

# La calidad del agua subterránea como parte importante de su gobernanza

*Emilio Custodio<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería del Terreno / Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Barcelona, España.

Mail de contacto: [emilio.custodio@upc.edu](mailto:emilio.custodio@upc.edu)

---

## RESUMEN

En las regiones áridas y semiáridas los acuíferos son una parte importante del conjunto de recursos hídricos. Su gestión ha de integrarse dentro del conjunto de los recursos de agua y tener en cuenta el uso del territorio, como elementos de su gobernanza. En esas áreas suele dominar la preocupación por la cantidad del agua, por su relativa escasez, pero los aspectos de calidad son tanto o más importantes y lo serán aún más en el futuro. Entre los aspectos principales de esa gobernanza de la calidad de las aguas subterráneas y los obstáculos y desafíos que se tienen para su implementación, unos son de carácter científico y técnico en relación con el conocimiento y la información, pero otros, en general los más importantes, son de tipo institucional, tanto del gobierno como de los usuarios, como de la sociedad en general. Tales son la dificultad para coordinar responsabilidades y acciones sectoriales y la falta de conciencia de que el agua subterránea es un patrimonio común, limitado y vulnerable, que está asociada a servicios ecológicos y que requiere valoraciones económicas y sociales a largo plazo y que pueden afectar a generaciones futuras.

Palabras clave: calidad del agua, agua subterránea, gobernanza, condicionantes

---

## ABSTRACT

Groundwater quality is an important component of its governance. In arid and semiarid regions, the aquifers are an important part of total water resources. Their management has to be considered as part of the total water resources and take into account land use, as elements for their governance. In these areas, the concern about water quantity often dominates due to be relatively scarce. Among the main aspects of groundwater quality governance and the handicaps and challenges for its implementation, some have a scientific and technical character which refer to knowledge and information, but others, generally the most important, are of institutional nature and refer to government, users and society in general. They include the difficult coordination of sectorial responsibilities and activities, and the lack of conscience of groundwater being a common heritage, which is limited and variable, linked to ecological services and need long-term and inter-generational social and economic evaluation.

Keywords: water quality, groundwater, governance, conditions

---

## Introducción

Con la tecnología de exploración, perforación captación desarrollada durante el siglo XX, el agua subterránea se ha convertido en un recurso hídrico muy significativo y con usos intensivos en muchas áreas, tanto en el ámbito rural como en el urbano (Bocanegra et al., 2005; Custodio, 2010a), y las tecnologías de recarga artificial y uso conjunto o alternativo extienden su utilidad y su importancia para disminuir el riesgo de los efectos de las sequías y como una pieza importante en la adaptación a los cambios climáticos y global. Esto es mucho más acusado en áreas áridas y semiáridas, donde los aspectos de cantidad en general han primado y priman sobre los de calidad y donde preocupa el incierto concepto de

sobreexplotación (Custodio, 2002) y sus repercusiones sociales (Burke y Moench, 2000).

Sin embargo, cada vez más tienen más relevancia los aspectos de calidad, tanto en el medio urbano—preocupación por la salud de los ciudadanos y de la durabilidad de los dispositivos domésticos e industriales— como en el rural dada la creciente incorporación del riego tecnificado. Además, la puesta en explotación de recursos de agua subterránea en áreas nuevas o a mayores profundidades en ocasiones va acompañada de incrementos de salinidad o de la presencia de componentes molestos, como alta dureza, o nocivos, como flúor, arsénico o boro. Estos aspectos están en actualmente en la mente de los gestores internacionales, razón por la que la Global Environmental Facility (GEF) de Naciones

Unidas ha dedicado uno de sus capítulos temáticos sobre las aguas subterráneas a la calidad del agua subterránea y sus tendencias, en el que se basa esta comunicación (Custodio, 2013).

Todo esto tiene gran importancia social e influye en cómo usar racionalmente los recursos de agua subterránea, los costes asociados y los conflictos derivados, y condiciona la forma de resolverlos. Todo ello forma parte de la gobernanza de las aguas subterráneas, a la que la revista especializada *Hydrogeology Journal* ha dedicado un número especial (HJ, 2006). Como un concepto general nacido bajo diferentes influencias, no hay una definición universal de gobernanza ni tiene límites netos. Podría definirse como las reglas de los sistemas políticos (en sentido amplio) para resolver conflictos entre actores en recursos de agua y para adoptar decisiones –punto de vista legal–, para obtener un adecuado funcionamiento de las instituciones y la aceptación del público –punto de vista de la legitimidad– y para lograr consenso a través de modos democráticos y que obliguen a las partes –punto de vista participativo–. Se entiende por reglas los elementos orientados a la administración y a sus procedimientos.

