

Datos básicos sobre el uso del agua en España: recursos didácticos

Basic data on the use of water in Spain: teaching resources

FERMÍN VILLARROYA¹, EUGENIA GARCÍA², CARMEN REYERO², ÁFRICA DE LA HERA³

¹ Departamento de Geodinámica. Fac. CC. Geológicas. UCM. C/José Antonio Novais, 12. 28040 Madrid.

E-mail: ferminv@ucm.es

² Dpto. Didáctica CC. Experimentales. Facultad de Educación. UCM C/Rector Royo Vilanova s/n. 28040 Madrid.

E-mail: euggarci@edu.ucm.es, creyero@edu.ucm.es

³ Instituto Geológico y Minero de España. C/Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. E-mail: a.delahera@igme.es

Resumen El agua es un recurso con grandes posibilidades didácticas y pedagógicas de aplicación en el aula. Es recurrente su aparición, tanto en los artículos de la revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, como en las sucesivas ediciones de los Simposios de Enseñanza de la Geología. El presente artículo se añade a esa larga lista con la novedad de aportar los datos más recientes sobre el uso de este preciado líquido en España. La entrada de España en la Unión Europea (UE) en 1986, la aparición de la Directiva Marco del Agua (DMA) de la UE en diciembre de 2000 y su adaptación a la legislación española, supusieron una nueva visión en la forma de gestionar el agua. Los viejos paradigmas de desarrollo agrícola, de fomento del regadío, de gestión de la oferta, etc., fueron poco a poco siendo sustituidos por un nuevo enfoque donde el agua se percibe como un bien polifacético: además de impulsor de la economía y el bienestar, se valora también su contenido estético, paisajístico, sostén de ecosistemas, armonizando con la filosofía de la Nueva Cultura del Agua. La profunda crisis económica, los escándalos de corrupción y la relativa bonanza húmeda que atravesamos (salvo el año hidrológico 2013-14 en las cuencas del Segura y Júcar), ha sustraído el debate sobre el agua que tradicionalmente se reproduce con motivos de las elecciones generales y/o de las sequías. Pero es necesario llegar a un amplio consenso o Pacto para, aprendiendo de las lecciones del pasado, mirar al futuro con garantías de una buena gestión del agua. Este artículo presenta los grandes números sobre los recursos y usos del agua en España y, repasa los paradigmas que han regido la política del agua en el siglo XX y arranque del XXI. El artículo afirma que hay margen para la mejora en la gestión de los recursos y recoge seis mecanismos que pueden hacerlo efectivo: una subida del precio del agua que transmita el mensaje de una mayor responsabilidad en su uso, impulsar las comunidades de usuarios de aguas, fomento de los mercados del agua, modernización del regadío, eficiencia en el uso del agua y una mayor transparencia en toda su gestión. Con estas bases se alienta una visión compartida del futuro que se debería materializar con un gran Pacto sobre el Agua. El material que aporta este artículo puede ser aprovechado como herramienta didáctica para fomentar la discusión y el debate en el aula con los alumnos. Se formulan una serie de cuestiones a modo de sugerencia para los docentes para su aplicación en clases y seminarios.

Palabras clave: Aguas subterráneas, España, Pacto del Agua, planificación hidrológica, usos del agua.

Abstract *Water is a great resource for teaching, it provides a wealth of educational opportunities for classroom application. Articles dealing with this issue appear both in the journal *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, and in the various editions of *Symposia of Geology Teaching*. This article adds novelty insofar as it provides recent data on water use in Spain. The entry of Spain in the European Union (EU) in 1986, the publication of EU Water Directive (DMA) in December 2000 and its adaptation to the Spanish legislation, provided a new perspective for water management. The old paradigms of agricultural development, irrigation promotion, supply management, etc., were replaced by a new approach where water is perceived as a versatile good: besides fostering economy and well-being, we appreciate an aesthetic value, landscape content, support of ecosystems, harmonizing with the philosophy of the New Water Culture. The deep economic crisis, the corruption scandals and the relatively humid period that*

Spain is experiencing, have silenced the debate on water that is usually stimulated by general elections and /or droughts. But it is necessary to reach a wide consensus or agreement in order to learn from the lessons of the past and look forward to a future with guarantees of a good water management.

This article presents the main figures on water resources and uses in Spain and revises the paradigms that have governed water politics in the 20th and the beginning of the 21st century. The article states that there is room for improvement in water management and mentions six mechanisms that can make it effective: a rise in the price of water that conveys the message of a greater responsibility in its use; the promotion of water users' communities; favoring water markets; modernization of irrigation; efficiency in the use of the water and a greater transparency in the whole water management process. Based on this, a shared vision of the future should be encouraged to reach a great Water Agreement.

The material provided by this article can be exploited as a teaching tool to encourage discussion and debate in the classroom with students. A number of issues are given as suggestions for teachers to use with the students.

Keywords: Groundwater, hydrologic planning, Spain, Water Agreement, water uses.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo consta de tres partes. En la primera se presentan los datos sobre demandas, usos y recursos tanto de aguas superficiales como subterráneas en España. Se repasan los componentes del ciclo del agua en las diferentes demarcaciones hidrográficas, para concluir que no hay escasez de recursos sino más bien una mala gestión y gobernanza del agua. En la segunda parte, se recogen las enseñanzas derivadas de los cambios de paradigma que han gobernado la gestión de los recursos hídricos en España durante todo el siglo XX y las lecciones aprendidas para orientar correctamente la política del agua en el presente siglo.

Los viejos paradigmas de extensión del regadío, de fomento de grandes infraestructuras hidráulicas, de gestión de la oferta, etc., característicos de finales del siglo XIX y buena parte del XX, fueron poco a poco sustituidos por un nuevo enfoque que percibe el agua como un bien polifacético, donde además de factor impulsor de la economía y el bienestar, se valora su contenido estético, paisajístico, y como sostén de ecosistemas. La tercera parte propone una serie de actividades y sugerencias de posible aplicación en el aula que los docentes sabrán adaptar a las necesidades cambiantes del alumnado.

El momento presente deja importantes dudas sobre el devenir que adquirirá la planificación hidrológica en nuestro país, a merced de los vaivenes de los cambios de gobierno, de la presión que ejercen sobre el agua las Comunidades Autónomas y otros factores de incertidumbre como la política agraria de la UE, el cambio climático, y la nueva visión de los recursos introducida por la huella hidrológica y el agua virtual, entre otros. Se hace necesario un debate sobre el agua con proyecto de pacto de futuro para mantener una política hidráulica al margen de los vaivenes políticos y acorde con los grandes objetivos que plantea la Directiva marco del Agua (DMA, 2000) y que hoy día constituyen un verdadero reto para los gestores y administradores del agua en España. Este necesario debate o al menos algunos de sus

aspectos -adaptado a las capacidades de los jóvenes estudiantes- puede empezar a introducirse en los últimos estadios de la Enseñanza Secundaria.

ORIGEN Y USOS DEL AGUA EN ESPAÑA

Desde hace años se habla de los colores del agua (Llamas, 2005) hasta el punto de que ya forma parte del acervo cultural en su gestión: *agua verde* es el agua de lluvia que queda retenida en los suelos y es utilizada de forma natural por las plantas y el cultivo de secano, mientras que el *agua azul* es el agua de los ríos y acuíferos y que para su uso tiene que intervenir el hombre y en muchos casos supone un gasto de energía. Los datos obtenidos de De Stefano *et al.* (2013a,b; 2014), Garrido y Llamas (2009), Aldaya y Llamas (2012) y las páginas web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) y del Instituto Nacional de Estadística (INE), conducen a las cifras que a continuación se exponen en las tablas I y II (para el año 2010, última fecha de la que se disponen de datos globales). A grandes rasgos, se desprende que el regadío es el gran consumidor de agua azul (el 82% del total) y que sólo una quinta parte del agua azul usada en España es de origen subterráneo.

Combinando y redondeando las cifras de las tablas, resulta que aproximadamente el 29% del regadío en España se produce con aguas subterráneas y consume el 18% del total del agua dedicada a dicho uso. Las aguas superficiales, mientras tanto, cubren el 71% de los regadíos y consumen del 82% del agua azul. Esto implica que la dotación media por hectárea es de 8.860 m³/ha/año para riegos con agua superficial, y de 4.670 si son con aguas subterráneas. Estas cifras admiten muchas interpretaciones, pero parecen indicar que los riegos con aguas subterráneas son mucho más eficientes que los producidos con aguas superficiales. Una probable explicación de este hecho estriba en que de *facto*, las aguas subterráneas en su gran mayoría son extraídas por pozos de propiedad privada, y de esta forma

	AGUA UTILIZADA hm ³ /AÑO	AGUA UTILIZADA hm ³ /AÑO	TOTAL hm ³ /AÑO
Destino	Agricultura	Urbano e Industrial	
	24.500	5.500	30.000
	82%	18%	100%
Origen	Superficial	Subterránea	
	24.200	5.800	30.000
	80%	20%	100%
Agricultura	20.200	4.300	24.500
	82%	18%	100%
Urbano	2.600	1.100	3.700
	70%	30%	100%
Industrial	1.400	400	1.800
	78%	22%	100%
Agua Superficial	Agricultura	Urbano e industrial	
	20.200	2.600 + 1.400	24.200
	84%	16%	100%
Agua Subterránea	4.300	1.100 + 400	5.800
	74%	26%	100%

Tabla I. Destino, origen del agua y volúmenes empleados (diversas fuentes citadas en el texto).

