

HIDROGEOLOGÍA DE LAS ISLAS **ONS**

RUIZ PICO, Ángel Antonio* y **SAMPER CALVETE, Javier****

(*)Becario de Investigación. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Universidad de A Coruña (España)

(**)Catedrático de Hidrología Subterránea. Presidente AIH-GE. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de A Coruña (España)

RESUMEN

Las Islas Atlánticas Gallegas (**Ons**, Cíes y Sálvora) están en proceso de ser declaradas Parque Nacional para ello cual requiere la planificación y gestión sostenible de sus recursos hídricos. En el marco de esta planificación se están realizando trabajos para la caracterización hidrogeológica de las islas. En esta comunicación se presenta un avance de los estudios hidrogeológicos realizados en la **Isla de Ons** con el fin de: 1) evaluar las condiciones hidrogeológicas actuales, 2) elaborar modelos conceptuales y numéricos del funcionamiento hidrológico e hidrogeológico de la **isla** y 3) proponer recomendaciones para el desarrollo futuro de los recursos hídricos de la **isla**.

Palabras Clave: Hidrogeología de islas, islas **Ons**, granitos, balances hidrológicos

INTRODUCCIÓN

Las pequeñas islas tienen características geológicas, climáticas, hidrogeológicas, demográficas y económicas peculiares. Su caracterización hidrológica e hidrogeológica presenta dificultades relacionadas con:

a) La falta de datos geológicos, hidrogeológicos e hidrometeorológicos. Los trabajos hidrogeológicos realizados en zonas continentales y grandes islas normalmente no son extrapolables a las pequeñas islas. Su estudio requiere metodologías y técnicas específicas en muchos casos inviables económicamente (transporte de material para la realización de ensayos, traslado de personal especializado, colocación de estaciones meteorológicas, perforación de sondeos de investigación, etc).

b) Las dificultades que plantea la caracterización hidrogeológica de formaciones fracturadas. El estudio de estos sistemas es complicado y requiere la aplicación de técnicas y métodos hidrogeológicos no convencionales.

La caracterización de los recursos hídricos de las islas suele presentar problemas asociados con:

a) La calidad de las aguas. La composición química de las aguas subterráneas en pequeñas islas está afectada por: (1) una salinidad del agua meteórica mayor que la de los continentes, (2) fenómenos de intrusión marina provocados por bombeos excesivos, (3) procesos de interacción del agua subterránea con el medio geológico, y (4) procesos de contaminación orgánica.

b) Demanda de agua. Muchas islas cuentan con altas densidades de población que tienen asociadas elevadas demandas de agua. En muchas islas la explotación de los recursos subterráneos tiene un carácter estacional asociado al turismo de la época estival.

c) Condiciones ambientales singulares. La pequeñas islas están expuestas a condiciones climáticas, meteorológicas y geográficas singulares.

Las Islas Ons están situadas en el noroeste de la Península Ibérica en la entrada de la Ría de Pontevedra, al norte de las Islas Cíes (ver Figura 1). Están formadas por 2 islas: Ons y Onza. La isla mayor es Ons. Tiene forma alargada con una longitud de 5.5 km y una anchura de 800 m en la parte central. Abarca una superficie de 428 ha (ver Figura 2). Presenta fuertes relieves con una altura máxima de 128 m. En la vertiente este de la isla se encuentran situadas las viviendas y los escasos cultivos al abrigo de los vientos y tempestades. El mayor núcleo de población se concentra en la localidad de Curro. En el verano se dispone de los servicios de un camping y de un campamento juvenil. La isla de Onza se encuentra al sur de la de Ons. Su superficie abarca 35 ha y está totalmente deshabitada.

Ons es una isla con un marcado interés turístico. Su población varía a lo largo del año desde sólo 20 vecinos en invierno hasta más de 500 personas en verano. La fuente principal de ingresos durante el invierno es la pesca. Los cultivos son escasos y son utilizados para el abastecimiento familiar. En verano se suman a estos ingresos los procedentes del turismo. El interés de la Consellería de Medio Ambiente por el estudio hidrogeológico de la isla de Ons radica en su futura declaración como Parque Nacional junto con las islas Cíes y Sálvora en el denominado Parque Nacional de las Islas Atlánticas.