La gobernanza del agua, que en parte coincide en sus aspectos más técnicos con la gestión integrada de los recursos hídricos, está muy relacionada con la gestión (manejo) del agua, que es hacer las diligencias conducentes al logro de un propósito –en este caso el uso de los recursos de agua– y supone llevar a cabo las actuaciones necesarias para cubrir determinados objetivos generales, dentro de cauces definidos, ordenados y reglamentados –planificación–, por organismos o entidades con capacidad y autoridad para hacerlo y para dar servicio a los ciudadanos.

Esa planificación hídrica consiste en crear un marco para ordenar y disponer los recursos de agua a medio plazo (por ejemplo 10 años) y largo plazo (por ejemplo 20 años).

Así gobernanza, gestión y planificación están relacionadas y entre ellas los límites son difusos, de modo que gobernanza puede llegar a considerarse casi sinónima de gestión. Se trata en cualquier caso de una responsabilidad gubernamental, sujeta a planificación y legislación, pero que debe –debería– realizarse contando e implicando a los usuarios directos e indirectos del agua y a la sociedad civil, tener en cuenta las tradiciones y costumbres locales y estar informada por principios éticos y morales (Llamas et al, 2009; Custodio, 2010b), en la perspectiva de la generación actual y también

de las venideras, e informada por las consideraciones económicas asociada, que permitan comparaciones basadas en valoraciones.

### **Aspectos técnicos de la gobernanza de la calidad del agua subterránea**

Los aspectos técnicos de la gobernanza de la calidad del agua subterránea parten de la realidad de que el agua subterránea en estado natural no siempre tiene buena calidad (Edmunds y Shand, 2008), entendiéndose por tal aquella que considera el uso a la que se destina. Por otro lado la explotación del agua subterránea puede afectar a su calidad. También las actividades humanas, incluso las que no tienen relación con la explotación y uso y de las aguas subterráneas, pueden influir notablemente en su calidad.

La calidad natural del agua subterránea ha sido objeto de numerosos estudios y su conocimiento es importante para definir las características cualitativas del recurso y en especial para conocer las alteraciones que puede sufrir. Para ello debe conocerse lo que en la Directiva Marco del Agua europea (OJEU, 2000; 2006) se llama línea de base (baseline) o fondo natural, que no es un valor sino un rango acompañado de sus parámetros estadísticos (Custodio y Manzano, 2007). Este tiene múltiples aspectos a considerar, y entre ellos están la salinidad, la dureza, la presencia de solutos en concentraciones altas respecto a valores de referencia y otras características que en determinados usos pueden tener relevancia en cuanto a corrosiones, incrustaciones y otros efectos que afectan a su correcto uso.

La explotación de los recursos de agua subterránea conlleva modificaciones hidrodinámicas de los sistemas de flujo y por lo tanto cambios en la recarga, en las relaciones con las aguas superficiales continentales y marinas, y desplazamiento de cuerpos de agua subterránea dentro de un mismo acuífero o entre acuíferos, que incluyen efectos tanto de advección como de dispersión, y en los que las heterogeneidades del medio natural pueden tener un efecto muy importante, no bien conocido y difícil de cuantificar. Algunos aspectos importantes que influyen sobre la calidad del agua subterránea son los de intrusión marina en acuíferos costeros, la infiltración de aguas fluviales o lacustres en áreas en las que antes se produciría descargas de aguas subterráneas, la mineralización de depósitos orgánicos en humedales que se han desecado y pasan a ser áreas de recarga, o la mayor recarga en áreas que se han deprimido

por subsidencia causada por la explotación de las aguas subterráneas.

Con frecuencia las actividades antrópicas causan la introducción de contaminantes muy diversos en el medio ambiente, tanto en el terreno, como en las aguas, como en la atmósfera, desde donde se pueden incorporar a las aguas subterráneas. Esto incluye no sólo las substancias directamente introducidas, sino también sus productos de degradación –metabolitos en el caso de que se degraden por vía biológica– unos inertes, otros aún nocivos y otros más insidiosos que los originales.