Área regada	=	Con agua superficial	+	Con agua Subterránea
3.200.000 ha	=	2.280.000 ha	+	920.000 ha
100%	=	71%	+	29%
Dotaciones medias: Agua Superficial: 8.860 m ³ /ha/año; Agua subterránea: 4.670 m ³ /ha/año				

Tabla II. Superficie de regadío y origen del agua

se tiende a realizar un uso eficiente de la misma, dado que el agricultor cubre por su cuenta todos los gastos de extracción. Por el contrario, la mayor parte de las aguas superficiales son de propiedad pública y se sirven a muy bajo precio o mediante concesiones de uso ventajosas para sus usuarios.

Un sector de particular importancia es el abastecimiento urbano donde las aguas subterráneas también juegan un papel relevante en determinadas áreas. Las cifras de la Tabla 1 se refieren al conjunto de toda España y no reflejan las circunstancias especiales que se dan en algunas regiones. Por ejemplo en la cuenca mediterránea andaluza las aguas subterráneas contribuyen con un 51% al agua destinada al abastecimiento urbano; 49% en Canarias (incluyendo la desalación); 43% en la cuenca del Júcar, todo ello frente al 30% estimado para España en su totalidad.

España tiene una superficie de 506.470 km², con unos 46,46 millones de habitantes (julio de 2014), de los cuales unos 4,53 millones son extranjeros (INE, 2015). Los turistas que visitan España son desde hace una década entre 50 y 60 millones (61,7 millones en los once primeros meses de 2014 según IET, 2015). La densidad de población resultante es de 91,7 h/km². Lo que es más relevante desde el punto de vista de la gestión de los recursos hídricos es que el 78% de la población vive en medios urbanos densos. Cada año se destinan unos 1.100 hm³ de aguas subterráneas para el abastecimiento de

unos 12,5 millones de personas (el 26,7% de la población) (Garrido y Llamas, 2009). Es decir, se dedica casi una quinta parte del volumen extraído de los acuíferos para uso urbano. Este porcentaje sin embargo en ciudades de menos de 20.000 habitantes, es mucho mayor, donde el 70% del agua empleada en el abastecimiento es de origen subterráneo. En las grandes ciudades de más de 20.000 habitantes, las aguas subterráneas contribuyen con un 22% a su abastecimiento. Se estima que más del 70% de los núcleos urbanos de España se abastecen exclusivamente con aguas subterráneas (Maestu y del Villar, 2007). En el medio urbano, del total del agua utilizada, el 70% es para uso domiciliario, el 20% va destinado a hoteles, pequeña industria y otros servicios, y el 10% restante a jardinería, baldeo de calles y ornamentación.

Es interesante hacer notar que en general, las dotaciones (referidas en L/h/día) en ciudades como Barcelona y Madrid no han aumentado significativamente en los últimos años, lo cual induce a pensar que se ha avanzado en eficiencia al menos en las grandes urbes. Esto con toda probabilidad no es extensible a ciudades de tamaño medio y pequeño. En Madrid la dotación desde hace más de una década es de unos 300 L/h/día. Esta cantidad incluye: fugas de la red (donde según Cabrera *et al.* 2009 las pérdidas en las redes de distribución en España son del orden del 25%); gastos de mantenimiento de jardines, viales y la pequeña industria asociada a una

ciudad. Lo que realmente consume un ciudadano en su vivienda particular es, por lo tanto, inferior a los mencionados 300 L/h/día. Por ejemplo en Barcelona se acerca a los 125 L/h/día mientras que en España es del orden de los 144 L/h/día (Sahuquillo *et al.* 2009, INE, 2013). Se estima que en las quince ciudades más pobladas de España el gasto familiar por vivienda en agua es de unos 80€/año lo que supone tan solo el 0,71% de los gastos de la economía familiar, muy por debajo de lo que una unidad familiar gasta en electricidad (299€/año) o telefonía (338€/año) (Albiol y Bru, 2013). El gasto en agua, supone una cantidad relativamente baja por lo cual difícilmente invita a ser moderados en el consumo. Se impone un aumento en el precio del agua tanto para realizar un ahorro efectivo en el uso de la misma, como para recuperar los costes por el servicio prestado, como preconiza la DMA. El precio del agua varía mucho de unas ciudades a otras, e igualmente entre unas Comunidades Autónomas y otras. Según AEAS (2009), las tarifas más altas están en Canarias (2,65 €/m³) y Murcia (2,34 €/m³), mientras que en Castilla-León la media es de 0,94 €/m³. En Barcelona el precio ronda los 1,9 €/m³, 1,7 €/m³ en Madrid, mientras que Palencia, Santander, Castellón y León ocupan los últimos lugares con precios inferiores a los 0,6 €/m³ (Cabrera *et al.* 2009; López-Geta *et al.* 2009). El precio no refleja la escasez del recurso, lo cual rompe uno de los esquemas básicos de políticas tarifarias y de mercado. La media en España para el año 2011 está en 1,72 €/m³ (Albiol y Bru, 2013) y en este precio suele estar incluida la depuración del

agua. En el futuro inmediato todos estos precios se deberían revisar al alza (p.e. duplicar o triplicar) al aplicar el principio de la recuperación total de costes que establece el Art. 9 de la DMA. Se produce un efecto de escala dado que en las ciudades populosas la repercusión del coste del ciclo integral del agua supone implantar precios del agua más bajos que lo que ocurre en las pequeñas poblaciones.

En resumen, las aguas subterráneas tienen este destino:

- 4.300 hm³/año (el 74% del total de aguas extraídas de los acuíferos) destinado al regadío de 920.000 ha.
- 1.100 hm³/año (el 19% del total de aguas extraídas de los acuíferos), destinado a usos urbanos.
- 400 hm³/año (el 7% restante) destinado a usos industriales.

EL CICLO DEL AGUA EN ESPAÑA Y RECURSOS DISPONIBLES

La Tabla III contiene los datos del ciclo del agua en las diferentes cuencas peninsulares españolas así como los archipiélagos canario y balear. Destaca que la escorrentía total es de unos 111.186 hm³/año. Los recursos subterráneos tradicionalmente asignados han sido alrededor de los 20.000 hm³/año. Sin embargo actualmente se eleva esta cifra hasta casi los 30.000 hm³/año teniendo en cuenta las aportaciones de terrenos considerados usualmente como

Tabla III. Componentes del ciclo del agua en las diferentes demarcaciones hidrográficas de España. (1) ETP: Evapotranspiración potencial. (2) ETR: Evapotranspiración real. (3) Aportación: Volumen total de agua de los ríos. La escorrentía básica está integrada en la aportación de los ríos. Los datos hidrológicos son del período 1940/41-1995/96. Fuente: Modificado a partir de: MIMAM (2000), López-Geta (2000), Martínez-Cortina (2009), PHT (2013).

	SUPERFICIE x10 ³ .km ²	PRECIPITACIÓN mm/año	ETP (1) mm/año	ETR (2) mm/año	APORTACIÓN TOTAL hm ³ /año (3)	ESCORRENTÍA BÁSICA AA. SUBTERRÁNEAS hm ³ /año	PRESAS hm ³
Norte I	17,60	1.284	709	563	12.689	2.745	
Norte II	17,33	1.405	653	604	13.881	5.077	-
Norte III	5,72	1.606	695	673	5.337	894	-
Galicia costa	13,13	1.577	737	644	12.250	2.234	3.655
Duero	78,96	625	759	452	13.660	3.000	7.463
Tajo	55,81	655	898	460	10.833	2.393	10.974
Guadiana I	53,18	521	977	438	4.414	687	9.659
Guadiana II	7,03	662	1.075	511	1.061	63	-
Guadalquivir	63,24	591	991	455	8.601	2.343	8.782
Cuencas Medite- rráneas Andaluzas	17,95	530	969	399	2.351	680	1.041
Segura	19,12	383	963	341	803	588	1.129
Júcar	42,90	504	881	424	3.432	2.492	3.346
Ebro	85,56	682	792	472	17.967	4.614	6.504
Cuencas internas de Cataluña	16,49	734	792	565	2.787	909	740
Baleares	5,01	595	896	463	661	508	11
Canarias	7,44	302	1.057	247	409	681	101
Media o total							
Cifras en km ²	506.470						
Cifras en mm		684	862	464			
Cifras en hm ³		346.425		235.239	111.186	29.908	53.405

impermeables (principalmente los materiales ígneos y metamórficos del interior peninsular). Por lo tanto los recursos renovables de nuestros acuíferos (aproximadamente equivalentes a la recarga de los acuíferos) se fijan en los 30.000 hm³/año que viene a suponer casi el 9% de la precipitación, y que son los que en muchas ocasiones mantienen agua en los cauces durante las épocas de estiaje (nótese que los mencionados 30.000 hm³/año -29.908 en la tabla III- están incluidos en la escorrentía total (111.186 hm³/año).