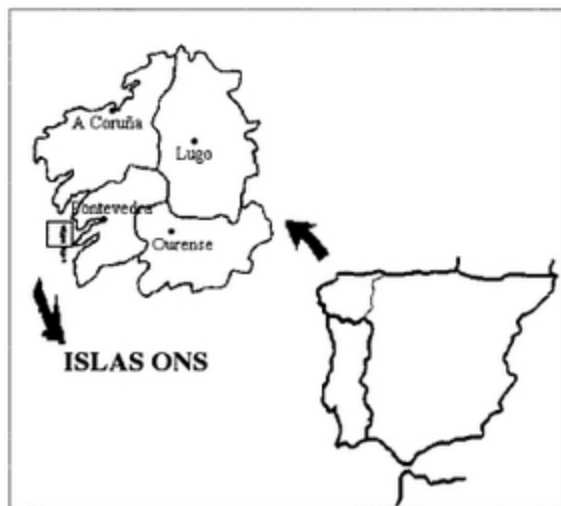


Figura 1. Croquis de situación de las Islas Ons.

La caracterización de los recursos hídricos de las islas suele presentar problemas asociados con:

a) La calidad de las aguas. La composición química de las aguas subterráneas en pequeñas islas está afectada por: (1) una salinidad del agua meteórica mayor que la de los continentes, (2) fenómenos de intrusión marina provocados por bombeos excesivos, (3) procesos de interacción del agua subterránea con el medio geológico, y (4) procesos de contaminación orgánica.

b) Demanda de agua. Muchas islas cuentan con altas densidades de población que tienen asociadas elevadas demandas de agua. En muchas islas la explotación de los recursos subterráneos tiene un carácter estacional asociado al turismo de la época estival.

c) Condiciones ambientales singulares. La pequeñas islas están expuestas a condiciones climáticas, meteorológicas y geográficas singulares.

Las Islas **Ons** están situadas en el noroeste de la Península Ibérica en la entrada de la Ría de Pontevedra, al norte de las Islas Cíes (ver Figura 1). Están formadas por 2 islas: **Ons** y Onza. La isla mayor es **Ons**. Tiene forma alargada con una longitud de 5.5 km y una anchura de 800 m en la parte central. Abarca una superficie de 428 ha (ver Figura 2). Presenta fuertes relieves con una altura máxima de 128 m. En la vertiente este de la isla se encuentran situadas las viviendas y los escasos cultivos al abrigo de los vientos y tempestades. El mayor núcleo de población se concentra en la localidad de Curro. En el verano se dispone de los servicios de un camping y de un campamento juvenil. La isla de Onza se encuentra al sur de la de **Ons**. Su superficie abarca 35 ha y está totalmente deshabitada.

Ons es una **isla** con un marcado interés turístico. Su población varía a lo largo del año desde sólo 20 vecinos en invierno hasta más de 500 personas en verano. La fuente principal de ingresos durante el invierno es la pesca. Los cultivos son escasos y son utilizados para el abastecimiento familiar. En verano se suman a estos ingresos los procedentes del turismo. El interés de la Consellería de Medio Ambiente por el estudio hidrogeológico de la **isla de Ons** radica en su futura declaración como Parque Nacional junto con las islas Cíes y Sálvora en el denominado Parque Nacional de las Islas Atlánticas.