El incremento de NO<sub>3</sub> en el medio rural - y también en el urbano– es un motivo especial de preocupación (Foster y Candela, 2008), lo que ha dado lugar a disposiciones especiales en la Unión Europea (OJEU, 1991), que se recogen en la Directiva Marco del Agua europea (OJEU, 2000), tales como la obligatoriedad de buenas prácticas agrícolas y la delimitación y reglamentación de áreas vulnerables a la contaminación por nitratos (Custodio et al. 2013). También preocupa el incremento de plaguicidas muy diversos, de disolventes orgánicos y de sustancias asociadas a los hidrocarburos, y más recientemente los llamados contaminantes emergentes, derivados del uso generalizado de fármacos –incluso para el ganado–, de cosméticos y sustancias de efecto psicótico.

Estos aspectos son comunes con las aguas superficiales, pero en las aguas subterráneas aparece asociado a la circunstancia muy importante del posible largo o muy largo retraso en la aparición, no sólo por dilución –cuando se aprecia pueden estar afectados enormes volúmenes de agua subterránea– sino por el lento fluir por el medio no saturado –no es observable– y luego desde el lugar de entrada en el acuífero hasta la captación en el medio saturado. Las condiciones en que se produce el transporte por el medio subterráneo y la posible degradabilidad o persistencia –resiliencia- en general se conocen mal y están muy afectadas por heterogeneidades que son muy difíciles de considerar cuantitativamente. No sólo influye la advección y dispersión, sino también la adsorción y la velocidad de las reacciones químicas, algunas de las cuales son biológicas y por lo tanto muy dependientes de condiciones ambientales muy variables.

Un aspecto técnico que con frecuencia se olvida es que un pozo es una obra que rompe la disposición natural de las formaciones del terreno. Por un lado se pueden poner en comunicación diferentes subacuíferos que antes estaban separados y por otro una perforación

mal acabada –sin los adecuados sellos–, corroída o mal mantenida, puede proporcionar un paso fácil de aguas contaminadas superficiales hasta el acuífero por el espacio entre la perforación y el tubo. Las aguas subterráneas, salvo en situaciones excepcionales, están libres de contaminantes biológicos patógenos, pero no el agua que se toma de los pozos a causa de contaminación externa bebida a inadecuada construcción, mantenimiento y operación.

### **Impedimentos y restricciones a la gobernanza de la calidad y del agua subterránea**

La gobernanza de la calidad del agua subterránea sufre diferentes impedimentos y restricciones, variables de un país a otro y de unas circunstancias hidrogeológicas a otras, y son de distinta naturaleza (Howe, 2006; Custodio 2013).

Los de carácter técnico hacen referencia al conocimiento general y de detalle de las aguas subterráneas, tanto del personal técnico, como de los responsables de la gobernanza, como del público en general que ha de apoyar y sostener la gobernanza. Su resolución requiere esfuerzos de divulgación y comunicación, además de tiempo para su internalización, lo que a veces puede suponer una notable acción escolar y esperar a la renovación de toda una generación humana. Esto va acompañado del soporte al conocimiento que procede de los datos sobre estado y la evolución, o sea de que además de estudios al nivel adecuado al problema, existan redes suficientes de observación y control (de monitoreo), a veces en tres dimensiones, con puntos de medida realmente representativos (Condeso de Melo et al., 2007), y que sus datos sean asequibles y con un formato apropiado y estado de agregación a su comprensión y uso. Esto es especialmente difícil en cuanto a la calidad del agua, ya que depende de muchos parámetros, con variable precisión e importancia, que han de ser traducidos por especialistas a formas más inteligibles a los administradores, usuarios y público en general, pero sin que ello suponga manipulación torticera o sesgo.

Las acciones técnicas referentes a perímetros de protección y la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas pueden ser eficaces, pero aún con poca experiencia, escasa valoración socioeconómica y no exentas de rechazo social o de creación de situaciones ambiguas o desproporcionadas, en un entorno científico-técnico con incertidumbres inherentes (no

eliminables). Este es un aspecto al que se le suele dedicar poca atención pero que es básico para no cometer errores y no realizar actuaciones unas veces insuficientes y otras desmesuradas. Es una situación que la sociedad y la administración no acaban de entender y no saben como internalizar, en especial en contextos socio-políticos en que prima la tendencia a la regulación y a la creación de derechos, que son bastante característicos de las culturas latinas.