España dispone de 3.347 estaciones meteorológicas oficiales (de ellas 109 principales, 766 automáticas y 2.472 sólo pluviométricas) si bien la cifra se eleva a más de 5.200 si se tienen en cuenta otras estaciones no oficiales (AEMET, 2011). La precipitación media es de 684 mm/año. El volumen de agua de la precipitación es de unos 346.400 hm³/año. Los valores medios que refleja la tabla son muy poco significativos al mezclar datos procedentes de cuencas tan diferentes como pueden ser Galicia-Costa y Segura. Así una cartografía del territorio español donde realmente llueva 684 mm (la media estatal) mostraría una distribución territorial de pequeña extensión. Lo que importa es la realidad territorial y las variaciones extremas de los eventos hidrológicos que se dan en cada cuenca.

La evapotranspiración real media (ETR) es de unos 464 mm/año (frente a los 862 mm/año de la evapotranspiración potencial media, ETP). Con objeto de regular la escorrentía, hay unas 1.300 presas (lo cual significa que España ocupa el cuarto puesto del mundo en número de presas solo detrás de EEUU, India y China), con capacidad nominal de embalse de unos 53.400 hm³, en realidad 40.000 hm³ si se tienen en cuenta márgenes de seguridad y capacidad disponible para laminación de posibles avenidas. Aun así, las presas controlan el 36% de la escorrentía. En otros países, sin embargo, la capacidad de regulación (sobre el total de la escorrentía) es notablemente inferior: la media europea es 14% y 19% en EEUU. Esto significa que en España, debido a la irregularidad de las precipitaciones y el mayor uso que se hace de las aguas superficiales, tal como se ha visto anteriormente, se necesita disponer de una mayor capacidad de regulación de la escorrentía que compense dicha irregularidad, mientras que en los países del norte de Europa, dada la regularidad

de los flujos fluviales, esto no es tan necesario.

En cuanto al agua subterránea, se han catalogado 753 masas que se extienden por el 71 % del territorio español. Las masas de agua subterránea almacenan (en una aproximación conservadora) entre 150.000 y 300.000 hm³ en solo sus 200 primeros metros saturados (Custodio *et al.* 2009).

Por lo que concierne a recursos no convencionales, España es el quinto país del mundo en cuanto al número de desaladoras (cerca de 950, en su mayoría pequeñas y de propiedad privada), con una capacidad de producción de 1,5-2 hm³/día. Estevan (2008) estima que a corto plazo se pueden llegar a obtener por desalación unos 700 hm³/año; de ellos, el 66% destinado a consumo urbano y el 34% restante para agricultura. Las desaladoras del plan AGUA (*Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua*) (MIMAM, 2005) previstas por el gobierno en el año 2005 nunca se llegaron a construir en su totalidad, y las construidas no funcionan a plena capacidad por falta de demanda. Se ha avanzado notablemente en la tecnología hasta tal punto que se puede desalar un m³ de agua marina con 3,5-3,7 kWh. El problema importante es que el precio de la electricidad en España es de los más altos de Europa (0,16 €/kWh, frente a los 0,135 € de media, en Europa). Por otro lado, en el año 2012 se reúsan y reciclan unos 500 hm³/año (solo el 11% del agua utilizada en usos urbanos e industriales, según García Calvo, 2012). Finalmente la recarga de acuíferos suponía unos 380 hm³/año en el 2009 (Fernández-Escalante, 2010).

Para acabar este panorama sobre los recursos y usos del agua en España antes de analizar las políticas del agua que se han venido sucediendo, presentamos en la tabla IV datos sobre usos del agua, su contribución al Producto Interior Bruto (PIB) por sectores y población activa implicada. La tabla contiene un dato elocuente: la agricultura que requiere el 80% del total del agua utilizada, tan solo supuso el 2,7% del PIB, y proporcionó empleo al 4,6% de la mano de obra en el año 2014.

Parece contundente que hay usos que demandan comparativamente poca agua y que contribuyen notablemente a la ocupación de mano de obra así como al PIB; por ello, con una reasignación moderada de usos, disminuyendo los poco eficientes, se pueden liberar enormes volúmenes de agua para destinar a abastecimientos, turismo, industria o regadíos efi-

Usos	CONSUMO DE AGUA	PIB (2013)(*)	POBLACIÓN ACTIVA (2014) (**)
Sector Primario (Agricultura, Ganadería y Pesca)	80%	2,7%	4,6%
Urbano	14,5%	-	-
Sector Secundario Industria Energía Construcción	2,0%	16,9% 9,1%	14,0% 6,4%
Sector Terciario Servicios, Comercio Transporte Turismo	3,5%	56,1% 15,2%	75%
Total	100%	100% 1.022.988 M€	100%:16.950.600 empleados

Tabla IV. Estadística sobre usos del agua y empleo (INE 2014, Economy Weblog 2014). (*) Producto Interior Bruto. (**) Para Abril de 2014 cuando había 5.933.000 de personas en paro (el 25,9% de la población activa).

cientes. Estas cifras deberían hacer pensar a los gestores y planificadores del agua sobre su uso eficiente.

Como resumen se puede afirmar que para hacer frente a los 30.000 hm³/año que supone el uso de agua en España (de ellos no todos son usos consuntivos¹) se dispone de una escorrentía básica en las cuencas fluviales del mismo valor aproximadamente, más una capacidad de embalse en las presas de 40.000 hm³/año, más unas reservas subterráneas de entre 150.000 y 300.000 hm³, más otros 1.000 hm³ procedentes de la desalación y la reutilización (ambos con tendencia a aumentar en los próximos años). Destaca el elevado consumo de agua que supone la agricultura con una escasa contribución al PIB. Sin poner en cuestión la importancia de la agricultura, sí es cuestionable el mantenimiento de grandes extensiones de regadío con escaso rendimiento económico y gran demanda de agua. Esto es lo que se debería revisar y en su caso reasignar. En consecuencia no parece que exista escasez de recursos. Si se dan problemas puntuales hay que achacarlos a defectos en la gestión y control del agua. En cualquier caso las cuentas del agua presentadas en esta primera parte sirven para saber dónde, cuánta y cómo el agua está siendo utilizada y su disponibilidad, necesarias para una correcta gestión. En este análisis no se ha tenido en cuenta la calidad o estado ecológico de las aguas, factor muy importante pero que se sale del marco de este artículo.

ARGUMENTOS A TENER EN CUENTA EN LA POLÍTICA DEL AGUA

Una vez presentados los datos sobre los recursos y usos del agua, se da cuenta de una serie de hechos básicos para la gestión de los recursos hídricos en España.

Faltan por inscribirse un buen número de captaciones en uso (pozos y manantiales) en el Libro de Aguas de las Confederaciones y Agencias del Agua² (Llamas *et al.* 2015). No se sabe con certeza el número de captaciones de aguas subterráneas existentes en España. Si se tiene en cuenta también a los pozos y sondeos en desuso y/o abandonados, es probable que el número rebase ampliamente la cifra del millón y medio. Los pozos en desuso también deben preocupar a la administración hidráulica puesto que pueden constituirse en fuentes de contaminación puntual. Todo ello supone un des-

¹ *Uso consuntivo según Vickers (2001) es el agua usada que se detrae de forma permanente de su fuente u origen; agua que nunca más estará disponible puesto que se ha evaporado, transpirado por las plantas, incorporada a un producto o cosecha (agua virtual), consumida por las personas o ganadería, o eliminada del medio acuático ambiental. El agua aplicada al regadío es el mejor ejemplo.*

