

---

---

**XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica  
25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.**

---

---

## Implementación en un SIG del sistema de cuentas ambientales y económicas del agua- GuaSEEAW

Manuel Erena<sup>a</sup>, Salomón Montesinos<sup>b\*</sup>, Lara Fernández<sup>b</sup>, Manuel Arce<sup>c</sup>, Juan A. López<sup>a</sup>, Pedro García<sup>a</sup>, Alberto Holguín<sup>b</sup>, Joaquín F. Atenza<sup>a</sup>

<sup>a</sup>IMIDA, C/ Mayor s/n, La Alberca, Murcia, 30150

<sup>b</sup>SM Geodim, Torre Albarrana, Maluenda, Zaragoza, 50340

<sup>c</sup>Zeta amaltea, C/ Carlos Marx 4, Zaragoza, 50015

---

### Resumen

El Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas del Agua proporciona el marco conceptual para la organización coherente y consistente de la información hídrica y económica.

GuaSEEAW (System of Economic and Environmental Accounts for Water in Guadiana River Basin) es un proyecto financiado por la DG de Medio Ambiente de la Comisión Europea, con objeto de analizar la posibilidad de su implementación en el ámbito de una cuenca hidrográfica mediante el uso intensivo de los Sistemas de Información Geográfica.

Las cuentas del agua facilitan a los gestores una nueva perspectiva al contrastar los datos hidrológicos que hasta ahora vienen manejando, junto con la información económica. Desde el sistema de cuentas ambientales y económicas del agua se pueden obtener indicadores para la mejora del conocimiento y gestión de la cuenca.

Palabras clave: SEEA-Water; cuentas del agua; balance hídrico; SIG; cuenca hidrográfica del Guadiana

---

---

\*. E-mail: [smontesinos@geodim.es](mailto:smontesinos@geodim.es).

## 1. Introducción

El Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas del Agua (SCAE- Agua o SEEAW, System of Economic and Environmental Accounts for Water) es un marco conceptual para organizar de forma coherente y consistente la información hídrica y económica.

El SEEA-Water está basado en el Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas 2003 (Naciones Unidas et al., 2003), comúnmente denominado SCAE-2003 (en inglés, SEEA-2003), que describe la interacción, de todo el espectro de recursos naturales, entre el sistema económico y el medio ambiente.

Tanto el SCAE-2003 como el SCAE-Agua, tienen como marco básico el Sistema de Cuentas Nacionales 1993 (en inglés, SNA 1993), que es el estándar para la compilación de las estadísticas económicas y de los indicadores derivados, como el Producto Interno Bruto (PIB).

El marco conceptual del SCAE-Agua está formado por un conjunto de tablas estándar, centradas en la información hídrica y económica; y por una serie de tablas complementarias que recogen información sobre los aspectos sociales.

Estas tablas han sido diseñadas para facilitar la compilación de las cuentas y obtener información comparable en el ámbito espacial y temporal.

Dos características que distinguen al SCAE-Agua de otros sistemas de información medioambiental son: en primer lugar, que vincula directamente los datos del agua con las cuentas económicas mediante una estructura compartida y un conjunto de definiciones y clasificaciones. En segundo lugar, que cubre todas las interacciones significativas entre el agua y el sistema económico, lo que permite abordar temas intersectoriales, como la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

Los principales aspectos que estandariza SCAE-Agua son: stocks de recursos hídricos y sus flujos en el medio ambiente, presiones de la economía sobre el medio ambiente, oferta y utilización del agua, reutilización, costes de depuración, distribución y tratamiento de agua, financiación de los costes, Coste de los permisos para extraer agua y capacidad hidráulica disponible.

SCAE-Agua también establece cuentas de la calidad del agua con la valoración económica de los recursos hídricos. Sin embargo, estos módulos todavía son experimentales y más que directrices muestran aplicaciones y prácticas de carácter nacional. Algunas de las experiencias más interesantes en la implementación de las cuentas físicas del agua se han realizado en el río Murray en Australia (Baynes, 2011).

En el año 2012, la DG de Medio Ambiente de la Comisión Europea ha financiado el proyecto GUA-SEEAW (System of Economic and Environmental Accounts for Water in Guadiana River Basin) y en el 2014 GUA-SEEAW +, con objeto de analizar la posibilidad de implementación de SEEAW en el ámbito de una cuenca hidrográfica internacional.