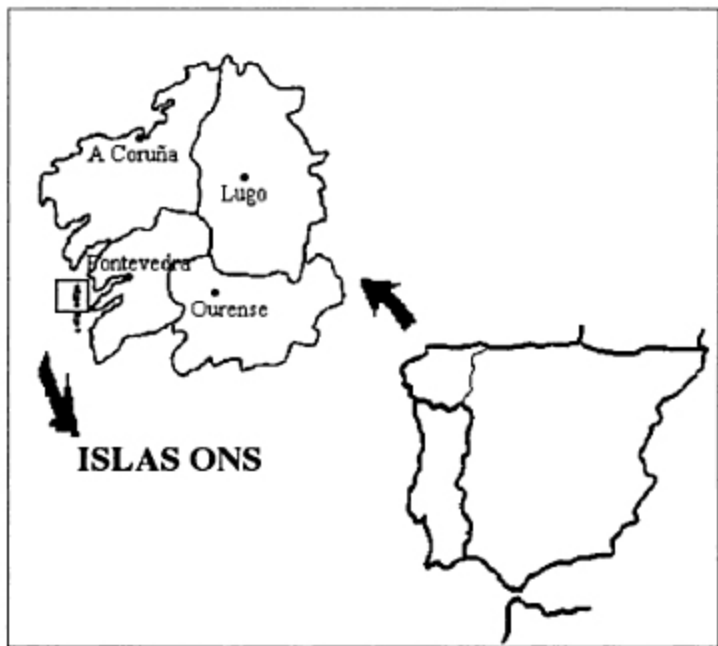


Figura 1. Croquis de situación de las Islas **Ons**.

GEOLOGÍA

La mayor parte de la **isla** está formada por rocas ígneas encuadradas en el denominado Complejo Cabo D'Home – La Lanzada de edad Precámbrico – Silúrico. Al este y en la zona central de la **isla** afloran materiales cuaternarios (ver Figura 2). El granito de feldespatos alcalinos aflora en la mayor parte de la superficie. Se trata de un granito de dos micas de grano medio a grueso. En estos cuerpos ígneos aparecen intruidos filones de cuarzo segregado con buzamiento subvertical enclavados en las etapas tectónicas Hercínicas y Posthercínicas. Afloran tres enclaves de granitoides de afinidad calcoalcalina de grano fino a medio al oeste de la **isla**. Los materiales sedimentarios cuaternarios afloran a lo largo de la costa este de la **isla** en forma de playas, una terraza y una rasa costera. Durante el Ciclo Hercínico tuvieron lugar varias etapas de deformación (Fases I y II), metamorfismo y procesos de granitización que dieron lugar a la formación del cuerpo fundamental de la **isla**. En el Terciario se produjeron ajustes isostáticos de los bloques formados al final de la etapa hercínica. En el Mioceno se produjo un ciclo sedimentario en las pequeñas cuencas intramontañosas formadas en el Terciario. En el Pleistoceno cobraron importancia los fenómenos morfogenéticos ayudados por la actividad cíclica de las glaciaciones, dando lugar a una rasa costera (Chan de la Pólvora). Los depósitos más recientes los constituyen las arenas de playa que corresponden a formaciones de poca potencia situadas a lo largo de la costa este de la **isla**.



LEYENDA



Figura 2. Mapa geológico de las Islas **Ons** en el que se sitúan los manantiales y pozos en los que se han recogido muestras de agua.

nueva estación meteorológica. En principio los datos climáticos de la estación meteorológica de Cies deberían ser extrapolables a **Ons**.

Hidrogeología de la isla de Ons

Desde el punto de vista hidrogeológico, las rocas ígneas cuando están poco o nada alteradas pueden considerarse acuífugos. Las únicas posibilidades de formar buenos acuíferos residen en la zona alterada o en regiones muy fracturadas por fallas y diaclasas que permiten una apreciable circulación del agua. En **Ons** el espesor de suelo edáfico es escaso.

Los manantiales son de pequeño caudal y suele fluctuar a lo largo del año sin llegar a desaparecer en verano. Estas variaciones responden a cambios en los niveles freáticos que a su vez dependen de las relaciones entre la recarga y la descarga. Los niveles presentan una fuerte oscilación estacional como se ha constatado en el sondeo de la casa nº 21 en el que el nivel ascendió desde una profundidad de 17.9 m en julio de 1999 hasta 8,4 m en mayo de 2000 y volvió a descender hasta los 16.34 m en julio de 2000. Teniendo en cuenta que la cota de la boca del sondeo se encuentra a 26.7 m sobre el nivel del mar (medida en la campaña de campo de julio de 2000) , el nivel piezométrico se encuentra a 8.8 m.s.n.m. en julio de 1999, 18.3 m.s.n.m. en mayo de 2000 y 10.36 m.s.n.m. en julio de 2000. Se observa una recuperación de los niveles en invierno provocados tanto por la disminución en el volumen de las extracciones como por la recarga producida por las lluvias. En la Figura 5 se muestra un corte geológico transversal en el que se indican algunos de los rasgos geológicos, la ubicación de los manantiales y el nivel en el pozo de la casa nº 21.