² *El libro de Aguas consta de Registro y Catálogo. El Registro de Aguas comprende los pozos con concesión (sección A), los pozos de menos de 7.000 m³/año (sección B) y las aguas privadas con derecho a protección administrativa (sección C). En el Catálogo quedan inscritas legalmente las captaciones privadas sin derecho a protección administrativa.*

control de las aguas subterráneas y una clara falta de oportunidad para gestionar correctamente los recursos disponibles y poner en juego alguno de los instrumentos (mercados de agua, reasignación de usos) que permite la Ley de Aguas. En cuanto a las aguas superficiales, en principio su gestión es menos dificultosa. En general los riegos con aguas superficiales proceden de aguas de dominio público que se sirven normalmente mediante canalización y compuertas y “los señores de la compuerta” suelen ser pocos, cuando no lo es el propio estado. De las 6.600 Asociaciones de Usuarios de Aguas existentes, 564 son de aguas subterráneas (normalmente procedentes de uno o varios pozos) y el resto, unas 6.100, de aguas superficiales (De Stefano y Llamas, 2012). Estas Asociaciones gestionan unas 2.600.000 ha, es decir el 76% de los regadíos de España. Específicamente de acuíferos (no confundir con un simple pozo/s) hay todavía pocas asociaciones en España: dentro de ellas las más significativas son la *Comunidad de Usuarios del acuífero del Delta del Llobregat* por ser la más antigua (si bien el uso del acuífero principalmente es urbano e industrial y no agrícola) y la *Comunidad General de Usuarios del Acuífero 23*, por la gran extensión (5.500 km²) y envergadura del problema de sobreexplotación del acuífero. Es necesario apoyar la creación de comunidades de usuarios como una herramienta contemplada en la Ley de Aguas que fomente la subsidiariedad y el control de la explotación de los acuíferos por los propios interesados.

Hay otras carencias que dificultan una gobernabilidad ágil y eficaz de las aguas; tales como la falta de transparencia en la gestión de la administración hidráulica (Hernández-Mora y de Stefano, 2011), el débil cumplimiento de las leyes, la inadecuada política de precios del agua antes comentada, el escaso desarrollo de las estructuras de participación ciudadana, y la presión de las Autonomías sobre la gestión del agua, entre otras. Quizá una de las mayores dificultades para entrar en una moderna gestión de las aguas acorde con los postulados de la DMA estriba en que, en líneas generales, los organismos de cuenca siguen con una visión orientada más bien a la oferta de recursos hídricos con apoyo de grupos de presión y de prensa, cuando los aires que soplan desde la DMA se dirigen a la conservación de los ecosistemas acuáticos. Si éstos cumplen sus servicios, es garantía de la cantidad y calidad del agua para cubrir los abastecimientos. Dicho de otra forma, no es posible garantizar los usos urbanos e industriales si los ecosistemas dependientes del agua no están perfectamente conservados y cumpliendo sus funciones (Hernández-Mora, 2013, De la Hera y Villarroja, 2013, Bocanegra *et al.* 2012).

CAMBIOS DE PARADIGMAS EN LA POLÍTICA DEL AGUA EN ESPAÑA

En un trabajo anterior (Villarroja *et al.* 2010) se expusieron los cambios producidos en la gestión del agua en España, desde una visión de “misión hidráulica” propugnada por los regeneracionistas, hasta los nuevos aires frescos de la DMA. En el siglo

XX y finales del XIX lo imperativo era el desarrollo de infraestructuras basado en una situación donde el sector primario (la agricultura) era el objetivo primordial de toda la política hidráulica, a espaldas del medio ambiente. Una frase que simboliza el pensamiento de aquella época es la atribuida a Mendizábal que afirmaba que “España no será rica mientras los ríos desemboquen en el mar” (Sánchez-Candelas, 2013). De acuerdo con Estevan (2008) el fracaso del desarrollismo hidráulico preconizado por los regeneracionistas, se pone de manifiesto de “modo difícilmente refutable cuando se constata que a comienzos del siglo XXI la cuestión del agua en España sigue manteniendo un grado insólito de incertidumbre y conflictividad”. Todavía hoy día siguen vigentes en el imaginario colectivo de la sociedad española las viejas ideas tales como “cuencas excedentarias y deficitarias” (y por lo tanto la necesidad de trasvasar de donde sobra a donde falta),” agua que los ríos pierden llevándolas al mar”, etc. Incluso en la administración hidráulica y en el ámbito académico y universitario relacionado con la materia persisten estas ideas (Estevan, 2008), que poco a poco dan paso al nuevo paradigma preconizado por la DMA (Villarroya, 2002 y 2005) y la Nueva Cultura del Agua (NCA, 2005).

En las últimas décadas se ha asistido a un vertiginoso cambio de las variables socioeconómicas y de percepción de la sociedad relativa a los valores del agua, que ha supuesto notables cambios en la visión (paradigmas) del agua, al tiempo que se han producido notables cambios en el sector de población dedicado a los sectores primario, secundario y terciario (Tabla IV). El nuevo paradigma es que toda gestión del agua debe atenerse a conseguir el buen estado ecológico persistente de los ecosistemas (fundamentalmente acuáticos, sin olvidar los terrestres dependientes de aguas subterráneas) y a un uso económicamente racional que se ajuste a la DMA. De todo ello se derivan unas enseñanzas de cara al futuro.

RETOS PENDIENTES Y BASES PARA UN PACTO

No sólo hay que tener los colores del agua en cuenta a la hora de programar un horizonte de planificación hidrológica, también el agua virtual y la huella hidrológica extendida (es decir que tenga en cuenta la contabilidad económica) (Aldaya *et al.* 2009). El Art. 9 de la DMA exige la recuperación de los costes íntegros relacionados con el agua, y que los costes que su gestión conlleva sean soportados por la acción recaudatoria aplicada acorde con el mencionado artículo 9. Es necesario por lo tanto gestionar el agua bajo una estricta óptica económica, que tenga en cuenta el coste de oportunidad y las externalidades. La Instrucción de Planificación Hidrológica (BOE, 2008) establece que a la hora de elaborar los planes hidrológicos de cuenca (tarea que debió acabarse en 2009, y que con enorme retraso ha finalizado -con la excepción de Canarias- en diciembre de 2014), se debe hacer un “análisis de la huella hidrológica de los distintos sectores socioeconómicos, entendida como la suma total de agua utilizada de origen interno y del saldo neto de agua

importada y exportada, en cada demarcación”. Si esta instrucción se cumple debidamente, deberá marcar un importante jalón en la política hidrológica del futuro. La tabla IV es muy elocuente sobre la dedicación de un 80% del uso del agua en el regadío para producir el 2,7% del PIB.

No todo en el mundo del agua es cuantificable o mensurable. Tan importantes como los valores tangibles son los intangibles (valor emocional, paisajístico, cultural, espiritual, etc.) (Aldaya y Llamas, 2012), y como advierten estos autores “si se ignoran o subestiman estos elementos intangibles, la gestión del agua puede desembocar en situaciones de muy difícil resolución”.

Conviene destacar la importancia del agua verde, que hasta ahora apenas se ha considerado en la planificación. España es una gran importadora de agua verde virtual por medio de la adquisición de cereales y grano de bajo valor económico pero de gran contenido en agua virtual (crecidos con agua verde en otros países) dedicados fundamentalmente a la alimentación de la cabaña (Rodríguez-Casado *et al.* 2009). Este comercio de agua virtual es un nuevo valor a tener en cuenta al permitir un abastecimiento seguro en épocas de sequía.

La gestión del agua encaminada a satisfacer las demandas industriales, urbanas, y agrícolas debe contemplar al medio ambiente como otro importante usuario. La conservación de los ecosistemas terrestres y acuáticos y los importantes servicios³ que prestan a la sociedad, tal como requiere la DMA, es la mejor garantía de procurar agua de calidad y en cantidad para los abastecimientos urbanos.

La transparencia y la participación ciudadana vienen obligadas por la Directiva Marco del Agua. Cuanta mayor formación, información y participación sea capaz de generar la administración hidráulica, mayor será la resiliencia ante futuros episodios de escasez y sequías. Todo ello desemboca a una gestión racional, reflexiva y participativa bajo el escenario que señala la DMA. En este contexto hay que situar a las Comunidades de Usuarios de Aguas y a las Comunidades de Usuarios de Acuíferos, algunas de ellas con larga tradición en España, y que se debería seguir fomentando.

Hay todavía margen para quitar presión a la olla hídrica (Aldaya y Llamas, 2012). Por un lado queda un largo camino por recorrer en temas de eficiencia en el regadío. Según INE (2013), en el año 2010 se aplicaron 6.924 hm³ de agua mediante riego por gravedad frente a los 5.299 hm³ por goteo y los 3.894 hm³ por aspersión. Por tanto el 42% del riego se sigue efectuando de forma poco eficiente.

Los mercados del agua, que ya se están aplicando en España, han venido a solucionar problemas de escasez hídrica en algunos años (como por ejemplo el intercambio de derechos en el Acueducto Tajo-Segura con regantes de Estremera en Madrid, o la cesión temporal de derechos de los regantes del Canal del Henares a favor de la Mancomunidad del

³ Se entiende por servicio que presta un ecosistema, toda función o proceso de un ecosistema que ocurre de manera natural y que es aprovechado de alguna forma por los seres humanos (Bocanegra *et al.*, 2012).