Las instituciones públicas en general tienen equipos humanos pequeños, no siempre bien entrenados y en general con obligaciones dispersas y sobrecargados de trabajo, lo que es más acusado para las aguas subterráneas dado su carácter territorial extenso y aún más para los aspectos de calidad por su complejidad intrínseca. Un resultado común es que las instituciones públicas ni llegan, ni pueden llegar, ni deberían llegar a todos los detalles necesarios. Su responsabilidad en cuanto a la gobernanza es el marco general, la normativa y la regulación, dejando el detalle a los propios usuarios, los que deben colaborar, responsabilizarse y equiparse técnicamente, bajo reglas claras, con los apoyos públicos y formando los consorcios apropiados a cada caso. Es una consecuencia del principio de subsidiariedad.

Las dificultades y restricciones de carácter institucional en general son las de mayor calado y más complejas. En parte se refieren a la frecuente falta de instituciones apropiadas, tanto públicas, como de los usuarios, como de la sociedad civil. Su creación requiere voluntad y tiempo, y han de experimentarse para que tengan la forma y medios adecuados a los fines de la gobernanza de la calidad del agua subterránea. Una dificultad añadida importante es el carácter sectorial de las acciones, en las que el enfoque temático hace perder la visión del conjunto y las implicaciones de las decisiones que toman sobre otros campos. Esto en ocasiones va acompañado por un falso orgullo profesional y búsqueda de exclusivismo que suele llevar a olvido, menosprecio y desdén por lo que hacen otros. Esto es especialmente relevante para la calidad del agua subterránea ya que en su configuración y evolución coinciden sectores muy distintos, como los recursos de agua, la agricultura, la ganadería, el uso del territorio, la política urbana, la producción para el mercado de productos potencialmente contaminantes, e incluso el transporte. Entre los distintos estamentos existen a veces fuertes barreras, no sólo técnicas o competenciales sino también de

exclusividad (corrupción) profesional y de supuestos poderes.

La aplicación de las reglas que permitan la gobernabilidad del agua subterránea comprende desde incentivos hasta sanciones, todo ello en un contexto económico y social adecuado. Eso supone no sólo capacidad y agilidad administrativa sino también del sistema financiero y de la justicia.

No es raro que se trate de resolver problemas asociados a la calidad de las aguas subterráneas, tanto para la corrección como para la prevención mediante subvenciones con cargo a los presupuestos generales. Estas subvenciones pueden ser apropiadas en un momento dado y por un tiempo siempre limitado, pero en general son perversas al acabar produciendo un efecto contrario al deseado y cuya corrección suele ser a veces muy difícil, en especial bajo una óptica social de corta visión.

Las desviaciones de las normas aceptadas, correctamente establecidas y realistas deben poder ser corregidas mediante sanciones. Estas sanciones, además de ser justas, oportunas y proporcionadas, han de ser rápidas y eficaces y transparentes, orientadas a corregir las desviaciones y no a otros objetivos, además de tener en cuenta que los efectos de las desviaciones pueden aparecer muy diferidos. Este último aspecto es novedoso y poco experimentado y quizás lo más difícil ya que la administración y la sociedad están poco preparadas para considerar efectos a largo plazo. Es una gran asignatura pendiente y de difícil abordaje en el contexto político común dadas las cortas duraciones de las legislaturas si no hay una línea directora con más larga perspectiva. Esta más larga perspectiva puede nacer de una sociedad civil bien afianzada y con eficaces instituciones, lo que actualmente es más bien una excepción que la regla, en especial tras una degradación durante el siglo XX en que la sociedad ha sido en parte suplantada por la acción política.

La pérdida de calidad de las aguas subterráneas tiene un costo asociado importante, que tiene diversas facetas, tales como la pérdida de recursos de agua, el coste de mayor tratamiento y el generalmente muy alto coste, si resulta viable, de la remediación, y también lo tiene el ser en exceso restrictivos en cuanto a las normas de calidad (WIR, 2004).

En realidad buena parte de los problemas actuales de las aguas subterráneas y de su calidad son herencia del pasado, con causantes a veces legalmente irresponsables o que ya no existen. Actuar de cara al futuro requiere una

sociedad muy madura, con el riesgo de que sus paradigmas puede que no san coherentes con un entorno que es física, ambiental, económica y socialmente cambiante y en evolución. Su consideración es aún más difícil en momentos de crisis económicas, como la actual a nivel general, lo que obliga a dejar cosas por abordar, que habrá que solucionar y corregir en el futuro. Este es un gran reto para la gobernanza de la calidad del agua subterránea.