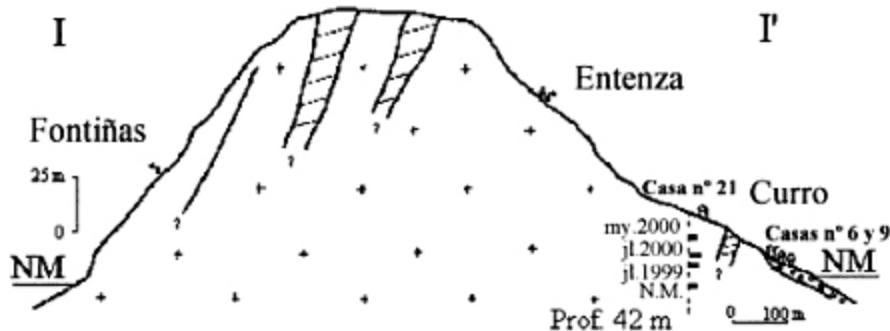


Figura 5. Corte geológico I – I' atravesando los manantiales de Fontiñas y Entenza cuya ubicación se muestra en la Figura 2. Se indica la ubicación de uno de los sondeos (casa 21) en el que se midieron los niveles en julio de 1999 y en mayo y julio de 2000.

HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS

En la Tabla 1 se incluye un resumen de las principales características físico-químicas de las muestras tomadas en julio de 1999 y julio de 2000 en manantiales en la que se muestran la conductividad eléctrica, la temperatura, el pH, la alcalinidad así como los caudales aforados en

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL NOROESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

AS ÁGUAS SUBTERRÁNEAS NO NOROESTE DA PENÍNSULA IBÉRICA



A Coruña, 3-6 de julio de 2000

Editores: J. SAMPER, T. LEITÃO, L. FERNÁNDEZ y L. RIBEIRO



Asociación Internacional de Hidrogeólogos
Grupo Español



Associação Portuguesa dos
Recursos Hídricos



MINISTERIO
DE MEDIO
AMBIENTE
Y TECNOLOGÍA



Instituto Geológico
y Minero de España

© 2000. Todos los derechos reservados.

los manantiales. La Tabla 2 incluye un resumen de las principales características físico-químicas de las muestras tomadas en julio de 1999 y julio de 2000 en sondeos donde se muestran la conductividad eléctrica, la temperatura, el pH y la alcalinidad. Las aguas muestran un marcado carácter ácido. Teniendo en cuenta el pH de las aguas, la alcalinidad se justifica por el bicarbonato y el CO₂ disuelto. Las mayores conductividades aparecen en las aguas de la vertiente oeste de la isla. En todos los casos la conductividad es propia de aguas dulces. Se observan importantes variaciones en los caudales de agua de los manantiales entre julio de 1999 y julio de 2000. Las diferencias más significativas aparecen en los manantiales de Cucorno, Caño y Melide. En julio de 1999 el manantial que presentó el mayor caudal fue Canivelinas (7.14 l/min) y el menor O Gaitero (1.14 l/min) mientras que en julio de 2000 el manantial que presentó el mayor caudal fue Cucorno (13.2 l/min) y el menor O Gaitero (2.22 l/min). En julio de 2000 los manantiales presentaban mayor caudal que en julio de 1999. Estos manantiales mantienen sus caudales a lo largo de todo el año.

MANANTIALES

	Canivelinas		Cucorno		Caño		Melide		O Gaitero		Canexol	Galería
	julio-00	julio-99	julio-00	julio-99	julio-00	julio-99	julio-00	julio-99	julio-00	julio-99	julio-00	julio-00
Conductividad micro-S/cm	694	690	400	417	335	332	415	411	480	541	467	347
Temperatura °C	15.7	17.5	15.1	17	15.9	17	16.7	19.7	15.2	16.1	17.5	15.5
pH	5.2	4.5	5.3	4.4	5.4	4.7	5.4	4.1	5	4.3	5.9	5.3
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	20	120	20	90	20	60	20	135	20	150	30	15
Aforos l/min	7.8	7.14	13.2	4.38	7.2	3.24	3.24	1.62	2.22	1.14	22.8	60

Tabla 1. Medidas de conductividad eléctrica, temperatura, pH y alcalinidad realizadas “in situ” en 5 manantiales. También se muestran los aforos realizados en los manantiales en julio de 1999 y julio de 2000.