Sorbe y abastecimiento urbano de Guadalajara y poblaciones aledañas, por citar solo dos casos), pero es necesario continuar con este esfuerzo.

No hay que olvidar que la política del agua está vinculada al territorio y que los cambios en el uso del suelo que se producen en la cuenca hidrológica (forestación, política agrícola de la PAC, urbanización, principalmente) afectan a la escorrentía y a la infiltración y sus efectos sobre los caudales circulantes en los cauces son muy importantes (Willaarts, 2012, Willaarts *et al.* 2012).

Todo lo expuesto hasta aquí requiere la acción sostenida de la administración y por lo tanto volviendo al trabajo de Aldaya y Llamas (2012) “*El agua en España bases para un Pacto de futuro*” se hace necesario un Pacto de Estado sobre el Agua con una visión compartida del futuro. Un Pacto que se reclama y que no puede esperar.

IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Este último apartado se dedica a la aplicación en el aula de los datos e ideas vertidos en los apartados precedentes. Como se ha mencionado anteriormente, la participación ciudadana es un pilar básico sin el que no es posible mantener las bases del complejo entramado de factores que deben orientar la gestión del agua, de acuerdo con las nuevas perspectivas y directrices de la DMA. Promover dicha participación e incitar a ejercerla responsablemente requiere una labor educativa constante, rigurosa y adecuada al nivel de los diferentes sectores ciudadanos, tanto en el ámbito de la educación formal como no formal.

Esta labor educativa debe perseguir una efectiva y continua alfabetización científica en los diversos aspectos relativos al agua. Este tema siempre está presente a lo largo del Currículum Oficial prescrito para los diferentes niveles educativos, tanto en la enseñanza Obligatoria como en el Bachillerato, y se trata desde distintos puntos de vista y en niveles crecientes de amplitud y complejidad. Sin embargo los problemas que guardan relación con el agua suelen ser planteados de manera general en los textos (la hidrosfera, el ciclo hidrológico, recursos hídricos, las aguas subterráneas, contaminación del agua...) con escasas alusiones concretas a problemas relacionados con la gestión del agua, o a la situación del recurso en nuestro país. Ello puede provocar que el alumno se sienta subjetivamente alejado o poco implicado con el objeto de estudio, en el sentido de que conoce que suceden determinados procesos o la existencia de problemas, pero no es consciente de que le afecten si no sabe que ocurren *aquí*, o si carece de referencias que le permitan analizar y reflexionar sobre la realidad de nuestro país.

Los datos, ideas y reflexiones contenidas en el presente artículo cubren precisamente esa laguna ya que están referidos a España, y pueden servir de base a partir de la cual se estimule el análisis y la reflexión en el aula, para conocer las grandes cifras del agua en España, despertar curiosidad e interrogantes, ampliar puntos de vista, y fundamentar visiones y decisiones de cara al futuro. Estamos ante un tema sobre el que se pueden llevar a cabo no solo accio-

nes de educación ecocientífica (Sauvé, 2010), en las que se integrarían los aspectos científicos y ambientales, sino también aspectos sociales.

En 2007 la Comisión Europea propuso a los países miembros, a través del llamado Informe Rocard, una reorientación en las metodologías de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, introduciendo y fomentando aquellas basadas en la investigación, como una herramienta básica para aumentar el interés de los estudiantes por el estudio de las ciencias. Dichas metodologías investigativas y de indagación, proporcionan a los alumnos el desarrollo de una amplia gama de destrezas tales como el trabajo en equipo, la expresión escrita y oral, la resolución de problemas abiertos y otras habilidades y competencias. Siguiendo dichas recomendaciones consideramos que este tema se presta especialmente a una metodología de aprendizaje basado en problemas, entendiendo en nuestro caso el concepto de *problema* en el amplio sentido de planteamiento de situaciones problemáticas abiertas (Jaén, 2000), o “*dificultades que no pueden superarse automáticamente y que requieren la puesta en marcha de actividades orientadas a su resolución*” (García y Cañal, 1995). Estas estrategias, suelen tener en común el hecho de partir de un esquema de trabajo que contemple una o más cuestiones abiertas, que pueden dividirse en una serie de preguntas o subpreguntas, que el alumnado debe asumir y trabajar y que el profesor puede plantear para completar, profundizar o ampliar el trabajo de aula. De manera general, se considera que, con las lógicas variantes que el profesor determine, los estudiantes deberían seguir una serie de pasos o momentos de investigación (Morales y Landa, 2004): leer y analizar el problema o cuestión planteados, realizar una lluvia de ideas (hipótesis, predicciones), hacer un listado de lo que se conoce, de lo que no se conoce y de lo que se necesita hacer para resolverlo, definir el problema, buscar información, y obtener y presentar resultados.

Las posibilidades concretas de utilización didáctica del artículo, y el tipo de trabajo a plantear a los alumnos a partir de los datos en él contenidos, son muy amplias, ya que son muchas las reflexiones y preguntas que pueden suscitarse, y quedarían a juicio del profesor en función de la edad y nivel de los alumnos, sus intereses, el tiempo destinado a trabajar el tema, los objetivos planteados, o las diferentes competencias que se pretendan desarrollar. Los niveles recomendados serían la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. En cualquier caso se plantearían trabajos y actividades grupales para favorecer el trabajo colaborativo y el intercambio de ideas, la búsqueda y selección de la información, y la argumentación de las conclusiones en las puestas en común. La labor del profesor sería la de orientador, moderador y facilitador del aprendizaje.

Deben ser ellos mismos los que propongan qué estrategias deben seguir para responder a las cuestiones planteadas. Aunque están acostumbrados a buscar información en la red, se les pedirá que contrasten los datos obtenidos en varias webs y que se dirijan preferentemente a aquellas páginas de organismos públicos (ine.es, centa.es, magrama.gob.es, fundacionbotin.org, un.org, etc.) en principio más fiables y estables en el tiempo. Aunque a continua-

ción se sugieren algunas direcciones de páginas divulgativas y por tanto asequibles a los alumnos de Secundaria, hay que señalar que podrían resultar de insuficiente contenido para alumnos de niveles de Bachillerato, quienes también pueden encontrar datos y respuestas en el propio artículo y en la bibliografía del mismo.

Del contenido precedente proponemos, a modo de ejemplo, tres posibles planteamientos de cuestiones a indagar/investigar, en torno a las cuales pueden girar una serie de actividades o un tema de debate participativo con los estudiantes. Los temas que se plantean giran en torno a tres cuestiones significativas en la educación sobre el agua: su bajo precio en nuestro país, el gasto oculto, y reflexiones acerca de las aguas subterráneas, el recurso menos conocido.

- 1) El agua en España: ¿es cara o barata?
- 2) ¿En qué la utilizamos?
- 3) ¿Qué importancia tienen las aguas subterráneas?

El agua en España ¿es cara o barata?

El objetivo de este primer bloque (Tabla V) de actividades consistiría en enfrentar a los alumnos a la idea de que el agua es un recurso vital por el que no se abona el precio real, que sería aquel en que se incluyeran todos los costes. Como se ha mencionado en apartados anteriores, este bajo precio, del que habitualmente no se suele ser consciente, no invita a la valoración del recurso, ni a la moderación en su consumo. Dado que los alumnos viven en su mayoría ajenos al consumo doméstico de agua y suelen desconocer cuáles son los procesos por los que ha de pasar el agua desde la recogida en el medio natural hasta que llega a sus casas y su posterior retorno a la naturaleza, la propuesta va orientada en el sentido de estimular la reflexión sobre estos aspectos y sobre el coste (económico y ambiental) de todos estos procesos, que sólo en parte son repercutidos en el recibo del agua.

Tras recabar información en sus casas acerca de los gastos que se les piden, la primera dificultad que puede aparecer, pero que puede resultar muy instructiva, es que el análisis del recibo de agua puede resultarles algo complejo, cuando no un galimatías ininteligible: <http://www.abc.es/natural-vivirenverde/20140321/abci-mundial-agua-factura-201403211005.html>. Así pues es posible que el primer paso pueda consistir en averiguar el significado de algunos de los términos que pueden encontrar (aducción, diferentes cánones, tasa por prestación del Servicio Metropolitano de Tratamiento y Eliminación de Residuos Urbanos-tasa TAMER-, bloque de consumo...). Es frecuente que las Webs de las compañías tengan páginas específicamente diseñadas para informar y ayudar a los usuarios a interpretar los recibos, por lo que es conveniente dirigir a los alumnos a dichas páginas de su propia compañía o de otras, para ayudarles en la tarea que se les ha solicitado, por ejemplo: http://www.canalgestion.es/es/galeria_ficheros/comunicacion/publicaciones/Tarifas_2014.pdf

Un apartado básico es conocer y ser conscientes de los distintos procesos, y por tanto gastos a repercutir, que pueden ocasionarse en el tratamiento y la llevada de las aguas hasta las casas y la posterior recogida y tratamiento de las aguas residuales (p.ej. mantenimiento del alcantarillado, de las conducciones, de las estaciones depuradoras, del mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, etc.). En la red existen publicaciones que nos indican que no pagamos por el coste real del agua que consumimos (por ej. <http://www.iagua.es/blogs/aeas/espana-la-cabeza-de-la-eficiencia-europea-agua>).

