4) El deficiente estado del saneamiento en los núcleos de población.

Según los estudios realizados en los planes hidrológicos, de los 71 municipios con problemas de abastecimiento, 35 poseen escasos recursos de agua subterránea, no superando los 100 mm/año, o incluso menor (50 mm/año). El resto de los ayuntamientos con restricciones (36) presenta unos recursos medios variables, dependiendo de la litología de la zona, pudiendo oscilar entre los 50 y 300 mm/año. En 9 de ellos se alcanzan valores superiores a 300 mm/año. Por tanto, una buena parte de los municipios deficitarios en Galicia podría mejorar su abastecimiento urbano mediante la captación de aguas subterráneas o, al menos, solventar problemas concretos y en ocasiones de difícil solución a corto plazo.

Se deberá comenzar por la realización de un inventario de puntos de agua mucho más completo que el actualmente disponible. Para ello tendrían que compendiarse los datos disponibles en la base hidrogeológica del ITGE, los recogidos en el estudio de la Xunta (1991), la información sobre aguas minerales y termales, y otros que se hayan podido generar en estudios de detalle tales como el abastecimiento a poblaciones, los estudios para obras civiles de carácter puntual (presas) y lineal (autovías), y otras fuentes varias. Esta detallada recopilación requiere una extensa labor que deberá complementarse con la actualización del inventario.

Por otro lado, además de la mencionada actualización, será necesario elaborar una estadística de captaciones y explotaciones de aguas subterráneas para establecer cuáles son sus usos reales, sus tipos, magnitud, distribución espacial, características, calidad y contaminación y deficiencias.

Sobre la base de la información recogida en los inventarios y estadísticas, y del análisis detallado de las condiciones geológicas se podrán establecer zonas de mayor interés para la profundización del conocimiento hidrogeológico. Una vez identificadas, se realizarán estudios hidrogeológicos de detalle, en cuyo marco será necesaria la construcción de sondeos de investigación con el fin de determinar los parámetros hidrodinámicos del medio subterráneo. Estos estudios de detalle permitirán, además, acotar la magnitud de los recursos y reservas subterráneas, los tiempos de tránsito o renovación de las aguas, y su vulnerabilidad frente a posibles agentes contaminantes. Los datos recogidos durante los últimos 6 años en la cuenca del río Valiñas (Soriano y Samper, 2000 a y b) así como los que se están obteniendo en las islas Cíes y Ons (Ruiz y Samper, 2000) constituyen una muestra de los estudios necesarios para definir los

esquemas de explotación más adecuados para la utilización de aguas subterráneas para el abastecimiento a pequeñas zonas rurales y/o turísticas.

Los sectores de mayor interés, en cuanto a futuros estudios hidrogeológicos se refiere, son los de A Coruña-Ferrol (que incluiría los municipios de Arteixo, Culleredo, Oleiros, Cambre, Ares, Mugardos, Fene y Narón), el de Fisterra-Muros (municipios de Carnota, Corcubión y Cee) y el sector de la ría de Arousa, que comprende dos áreas: al sur O Grove, Meis, Cambados y Vilanova de Arousa, y al norte la zona de Rianxo, Catoira, Dodro y Rois. Otros sectores de interés secundario son los de Verín, cuenca alta del río Sil (con los municipios de Carballeda, Rubiá, Barco, Petín, Larouco y Rúa) y el sector Taboada-Guitiriz, en la provincia de Lugo, que corresponde a una franja de municipios colindantes con los de la provincia de A Coruña.

La extensa contaminación bacteriológica de las aguas subterráneas requiere de un conjunto de medidas por parte tanto de los particulares como de los órganos de la Administración. Por un lado, los ayuntamientos, con el apoyo de las diputaciones provinciales, deberían asumir la protección de la calidad de las fuentes públicas. En muchos casos el problema de la contaminación se debe a un mal estado de la captación (comúnmente las captaciones carecen de un sello que evite la entrada de aguas de escorrentía) que se puede subsanar fácilmente mediante su acondicionamiento. En general, las captaciones unifamiliares no respetan las distancias mínimas a las fosas sépticas, lo cual facilita la contaminación de las aguas subterráneas con aguas residuales. No existen estudios sobre la capacidad depuradora del terreno en las condiciones de Galicia, donde la zona no saturada apenas tiene unos pocos metros. Estos estudios, que no pueden ser abordados por los particulares, deberían ser fomentados desde la Administración con el fin de establecer unas guías prácticas y recomendaciones.