SONDEOS

	Campamento juvenil		Depósito general	Casa n° 4	Casa n° 21	Casa n° 27	Casa n° 37 A	Casa n° 41	Casa n° 81 A, B y C	Casa n° 82	Casa n° 83
	julio-00	julio-99	julio-99	julio-00	julio-00	julio-00	julio-00	julio-00	julio-00	julio-00	julio-00
Conductividad micro-S/cm	403	397	410	402	483	465	337	334	467	464	361
Temperatura °C	16.7	17.7	17	17.8	* 18.7	17.5	17.7	17	18.1	16.3	17.6
pH	5.7	5.3	4.5	5.8	6.1	5.6	5.3	5.1	6	5	5.4
Alcalinidad mg/l CaCO ₃	20	120	150	20	20	20	22.5	20	30	20	20

Tabla 2. Medidas de conductividad eléctrica, temperatura, pH y alcalinidad realizadas “in situ” en 12 sondeos y el depósito general de la localidad de Curro en julio de 1999 y julio de 2000. Los asteriscos corresponden a muestras que fueron tomadas en los depósitos, por lo que los valores de temperatura no corresponden a la temperatura del agua en el sondeo.

En la Tabla 3 se resumen las principales relaciones iónicas de las aguas muestreadas en julio de 1999 y en julio de 2000. Las altas concentraciones de Cl⁻, Na⁺ y K⁺ de las muestras tienen su origen en el agua meteórica que en regiones insulares adquiere concentraciones elevadas

(véanse los valores medidos en la isla de Jersey). Las concentraciones de Cl^- del agua de lluvia en regiones insulares varían entre 10 y 40 ppm (en la isla de Jersey la media es de 15 ppm), pudiendo tomar valores de 100 ppm. Las elevadas concentraciones en Cl^- observadas en las muestras se debe a este hecho unido al efecto de los vientos cargados con altas concentraciones en sales que se depositan sobre la isla y son disueltas posteriormente por el agua de lluvia en su recorrido por la superficie.

Las aguas de la vertiente oeste muestran el mayor contenido en Cl^- . Se observa que la relación $r\text{Mg}^{2+}/r\text{Ca}^{2+}$ es elevada en todas las muestras y puede ser debido a la precipitación de CaCO_3 . El agua del manantial de Caniveliñas presenta el mayor contenido en ion Cl^- de todas las aguas muestreadas siendo su relación con el ion SO_4^{2-} la menor de todas las muestras. No se aprecian indicios de contaminación por mezcla con agua marina. Más del 99% de la composición de las muestras de agua tomadas en pozos y manantiales es debida al agua de lluvia.

El análisis y caracterización química de las muestras de agua tomadas en julio de 1999 y en julio de 2000 indica que la mayor parte de las aguas son clorurado-sódicas. En el diagrama de Piper de la Figura 6 se han representado las muestras de agua recogidas, el agua oceánica (MILLERO & SCHREIBER, 1982) así como la del agua de lluvia tomada a partir de los datos presentados por ROBINS ET AL (1994) para la isla de Jersey en el Canal de la Mancha en 1990. Se observa que las aguas muestreadas tienen una composición química muy similar. Además se encuentran cerca de la composición del agua de lluvia.