En las siguientes direcciones <http://www.aeas.es/documentos/Elaguanuestradecadadia.pdf>, o <http://www.ine.es/prensa/np807.pdf>, aparecen documentos sencillos y asequibles en los que se pueden obtener datos acerca de precios del m³ de agua doméstica en diferentes comunidades autónomas y en otras ciudades europeas.

Tabla V. Preguntas, ideas y actividades en torno a la pregunta: El agua en España ¿es cara o barata?

PREGUNTA	IDEAS CLAVE (CONTENIDAS EN EL ARTÍCULO)	ACTIVIDADES
<p>El agua en España ¿es cara o barata?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Pagamos el coste real del agua que consumimos? • ¿El precio es el mismo en todo el territorio español? • ¿Qué pagan por el agua otros ciudadanos de la UE? • ¿Es mayor o menor nuestro consumo que la media española o europea? • ¿Debe subir o bajar el precio del agua? ¿Qué consecuencias se derivarían de las dos posibilidades? • ¿Qué actividades domésticas suponen un mayor gasto de agua? • ¿En cuáles podemos reducir el consumo de agua? 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>En las quince ciudades más pobladas de España el gasto en agua por vivienda supone tan sólo el 0,71% de los gastos de la economía familiar.</i> • <i>El precio varía mucho de unas ciudades a otras e igualmente entre unas Comunidades Autónomas y otras.</i> • <i>El precio no refleja la escasez del recurso.</i> • <i>Es necesario gestionar el agua bajo una estricta óptica económica que tenga en cuenta el coste de oportunidad y las externalidades.</i> • <i>Una mejor gestión debería contemplar una subida del precio que transmita el mensaje de una mayor responsabilidad en su uso.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Debate inicial buscando una respuesta a priori a la pregunta planteada. Debe procurarse que las predicciones se argumenten convenientemente. • Comparar el coste del recibo mensual del agua con el del gas, teléfono (de toda la familia), luz. Realizar una media de estos gastos entre los componentes del grupo de trabajo. • Análisis de un recibo del agua. Conceptos por los que se paga. • Averiguar el precio del agua en diferentes Comunidades Autónomas. • ¿Existirá alguna relación entre la abundancia de agua en cada CCAA o país y el coste del agua? • Debate: ¿Es justo que haya personas en nuestro país que paguen más que otras por el mismo recurso? El principio de la subsidiariedad: ¿queda conculcado con estas diferencias? • Buscar información acerca de los procesos necesarios para que el agua llegue a los usuarios, y después sea devuelta a la naturaleza tal cual se extrajo de ella.

La última propuesta va encaminada a la toma de actitudes personales responsables, mediante una reflexión sobre aquellos “procesos” que suponen un mayor gasto de agua doméstico y maneras de ahorro personal:
<http://www.iagua.es/noticias/economia/13/12/11/estudio-aeas-aga-2013-%C2%BFque-precio-pagan-los-usuarios-del-servicio-del-ciclo-integral-de-agua-en-espa>

¿En qué la utilizamos? (Reflexión sobre aspectos poco evidentes: los colores del agua, agua virtual, huella hidrológica extendida...)

El objetivo principal es una reflexión sobre el agua “oculta”, el agua que se esconde tras la producción de todo aquello de lo que hacemos uso cotidianamente, agua que generalmente a los alumnos les pasa desapercibida. Se proponen otras cuestiones (Tabla VI) que les harán ver que en realidad consumen más agua de la que creen. Mediante el diseño de una pequeña investigación buscarán información para resolver lo planteado: información sobre qué significa el agua virtual, qué objetos/alimentos consumen más o menos agua en todos los procesos de su producción (extracción de la materia prima, fabricación, transporte, etc.), qué huella deja cada uno de nosotros en cuanto a consumo hídrico (huella en nuestro territorio o el de otros países (agua importada), etc. Finalmente se puede presentar una exposición de los resultados poniendo en común las investigaciones bien mediante una presentación en *Power Point*, *pósters*, blog de la clase, etc. Finalmente el profesor puede promover un debate en el que deberían salir a relucir aquellos aspectos más conflictivos: ¿es medioambientalmente sostenible tener un estilo de vida como el actual: desechar los aparatos tecnológicos en cuanto los creemos desfasados, alimentarnos básicamente de productos de origen animal, comprarnos cosas que no son necesarias y desechar las que aún están en buen uso, etc.?

Se sugieren a continuación algunas webs donde encontrar información sobre el agua virtual y la huella hídrica:

- http://www.centa.es/descargas/huella-hidrica/Material_didactico_huella_hidrica.pdf
- http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2008/03/27/175693.php
- <http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>
- <http://www.aguas.org.mx/sitio/o2a3.html>

Se puede extender la reflexión en torno a nuestro consumo hídrico proponiendo una última pregunta acerca de las consecuencias medioambientales de nuestro estilo de vida, consecuencias por ejemplo sobre los ecosistemas acuáticos cuyo mantenimiento supondrá un enriquecimiento paisajístico y biológico y que además asegurará el suministro adecuado de un agua de calidad.

¿Qué importancia tienen las aguas subterráneas en nuestro país?

El objetivo de esta propuesta (Tabla VII) es indagar sobre el uso de las aguas subterráneas en España. Las primeras cuestiones que se plantean tienen como objetivo recordar algunas ideas generales acerca de las aguas subterráneas, intentando detectar si los alumnos poseen una adecuada percepción de las mismas en el contexto del ciclo hidrológico, aspecto sobre el que suelen tener esquemas mentales incorrectos (Reyero *et al.* 2007), así como resaltar la importancia de las mismas en cuanto a su volumen en relación con el volumen total de las aguas dulces. Son numerosísimos los tipos de gráficos y diagramas que existen, y serán aceptables siempre que se llegue a la idea final de que las aguas subterráneas constituyen el mayor reservorio de agua dulce líquida en la tierra. Se sugiere la siguiente dirección en la que se pueden consultar numerosos aspectos relativos al ciclo hidrológico: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/Elaguaenlatierra.html>. Resulta igualmente

PREGUNTA	IDEAS CLAVE (CONTENIDAS EN EL ARTÍCULO)	ACTIVIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué utilizamos el agua? • ¿Cuánto agua “consumo” si me como un bol de cereales o una hamburguesa? • ¿Y si me compro un pantalón vaquero? • ¿Cuál es nuestra huella hídrica? • ¿Y si la comparamos con otros países? • ¿Qué quiere decir que un país importa o exporta agua virtual? • ¿Cómo repercute nuestro consumo en los ecosistemas? 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>No sólo hay que tener en cuenta los colores del agua a la hora de programar un horizonte de planificación hidrológica, sino también el agua virtual y la huella hidrológica extendida.</i> • <i>España es una gran importadora de agua virtual (...) este comercio es un nuevo valor a tener en cuenta al permitir un abastecimiento seguro en épocas de sequía.</i> • <i>La gestión del agua debe contemplar al medio ambiente como otro importante usuario. Los ecosistemas terrestres y acuáticos prestan importantes servicios a la sociedad.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar información acerca del agua virtual y la huella hídrica • Indagar sobre el agua virtual implícita en la producción de alimentos/objetos cotidianos • Buscar información sobre la huella hídrica de un español. Comparación con otros países. • Reflexionar sobre las consecuencias para el medioambiente (ecosistemas acuáticos y terrestres) del consumo de productos alimentarios y otros manufacturados. • Debate: ¿Es medioambientalmente sostenible el tipo de vida de los países desarrollados?

Tabla VI. Preguntas, ideas y actividades en torno a la pregunta: ¿En qué la utilizamos?