## 10. Recomendaciones

De especial relevancia para Galicia son las conclusiones de las *Jornadas hispano-lusas sobre aguas subterráneas en el noroeste de la península Ibérica* (Samper y col., 2000) que contaron con el apoyo entusiasta de varias consellerías de la Xunta de Galicia, entre ellas la de Medio Ambiente. Se trataba de la primera vez que se celebraban unas jornadas monográficas sobre los aspectos hidrológicos, geológicos, técnicos, sociales y medioambientales de las aguas subterráneas en el noroeste de la península Ibérica. Una de las principales conclu-

siones de las jornadas es que los problemas de las aguas subterráneas son similares en ambos países.

En el ámbito geográfico de Galicia y el norte de Portugal, en el que predominan las formaciones graníticas y metamórficas (esquistos y pizarras), los recursos hídricos subterráneos son más abundantes de lo que generalmente se cree. Cuando están alteradas y fracturadas, estas formaciones son capaces de almacenar grandes volúmenes de agua. Además, acostumbran presentar permeabilidades no desdeñables. En ciertos casos los esquistos suelen ser más productivos que los granitos. Aunque es difícil evaluar la magnitud de sus recursos subterráneos, las estimaciones realizadas en estudios de detalle efectuados en ambos países indican claramente que las aguas subterráneas representan una fracción importante del total del agua de lluvia, que puede oscilar entre el 10 y el 30 %.

Proteger y preservar estos valiosos recursos subterráneos requiere, primeramente, saber cómo funcionan los acuíferos, por dónde se alimentan, cuál es su dinámica y su vulnerabilidad frente a potenciales focos de contaminación. Estas jornadas han puesto de manifiesto que, en general, el grado de conocimiento actual sobre las aguas subterráneas en estas zonas es insuficiente. Se han realizado estudios detallados, especialmente en el norte de Portugal, pero su ámbito es muy restringido. Por lo común se localizan en zonas concretas, careciéndose de estudios de carácter regional. La importancia socioeconómica y estratégica de estos recursos justifica que se deban intensificar estos estudios en el futuro.

Los problemas relacionados con la calidad y la contaminación de las aguas subterráneas son también similares en ambos países. La gran dispersión de la población en estas regiones dificulta la existencia de sistemas de saneamiento compartidos. Frecuentemente el saneamiento es inadecuado. Las fosas sépticas no reúnen los requisitos necesarios para impedir la contaminación de los acuíferos. Las elevadas densidades ganaderas y la excesiva fertilización con purines ocasionan un grave deterioro de la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas. En general las aguas presentan altos índices de contaminación bacteriológica. Aunque de carácter más puntual, existen episodios de contaminación por actividades mineras. Se ha podido constatar la carencia casi absoluta de datos y de redes de control para detectar la presencia de productos fitosanitarios en las aguas subterráneas.

Las actas de las jornadas contienen una serie de recomendaciones tales como:

- (1) Es necesario profundizar en el conocimiento de las aguas subterráneas en el noroeste de la península Ibérica.

- (2) Se debe mejorar las redes de control tanto para el conocimiento del estado de los acuíferos como para caracterizar la calidad de las aguas subterráneas y detectar eventuales episodios de contaminación orgánica y por pesticidas.
- (3) La prevención de la contaminación de las aguas subterráneas requiere de la colaboración entre las administraciones públicas del agua, los hidrogeólogos, los agricultores, los ayuntamientos, los centros de investigación y universidades, para definir e implementar políticas de gestión sostenible de los recursos basadas en códigos de buenas prácticas.
- (4) Es primordial mejorar el diseño, la ejecución, el acabado y abandono de las captaciones de agua subterránea. En muchos casos, las propias captaciones constituyen las vías de entrada de la contaminación a los acuíferos.
- (5) Es urgente la implantación de medidas que impidan los vertidos incontrolados al terreno, los cuales ocasionan la contaminación de las aguas. Es necesaria la implementación de políticas de gestión de los residuos en vertederos controlados.
- (6) Sólo se puede proteger aquello que se aprecia y para apreciar el valor de las aguas subterráneas hay que conocerlas. Por ello, se precisa elaborar programas de información, difusión y educación sobre temas relacionados con las mismas. Las actas y las conclusiones de estas jornadas deberían contribuir a fomentar en la opinión pública la necesidad de protegerlas y utilizarlas de forma sostenible.

### **Agradecimientos**

Una gran parte del conocimiento necesario para la preparación de este capítulo se ha obtenido en el marco de proyectos de investigación financiados por la Consellería de Educación y la Secretaría General de I+D de la Xunta de Galicia (proyectos XUGA94A1180 y PGIDT00PX 111802) así como por la CICYT (AMB95-0997).