	r Cl ⁻	r SO ₄ ²⁻	r HCO ₃ ⁻	r Ca ²⁺	r SO ₄ ^{2-"/r Cl⁻}	r Cl ^{-"/r HCO₃⁻}
Agua de lluvia	0.076	0.041	0.002	0.028	0.544	31.975
Agua de mar	556.433	57.587	2.456	21.085	0.103	226.524
Fuente Canivelifiñas	5.264	0.400	0.400	0.510	0.076	13.160
Fuente O Gaitero	3.031	0.318	0.400	0.200	0.105	7.577
Fuente Melide	2.756	0.307	0.400	0.235	0.111	6.889
Fuente Cucorno	2.340	0.524	0.400	0.280	0.224	5.850
Fuente Castello	1.775	0.166	0.400	0.265	0.093	4.438
Fuente del Caño	2.022	0.400	0.400	0.285	0.198	5.056
Fuente Canexol	2.760	0.397	0.600	0.940	0.144	4.600
Cementerio	2.539	0.468	0.600	0.581	0.184	4.232
Fuente Pereiró	2.404	0.340	0.300	0.287	0.141	8.014
Pozo Campamento	2.472	0.370	0.400	0.330	0.150	6.180
Pozo casa 84	2.624	0.304	0.500	0.372	0.116	5.247
Pozo casa 83	2.451	0.277	0.400	0.263	0.113	6.126
Pozo casa 82	3.138	0.422	0.400	0.435	0.134	7.844
Pozo casa 81	2.792	0.414	0.600	0.624	0.148	4.654
Pozo casa 41	2.049	0.558	0.400	0.249	0.272	5.123
Pozo casa 40	2.479	0.297	0.500	0.261	0.120	4.958
Pozo casa 37A	2.020	0.386	0.450	0.288	0.191	4.488
Pozo casa 30	2.334	0.667	0.600	0.759	0.286	3.890
Pozo casa 27	2.508	0.639	0.400	0.630	0.255	6.271
Pozo casa 21	2.750	0.606	0.400	0.673	0.220	6.875
Pozo casa 4	2.437	0.482	0.400	0.401	0.198	6.093
Pozo del Depósito	2.466	0.354	0.400	0.410	0.144	6.166

Tabla 3. Relaciones iónicas de las muestras de **Ons** tomadas en julio de 1999 y julio de 2000. Se han incluido también los datos del agua oceánica (MILLERO & SCHREIBER, 1982) y del agua de lluvia de ROBINS ET AL (1994) para la **isla** de Jersey. (Valores en meq/L).

Se han realizado análisis bacteriológicos. Según la Reglamentación Técnico – Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las Aguas Potables de Consumo Público (B.O.E. núm. 226, de 20 de septiembre) ninguna de las aguas muestreadas reúne los requisitos de potabilidad. Todas presentan contenidos en Coliformes Totales que exceden los límites autorizados. En las fuentes del Caño, Melide también aparecen Coliformes Fecales y Streptococos Fecales. El agua del pozo de la casa 84 presenta Coliformes Fecales. Se detectan bacterias aerobias en todas las muestras excepto en el pozo que llena el depósito que abastece la localidad de Curro.