PREGUNTA	IDEAS CLAVE (CONTENIDAS EN EL ARTÍCULO)	ACTIVIDADES
<p>¿Qué importancia tienen las aguas subterráneas en España?</p> <p>Algunos datos previos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar la distribución del agua en la tierra. • ¿Las aguas subterráneas tienen alguna relación con las superficiales? • A nivel global, ¿Qué importancia tienen con respecto a otros tipos de agua? <p>En España:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué porcentaje se utilizan con respecto a las superficiales? • ¿Qué sectores las utilizan preferentemente? • ¿Se pueden extraer permanentemente? • ¿Se contaminan? ¿Cómo? • ¿A quién pertenecen? • ¿Alguien controla su uso? 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Los recursos renovables de nuestros acuíferos se fijan en los 30.000 hm³/año que viene a suponer casi el 9% de la precipitación.</i> • <i>(Los acuíferos) son los que en muchas ocasiones mantienen agua en los cauces durante las épocas de estiaje.</i> • <i>Casi una quinta parte del volumen extraído de los acuíferos se dedica para uso urbano.</i> • <i>Más del 70% de los núcleos urbanos de España se abastecen exclusivamente con aguas subterráneas</i> • <i>Un escaso número de pozos y manantiales están registrados (...), lo que se traduce en un descontrol de las aguas subterráneas por parte de la administración. Por otro lado, existen miles de pozos y sondeos abandonados o en desuso.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ante esquemas del ciclo hidrológico, rastrear los diferentes circuitos que puede seguir una molécula de agua en la tierra. • Reconocer especialmente aquellos recorridos que conectan las fases superficial-subterránea y a la inversa. • Buscar datos acerca de volúmenes de los diferentes reservorios de agua en la tierra. Confeccionar diagramas comparativos. • Realizar modelos sencillos con gravas, arenas y arcillas que simulen procesos básicos en la formación de acuíferos detríticos. Incorporar pozos para simular bombeos y ver efectos sobre los niveles freáticos. • Buscar información acerca de las consecuencias de la sobreexplotación de los acuíferos. Elaboración de un informe. • Realizar un mapa con zonas de nuestro país afectadas por salinización y/o por descensos significativos de nivel freático. • Debate en clase: “En mis terrenos puedo perforar pozos y extraer el agua que necesite. Es un derecho ya que son míos”

muy ilustrativo, y visualmente más llamativo que los diagramas, que ellos mismos construyan sus modelos acerca de los volúmenes de agua a nivel global a partir de los datos de los diferentes reservorios: si toda el agua en la tierra es una piscina de tal tipo, una bañera, un bidón de determinada capacidad... las aguas dulces equivaldrían a..., las de los ríos a..., las subterráneas a..., etc. separando las cantidades resultantes en recipientes *ad hoc*.

La realización de modelos sencillos de gravas y arenas para simular el funcionamiento de las aguas subterráneas es una experiencia de muy fácil realización (Calvo *et al.* 2007). Aunque se trate de modelos muy elementales, como un simple recipiente con gravas sobre el que se vierta agua coloreada para su mejor visualización, posibilita un acercamiento altamente explicativo de los procesos de infiltración, concepto de nivel freático, variación del mismo, simulaciones de zonas húmedas, ríos, lagos, procesos de contaminación, etc.

Las últimas cuestiones planteadas, la titularidad y el control, se pueden trabajar planteando un debate en el aula o un pequeño informe en el que se pongan de manifiesto las certezas y las incertidumbres acerca de la titularidad de las aguas subterráneas y su uso en nuestro país. Para los alumnos puede resultar este un aspecto complicado, por lo que se trataría simplemente de que se acercaran a la compleja situación del mismo y advirtieran los incumplimientos legales y la falta de control efectivo sobre las aguas subterráneas en nuestro país. Entre otras, una posible fuente de información: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00246.pdf>

Muchos otros focos de interés y actividades pueden plantearse por parte del profesorado en función de las necesidades y circunstancias específicas de cada grupo de alumnos. En cualquier caso, resulta fuera de toda discusión que la labor educativa acer-

ca del agua debe mantenerse incansablemente en las aulas, y fuera de ellas, dado que las actitudes de los ciudadanos ante este tema no son muy alentadoras. En un informe del BBVA (2006) se recoge que la mayoría de los ciudadanos, aun siendo conscientes de los problemas de sequía, por ejemplo, no estarían dispuestos a asumir coste alguno para hacer frente al problema y muestran una oposición frontal al aumento de los precios, oposición que aparece incluso en aquellos segmentos que expresan visiones más medioambientalistas de la naturaleza. Queda mucho por hacer.

REFLEXIÓN FINAL

España posee un patrimonio hídrico suficiente para las necesidades actuales y del futuro próximo. Para hacer frente a la demanda se cuenta con recursos hídricos superficiales (presas y canales en gran número y algunos trasvases) que pueden almacenar unos 40.000 hm³ y subterráneos (753 masas de aguas subterráneas y unas reservas de más de 300.000 hm³ y probablemente más de un millón de pozos). Hay recursos alternativos como la desalación y la reutilización y todavía un largo camino por recorrer en eficiencia en el regadío y en los abastecimientos urbanos. No hay problema de escasez sino de mala gestión de recursos. Algunas herramientas que dispone la Ley de Aguas están infrautilizadas tales como los mercados del agua y las comunidades de usuarios de aguas subterráneas. Los paradigmas que han guiado la gestión del agua han cambiado en el transcurso de los años. Se ha pasado de una política de oferta de agua a una de demanda, de una acción gestora de “arriba abajo” a otra de “abajo arriba”, de una política de trasvases a su eliminación. En los inicios del siglo XXI la política del agua en España nos muestra la gran complejidad

Tabla VII. Preguntas, ideas y actividades en torno a la pregunta: ¿Qué importancia tienen las aguas subterráneas en nuestro país?

de su gestión, la vertiginosa sucesión de cambios en la percepción del agua, la cierta inercia que supone el proceso de participación ciudadana y que sin embargo es necesaria para que toda política hidráulica sea aceptable y legítima. En muchos aspectos, puede decirse que estamos más cerca de un cambio de época que en una época de cambios y el agua sería un buen ejemplo de ello. Sólo con la participación ciudadana se podrá llegar a decisiones aceptables y equilibradas entre lo que es socialmente deseable, económicamente viable, técnica y ambientalmente conveniente, legalmente pertinente y políticamente realizable.

La utilización de los datos y recursos recogidos en el presente artículo, así como el reto planteado de un futuro Pacto sobre el Agua, da grandes posibilidades de actividades con los estudiantes para fomentar un espíritu crítico y una capacidad dialéctica, muy necesarios hoy en día para la formación de los futuros gestores y responsables de nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las sugerencias recibidas de los dos revisores anónimos y de los editores, que han ayudado a mejorar considerablemente el primer texto enviado. Si bien los autores pertenecen a varias instituciones públicas, el contenido de este artículo es de ámbito personal y no tiene por qué reflejar la opinión de las instituciones para las que trabajan. La labor de edición de este trabajo ha sido posible merced al proyecto REPSOL-UCE nº 4154596. Igualmente, agradecen las sugerencias aportadas por Nuria Hernández Mora, ex-Presidenta de la Fundación Nueva Cultura del Agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Albiol, C. y Bru, A. (2013). Estudio sobre el precio del agua en España *Aquae Papers* nº1. Junio 2013 Ed. Fundación Aqualogy www.fundacionaqualogy.org 47 pp ISSN 2340-3675
- AEAS (2009). *Tarifas del agua en España 2009. Precio de los servicios de abastecimiento y saneamiento*. AEAS Madrid <http://www.aeas.es/>
- AEMET (2011). *Atlas climático Ibérico*. ISBN 978-84-7837-079-5. Consultado en la página web de la AEMET el 19 de junio de 2014 <http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>
- Aldaya, M.M., Garrido, A., Llamas, M. R. y Varela-Ortega, C. (2009). *Water footprint and virtual water trade in Spain*. En: Garrido y Llamas (Ed.), 2009, 49-59.
- Aldaya, M.M y Llamas, M.R. (editores) (2012). *El agua en España: bases para un pacto de futuro*. Ed: Fundación Botín. Madrid, 91 p.
- Arqued, V. (2014). Conferencia en Valencia. Dirección General del Agua. MAGRAMA.
- BBVA (2006). *Conciencia y conducta medioambiental en España*. Fundación BBVA. Informes de investigación.
- Bocanegra, E., Manzano, M., Betancur, T., Custodio, E. y Cardoso, G. (2012). Caracterización preliminar de las interacciones aguas subterráneas-humedales-ser humano en Iberoamérica y en la Península Ibérica. *IV Congreso de Hidrogeología*. Cartagena de Indias, Colombia. 20 a 24 de Agosto 2012.

BOE (2008). *Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica*. Boletín Oficial del Estado: 22 de septiembre de 2008, Núm. 229.

Cabrera, E., Cabrera Rochera, E. y Cobacho, R. (2009). *Water supply in urban areas*. En: Garrido y Llamas (Ed.), 2009, 77-84.

Calvo, M., Reyero, C., Vidal, P., Morcillo, J.G. y García, E. (2007). El trabajo con modelos en aguas subterráneas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.3, 341-347.