Los proyectos han sido realizados por un consorcio liderado por la empresa SM Geodim, junto con el IMIDA (Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario) y la empresa Zeta Amaltea, tomando como zona piloto la cuenca internacional del Guadiana (incluyendo el territorio en España y Portugal), para el desarrollo de los proyectos se ha contado con la colaboración de la Oficina de Planificación Hidrológica del Guadiana-CHGn.

## 2. Metodología, materiales, datos y herramientas

### 2.1. Marco físico

La cuenca hidrográfica del Guadiana comprende un área total de 67.147,66 km<sup>2</sup> entre España y Portugal. Los principales usos del agua en la Cuenca del Guadiana son: Uso Urbano (8,92%), Agricultura y Ganadería (89,11%), Uso Industrial y otros (1,96%) de la demanda total de agua. La distribución de los usos del suelo en la cuenca puede consultarse en la web del proyecto (Figura 1).

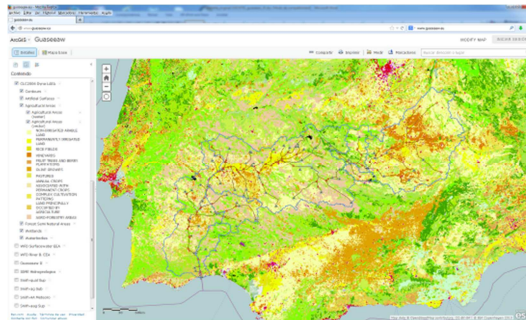


Figura 1. Usos del suelo CLC 2006.

### 2.2. Implementación SEEAW.

Para la implementación del Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas del Agua, se ha realizado una exhaustiva recopilación de datos, cuyas fuentes principales han sido los Planes Hidrológicos de cuenca, el Instituto Nacional de Estadística (INE), el Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) y Eurostat.

A partir de los datos existentes, se ha visto la necesidad de fijar dos parámetros básicos para poder llevar a cabo la implementación: la resolución espacial (unidades de trabajo) y la resolución temporal (periodo de tiempo y frecuencia).

Las unidades de trabajo se han definido teniendo como base las unidades ECRINS (European Catchments and Rivers Network System) definidas por el grupo WISE de la EEA (European Environmental Agency) y los requisitos de la CHGn. Así, la cuenca del Guadiana se ha dividido en 7 áreas operativas de explotación: 6 en el territorio español y 1, en Portugal (Figura 2).



Figura 2. Unidades ECRINS definidas por WISE de la EEA.

### 2.3. Procesado de los datos

Los datos sobre los recursos hídricos disponibles y su actividad se han implementado en varios sistemas SIG, que en conjunto permiten la modelización de la gestión de una cuenca hidrográfica a resolución mensual y con diferentes grados de agregación tanto espacial como temporal (Sandra García et al. 2002). Los sistemas que han proporcionado la información básica para el SEEA-Water son las salidas de los modelos SIMPA y AQUATOOL. La Figura 3 muestra un diagrama de flujo del modelo SIMPA del CEDEX cuyas salidas se han utilizado en el proyecto (Javier Álvarez et al., 2004).

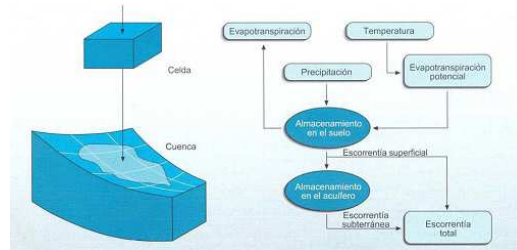


Figura 3. Diagrama de flujo del modelo SIMPA.

Los recursos hídricos de una cuenca en régimen natural (no afectado) se han implementado en el modelo SIMPA. Se trata de un modelo de precipitación-escorrentía que compila los datos meteorológicos y produce series de escorrentía para la cuenca con una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup> (Figura 4).

Tabla 1. Sistemas de explotación de la cuenca hidrográfica del Guadiana

Sistemas de explotación	Superficie (km2)
Alto Guadiana	18.900,9
Tirteafuera	922,5
Bullaque	2.893,3
Sistema Central	26.650,4
Sistema Ardilla	3.886,0
Sistema Sur	2.274,6
Sistema Portugués	11.620,1

Por otra parte el modelo AQUATOOL (Figura 4), permite formular planes o escenarios técnicos enfocados a la satisfacción eficiente de las demandas de una cuenca, que en este caso es principalmente agrícola, mediante proyectos hidrológicos y estructurales, que combinados con los conocimientos técnicos de los organismos gestores del agua, pueden ser dirigidos de manera apropiada hacia la utilización conjunta de los recursos hídricos de la cuenca de estudio (Andreu et al., 1991).