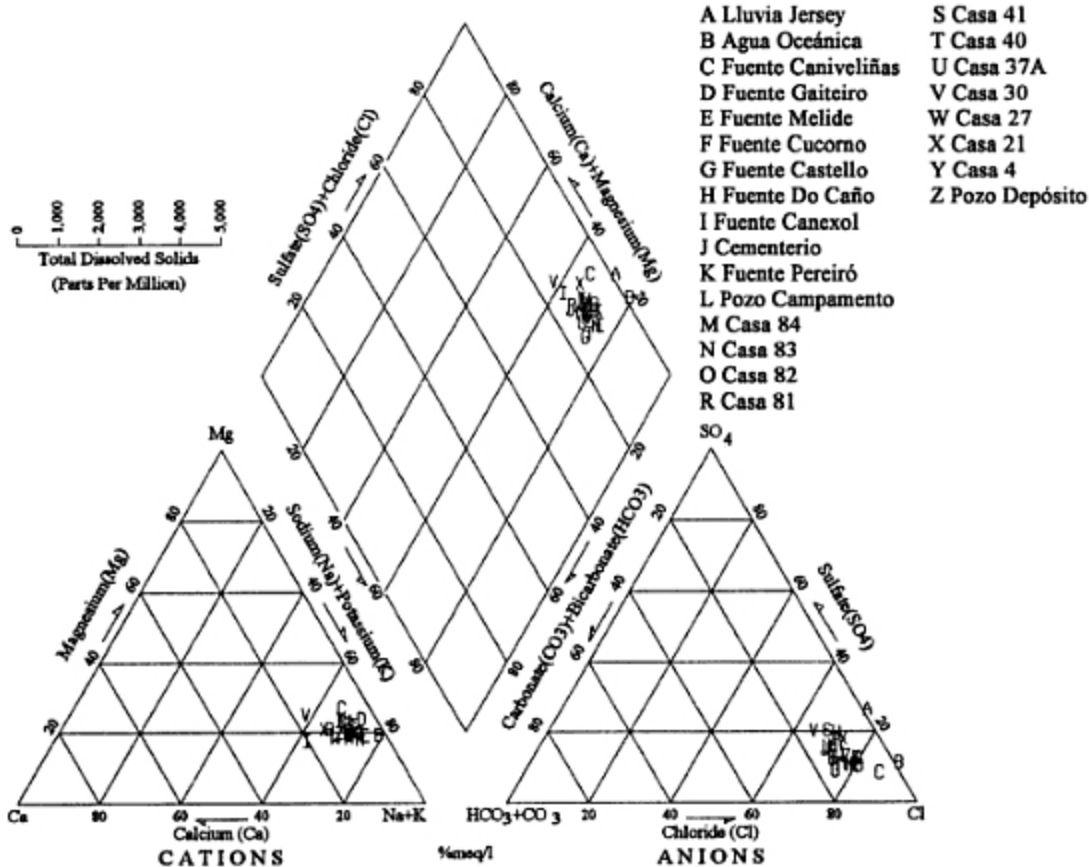


Figura 6. Diagrama de Piper de las muestras de **Ons**, del agua de mar oceánica (MILLERO & SCHREIBER, 1982) y el agua de lluvia de la **Isla** de Jersey de 1990 (ROBINS ET AL, 1994).

BALANCE HÍDRICO

En la realización del balance hídrico preliminar de la isla se ha utilizado el programa informático VISUAL BALAN V. 2.0 (SAMPER ET AL, 1999). El programa VISUAL BALAN realiza balances de agua en (1) el suelo edáfico, (2) en la zona no saturada y (3) en el acuífero. Los términos fundamentales del balance son (1) las entradas por precipitación y riegos, (2) salidas por escorrentía superficial, evapotranspiración, flujo hipodérmico y subterráneo y (3) la

variación del contenido de humedad del suelo, de la zona no saturada y del nivel del agua en el acuífero.

Para la realización del balance hídrico se han utilizado los datos diarios de precipitación y temperatura de la estaciones de Cangas y Sanxenxo del periodo 1994 a 1999, debidamente corregidos para tener en cuenta el efecto de insularidad. Los resultados del balance hídrico preliminar se resumen en la Tabla 4.

Los parámetros característicos utilizados en el balance hídrico están basados en valores tabulados para zonas graníticas. Se ha considerado que el valor de la intercepción es cero debido a la escasa vegetación. Los cultivos tienen una extensión pequeña por lo que las dotaciones de riego también se han considerado iguales a cero. Para determinar la ETP se ha utilizado el método de Thornthwaite y la ETR se ha determinado con el método de Penman-Grindley. La escorrentía superficial se ha calculado con el método del número de curva.

	Valor Medio Anual (mm)
Precipitación	943.6
Recarga en tránsito	393.2
Evapotranspiración potencial	633.7
Evapotranspiración real	476.8
Escorrentía	83.8
Flujo hipodérmico	288.9
Caudal subterráneo	106.6
Caudal total	479.3
Recarga al acuífero	104.3

Tabla 4. Valores medios anuales del balance hídrico en la isla de Ons obtenidos con el programa VISUAL BALAN.

La recarga al acuífero puede determinarse también a partir de la precipitación total anual y de las concentraciones de ion Cl^- en el agua de precipitación (se toma como referencia el agua de lluvia de Jersey) y de recarga (valor medio de las muestras tomadas). El valor calculado de la recarga en el acuífero en estado estacionario es de 136 mm. Este valor concuerda a grandes rasgos con los resultados obtenidos en el balance hídrico preliminar.

USOS DEL AGUA

Los sondeos existentes se encuentran localizados fundamentalmente en la vertiente este de la isla donde se ubica la población. Se han inventariado 53 sondeos, una galería drenante y 12 manantiales y fuentes. Casi la mitad de los sondeos, 26, se encuentran en la localidad de Curro. En el año 1980 se realizaron las primeras 3 perforaciones. En 1986 se perforaron 5 pozos más. En 1990 fueron 9 los sondeos realizados y en 1999 se perforaron más de la mitad de los pozos inventariados. Casi todos ellos presentan características constructivas y usos similares. Sus profundidades oscilan entre 36 y 70 m si bien la mayoría tiene 45 m de profundidad. El diámetro de la entubación es de 12 cm. La potencia de las bombas de extracción varía entre 0.75 y 1.5 CV