Custodio, E., Llamas, M. R., Hernández-Mora, N., Martínez Cortina, L. y Martínez-Santos, P. (2009). *Issues related to intensive groundwater use*. En: Garrido and Llamas (Ed.), 2009, 145-164.

De la Hera, A. y Villarroja, F. (2013). Services evolution of two groundwater dependent wetland ecosystems in the "Mancha Húmeda" Biosphere Reserve (Spain). *Resources* 2013, 2, 128-150; ISSN 2079-9276. doi: 10.3390/resources2020128

DMA (2000). *The EU water framework directive integrated river management for Europe*. European Comision. Disponible en (http://ec.europa.eu/environment/water-framework/index_en.html)

De Stefano, L. y Llamas, M.R. (editores) (2012). *Water, agriculture and the environment in Spain: can we square the circle?* CRC Press Taylor and Francis.

De Stefano, L., Martínez-Cortina, L. y Chico, D. (2013a). *An overview of groundwater resources in Spain*. En: L. De Stefano & R. Llamas (Ed.), *Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?* (pp. 87-104). Leiden: Taylor & Francis.

De Stefano, L., Martínez-Santos, P., Villarroja, F., Chico, D. y Martínez-Cortina, L. (2013b). Easier Said Than Done? The Establishment of Baseline Groundwater Conditions for the Implementation of the Water Framework Directive in Spain. *Water Resources Management*. doi: 10.1007/s11269-013-0311-6

De Stefano, L., Villarroja, F., Fornés, J.M, y López-Geta, J.A. (2014). Groundwater use in Spain: an overview in light of the EU Water Framework Directive *Intern. Journal Water Resources Development* (en prensa).

Economy Weblog (2014). <http://economy.blogs.ie.edu/archives/2014/02/estructura-de-la-economia-espanola-por-sectores-economicos-y-el-empleo-1970-2013.php>

Estevan, A. (2008). *Herencias y problemas de la política hidráulica española*. Ed Bakeaz Bilbao. 165 pp.

European Comision (2007). *Science Education now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Directorate-General for Research, Science, Economy and Society. Disponible en http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Fernández- Escalante, E. (2010). DINA-MAR. La gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco del desarrollo sostenible. Desarrollo tecnológico. Coord. Enrique Fdez. Escalante. *Serie Hidrogeología Hoy*, nº 6. Método Gráfico, Madrid 2010. ISBN 978-84-614-5123-4. 496 p.

García Calvo, E. (2012). Comunicación personal. Conferencia en la Fundación Botín. Madrid.

García, J.E. y Cañal, P. (1995). ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la escuela*. 25, 12-16.

Garrido, A. y Llamas, M. R. editores (2009). *Water policy in Spain*. CRC Press A Balkema Book. London. 234 p.

Hernández-Mora, N. y De Stefano, L. (editores) (2011). *La transparencia en la gestión del agua en España*. Serie

Monografías nº 4. Papeles de seguridad hídrica y alimentaria y cuidado de la Naturaleza. Fundación Botín Madrid. 92p.

Hernández-Mora, N. (2013). *La planificación hidrológica y la Directiva Marco del Agua en España en el periodo 2000-2012: ¿Hemos avanzado?* En: Larraz, B. y Cano, A. (Editores). Ed: Ledoira (Toledo) 39-56.

IET (2015). Informe Frontur del Instituto de Estudios Turísticos (IET) <http://guias-viajar.com/viajes-turismo-mundo/datos-estadisticas-turismo-espana/> Acceso el 25 de enero de 2015.

INE (2013). Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua. Año 2011. Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es. Consultas realizadas el 24 de julio de 2013 en la web oficial del Instituto Nacional de Estadística. 2013 España en cifras.

INE (2014). Estadística sobre usos del agua y empleo. <http://www.ine.es/inebaseDYN> Acceso 14 abril 2014.

INE (2015). Consultas realizadas el 24 de enero de 2015 en la web oficial del Instituto Nacional de Estadística. http://www.ine.es/inebaseDYN/cp30321/cp_inicio.htm

Jaén, M. (2000). ¿Cómo podemos utilizar en Geología el planteamiento y resolución de problemas? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (8.1), 69-74.

Larraz, B. y Cano, A. (Editores). (2013). *Lecciones del pasado para un futuro mejor*. Ed: Ledoira (Toledo).

López-Geta, J. A. (2000). *Estrategias de utilización de las aguas subterráneas en el abastecimiento de poblaciones*. Jornadas técnicas sobre las aguas subterráneas y abastecimiento urbano. Eds. Fernández Rubio, Fernández Sánchez, López Camacho y López Geta 2000, 21- 29.

López-Geta, J. A., Fornés, J. M., Ramos, G. y Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Ed. Instituto Geológico y Minero. Fundación Marcelino Botín. Madrid 99 p. + CD.

Llamas, M. R. (2005). Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. Discurso inaugural del curso 2005-06. Real Academia de Ciencias Exact. Físic. y Naturales www.rac.es/ficheros/doc/00187.pdf.

Llamas, M.R., Custodio, E., De la Hera, A. y Fornés, J.M. (2015). Groundwater in Spain: increasing role, evolution, present and future. *Environmental Earth Sciences* (published online). Springer. DOI 10.1007/s12665-014-4004-0

Martínez-Cortina, L. (2009). *Physical and hydrological characteristic*. En Garrido y Llamas, 2009, 11-20.

MAGRAMA (2014). Web Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (acceso el 14 de abril de 2014) www.magrama.es

Maestu, J. y Del Villar, A. (Coord.) (2007). *Precios y costes de los Servicios del Agua en España. Informe integrado de recuperación de costes de los servicios de agua en España*. Artículo 5 y Anejo III de la Directiva Marco de Agua. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

MIMAM (2000). *Libro Blanco del Agua en España* Ministerio de Medio Ambiente Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y calidad de las Aguas. 637 p.

MIMAM (2005). Programa AGUA. Folleto divulgativo Ministerio de Medio Ambiente. Secretaría General Técnica 22 p. http://servicios.laverdad.es/servicios/especiales/phn/documentos/programa_agua.pdf

Morales, P. y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoría*, vol. 13:145-157.

NCA (2005). *Declaración Europea por una Nueva Cultura del Agua*. Ed. Fund. Nueva Cultura del Agua 63 p.

PHT (2013). Borrador del plan hidrológico del Tajo. Consultable en www.chtajo.es

Reyero, C., Calvo, M., Vidal, M.P., García, E. y Morcillo, J.G. (2007). Las ilustraciones del ciclo del agua en los textos de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.3, 287-294.

Rodríguez-Casado, R., Novo, P. y Garrido, A. (2009). *La huella hidrológica de la ganadería española*. Papeles de Agua Virtual nº 4 Fundación Botín, 44 p. www.fundacionbotin.org.

Sánchez Candelas, R. (2013). *Historia del trasvase Tajo Segura*. En Larraz, B. y Cano, A. (editores) (2013) 247-282.

Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 005-018.

Sauquillo, A., Custodio, E. y Llamas, M. R. (2009). La gestión de las aguas subterráneas. *Tecnología del agua*, 305, 60-67.

Vickers, A. (2001). *Handbook of water use and conservation*. Amherst, MA: Water Flow Press, 2001. 446p.

Villarroya, F. (2002). *El marco de la Directiva marco*. En: Jornadas técnicas sobre gestión y el control del agua frente a la Directiva Marco. Univ. Autónoma de Madrid, CYII (ed. Herráez, I., Yélamos, J. García-Cuevas, C. y López-Samaniego, E. 2002. ISBN 84-669-7157-3 355-358 p.

Villarroya, F. (2005). *Valores subyacentes del desarrollo sostenible aplicados a la gestión del Agua*. Agua, Minería y Medio Ambiente. Edit. López-Geta, J.A., Pulido-Bosch, A. y Baquero, J.C. Ed. IGME Libro Homenaje al profesor Rafael Fernández Rubio, 717-728 p.

Villarroya, F., López Gunn, E. y De Stefano, L. (2010). *Los paradigmas de la gestión hidráulica en España: de la misión hidráulica regeneracionista a la Nueva Cultura del Agua*. Serie Fundamental nº 16 Alcalá, L. y Mampel, L. Editores Edit. Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel. XVI Simposio de Enseñanza de la Geología. 291-296.

Willaarts, B. (2012). *Linking land management to water planning: estimating the water consumption of Spanish forests*. En: De Stefano L. and Llamas, M.R. Water, Agriculture and the Environment in Spain: Can We Square the Circle, 139-151.

Willaarts, B. A., Volk, M., y Aguilera, P. A. (2012). Assessing the ecosystem services supplied by freshwater flows in Mediterranean agro ecosystems. *Agricultural Water Management*, 105, 21-31. ■

Este artículo fue recibido el día 2 de febrero y aceptado definitivamente para su publicación el 15 de julio de 2014.