### **Beneficios sociales y ambientales de la gobernanza de la calidad del agua subterránea**

La buena gobernanza de la calidad del agua subterránea supone un buen acercamiento a la sustentabilidad del uso de los recursos naturales y del medio ambiente, pero tiene una importante perspectiva temporal, que está en buena parte regulada por actitudes éticas (morales para los creyentes en la trascendencia humana), pero que se pueden tratar de cuantificar en parte –hay una parte intangible que no es medible– mediante evaluaciones económicas que actualizan los valores futuros al momento actual mediante una tasa de descuento social, que no coincide con la tasa de interés bancario del momento. El valor de esa tasa de descuento es muy debatido y depende de la importancia que los gestores y fuerzas sociales quieran dar al futuro y de la capacidad del hombre de progresar científica, técnica y socialmente, pero también de una globalización en un contexto de recursos y reservas finitas y por lo tanto sujetas a leyes económicas.

Además, el conseguir los beneficios es una tarea común gubernamental y social, que implica a todos, con diferentes cometidos y visiones. Esto requiere una notable mejora institucional y que los usuarios del agua subterránea, conscientes de sus aspectos de calidad, se organicen para ser representados y aceptar corresponsabilidades y cooperaciones. Esto último está aún en un plano incipiente, aunque hay pasos adelante en algunos países con especial problemática en lo que respecta a las aguas subterráneas, como México a través de los COTAS (Comités Técnicos de Aguas Subterráneas) (Foster et al., 2004; Wester et al., 2011, Guerrero, 2000) y España a través de la CUAS (Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas) (Codina, 2004; López-Gunn y Rica, 2011; Rica et al., 2010) con tradición de unas pocas décadas, y con más tiempo en California y Arizona, aunque en un contexto administrativo-legal diferente. Hay aproximaciones interesantes en algunos estados de la India (Mukherji y Shah, 2005;

Shah, 2009) y en China. A este respecto es de interés lo aportado a la reunión sobre Gobernanza de las Aguas Subterráneas en Latino-América y el Caribe, que tuvo lugar en 2011 en Montevideo, dentro del programa de Gobernanza de las Aguas Subterráneas a nivel mundial, que ha lanzado el GEF con la colaboración de FAO, UNESCO y la IAH.

Estos beneficios hay que enmarcarlos en un análisis prospectivo que compare las tendencias de evolución de la calidad del agua subterránea en diversos escenarios y los compare con la decisión de no actuar más allá de lo actualmente regulado. Este es un ejercicio pendiente para la calidad, aunque hay primeras aproximaciones en cuanto a la cantidad, ya que es más sencillo y está entre las prioridades inmediatas de las áreas semiáridas. El principio de Gisser-Sánchez de que sin regulación se llega al mismo final que con regulación parece ser inadecuado con recursos limitados en cantidad (Esteban y Albiac, 2011), y posiblemente aún más cuando se considera la calidad (Burness y Brill, 2001).

### **Referencias**

- Albiac, J., Calvo, E, Tapia, J y Esteban, E. 2010. Water quality and nonpoint pollution: Comparative global analysis. In: L. Martínez-Cortina, A. Garrido y E. López-Gunn, *Rethinking Water and Food Security*. OA-BF, CRC Press:251-256
- Bocanegra, E., Hernández, M. y Usunoff, E. (eds.) 2005. Groundwater and human development. International Association of Hydrogeologists. *Selected Papers on Hydrogeology* 6. Heise, Hannover, Germany: 1–278.
- Burke, J.J. y Moench, M. 2000. Groundwater and society, resources, tensions and opportunities. *Themes in Groundwater Management for the 21st Century*. United Nations, New York: 1–170.
- Burness, H. y Brill, T. 2001. The role for policy in common pool groundwater use. *Resources Energy Economics*, 23(1): 19–40.
- Codina, J. 2004. Las aguas subterráneas: una visión social: el caso de la Comunidad del Delta del Llobregat. *Revista Real Academia Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Spain, 98(2): 323–329.
- Condeso de Melo, M.T., Custodio, E., Edmunds, W.M. y Loosli, H. 2007. Monitoring and characterization of natural groundwater quality. In: W.M. Edmunds & P. Shand (eds.), *The Natural Baseline Quality of Groundwater*. Blackwell Publ., Oxford. Chap. 7: 155–177.

- Custodio, E. 2002. Aquifer overexploitation, what does it mean ? *Hydrogeology Journal*, 10(2): 254–277.
- Custodio, E. 2010a. Intensive groundwater development: A water cycle transformation, a social revolution, a management challenge. In: L. Martínez–Cortina, A. Garrido, E. López–Gunn (eds.), *Rethinking Water and Food Security*. CRC Press: 259–298.
- Custodio, E. 2010b. Aspectos éticos de la dominada crisis del agua. In: M.R. Llamas (eds.), *Implicaciones Éticas en Algunos Debates Científicos*. Instituto de España, Madrid: 91–119.
- Custodio, E. 2013. Trends in groundwater pollution: loss of groundwater quality and related services. *Groundwater Governance: A global Framework for Country Action*. GEF 10 3726: 1–76.
- Custodio, E. y Manzano, M. 2007. Groundwater quality background levels. In: P. Quevauviller (ed.), *Groundwater Science and Policy: An International Overview*. The Royal Society of Chemistry, RSC Publ.: 193–216.
- Custodio, E., Garrido, A., Coletto, C. y Salmoral, G. 2013. The challenges of agricultural pollution. In: L. de Stefano and M.R. Llamas (eds.), *Water, Agriculture and the Environment in Spain, can we square the circle?* OA-BF, CRC Press: 281–290.
- Edmunds, W.M. y Shand, P. (eds.). 2008. *The natural groundwater quality*. Blackwell, Oxford: 1–469.
- Esteban, E. y Albiac, J. 2011. Groundwater and ecosystems damages: Questioning the Gisser–Sánchez effect. *Ecological Economics*, 70: 2062–2069.
- Foster, S.S.D., Garduño, H. y Kemper, K. 2004. Mexico – The 'COTAS': progress with stakeholder participation in groundwater management in Guanajuato. *Sustainable Groundwater Management: Lessons from Practice*. GW–MATE. Series Case Profile Collection 10. The World Bank, Washington D.C., USA. 16 pp.
- Foster, S.S.D. y Candela, L. 2008. Diffuse groundwater quality impacts from agricultural land–use: management and policy implications of scientific realities. In: Ph. Quevauviller (ed.): *Groundwater Science and Policy*: RSC. Publ.: 454–470.
- Guerrero, V. 2000. Towards a new water management practice: experiences and proposals from Guanajuato state for a participatory and decentralized water management structure in Mexico. *Inst. J. Water Resour. Dev.*, 16 (4): 571–588
- HJ 2006. Social and economic aspects of groundwater governance (Llamas, M.R.; Mukherji, A.; Shah, T., eds.). Thematic Issue, *Hydrogeology Journal*, 14: 269–432.
- Howe, C. 2002. Policy issues and institutional impediments in the management of groundwater: lessons from case studies. *Enviro. Dev. Econ.*, 7: 625–641.
- Llamas, M.R., Martínez–Cortina, L. y Mukherji, A. 2009. *Water ethics*. Francis & Taylor, London: 187–203.
- López–Gunn, E. y Rica, M. 2011. La participación activa de los usuarios: la autorregulación como forma de gobernanza del agua subterránea. En: *Desafíos de la Gestión del Agua Subterránea para el Siglo XXI*. Congreso Ibérico sobre las Aguas Subterráneas, AIH-Grupo Español, Zaragoza.
- Mukherji, A. y Shah, T. 2005. Groundwater socio–ecology and governance: a review of institutions and policies in selected countries. *Hydrogeology Journal*, 13(1): 328–345.
- OJEU 1991. Directive 91/676/EEC of the Council of the European Communities of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. *Official Journal of the European Union*.
- OJEU 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Union*.
- OJEU 2006. Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. *Official Journal of the European Union*.
- Rica, M., López–Gunn, E. y Llamas, M.R. 2012. An analytical framework on the emergence and evolution of collective action: an empirical case of Spanish groundwater user collective associations. *ICID Irrigation and Drainage Journal*.
- Shah, T. 2009. Taming the anarchy: groundwater governance in South Asia. *Resources of the Future*. Washington DC.
- Wester, P., Sandoval, R. y Hoogester, J. 2011. Assessment of the development of aquifer management councils (COTAS) for sustainable groundwater management in Guanajuato, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 19(4): 889–899.
- WIR 2004. The cost of groundwater quality deterioration and tighter standards. *United Kingdom Water Industry Research Ltd. News*, 33(1).