Figura 4. Adaptación geográfica de las salidas del modelo Aquatool a la hidrografía de la Cuenca.

Los datos hidrológicos empleados en la Demarcación portuguesa proceden de los "Planos de Gestão das Bacias Hidrográficas integradas nas Regiões Hidrográficas 6 (Sado e Mira) e 7 (Guadiana)" disponibles online en: <http://www.arhalentejo.pt/>. La Demarcación española y portuguesa presentan su información de un modo muy desigual. El balance portugués describe los datos medios del año, para años secos y húmedos, lo que dificulta la correspondencia con la información generada en la parte española (Figura 6).

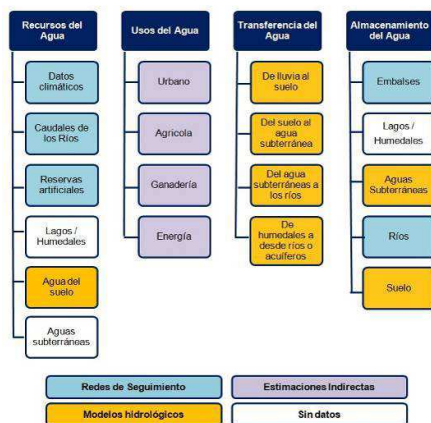


Figura 5. Tipos de datos y estrategias de producción de datos.

#### 2.4. Arquitectura del sistema

Una vez finalizada la recopilación y producción de los datos hidrológicos y económicos de la cuenca del Guadiana necesarios para la implementación de SEEA-Water, el principal problema ha residido en la distinta distribución con la que se agrupan dichos datos. Los datos hidrológicos se presentan distribuidos por unidades físicas, mientras que los datos económicos se presentan por unidades administrativas (Comunidades Autónomas, provincias y municipios).

En función de los datos disponibles y de las necesidades de las tablas SEEA-W se ha diseñado un modelo de datos para almacenar la información que nos permite automatizar el relleno de las tablas SEEA-Water. De esta forma, puede integrarse información de diferentes organismos que compartan la componente espacial utilizando consultas espaciales y permitiendo su localización en el territorio. Las tablas implementadas son: Utilización y oferta física del agua, tablas de emisiones, tabla híbrida de oferta, tabla híbrida de utilización, tabla híbrida para el suministro y uso del agua, cuenta de activos y la matriz de flujo entre los recursos hídricos. El desarrollo metodológico y los resultados pueden consultarse en el informe final del proyecto (GuaSEEA-W, 2013).

#### 2.5. Herramientas de desarrollo empleadas

Las herramientas de software utilizadas en el proyecto han sido: La base de datos Oracle 11g para el almacenamiento de los datos de salida de los modelos, Adobe® Flash® Builder™ 4.5 para el desarrollo del un visor con lenguaje FLEX usando la API de ESRI, ArcGIS Server Enterprise for INSPIRE 10.1 para publicación de servicios OGC interoperables y ArcGIS Online para integración de servicios interoperables de las diferentes fuentes de datos disponibles ([www.seeawater.eu](http://www.seeawater.eu)).

### 3. Resultados y discusión

El geoportal desarrollado con el proyecto GuaSEEA-W integra la información de los diferentes órganos de la administración que tienen en común una componente espacial y que permite su ubicación en el territorio. En este sentido, ya se ha aplicado la directiva INSPIRE, como marco de referencia, y se han

publicado/consumido servicios estándares de interoperabilidad (OGC, 2004), para consultar y gestionar la información útil.

Para el geoportál, se ha generado un visor cartográfico que integra la información obtenida para el proyecto bajo el entorno Oracle® APEX sobre una base de datos Oracle® 11g. Para el procesado de los datos se ha desarrollado una aplicación en Python, que mediante geoprocesamiento genera dinámicamente alguna de las capas. Los visores son accesibles a través de las web <http://www.guaseeaw.eu> (basado en Arcgis Online) y <http://iderm.imida.es/guaseeaw>, el segundo está basado en la interfaz de programación de aplicaciones (API) de ArcGIS para Adobe Flex, lo que ha permitido construir una aplicación web que incorpora, entre otras, herramientas de consulta y visualización de la información geoespacial, así como herramientas de geolocalización, accesos a metadatos y geoprocesamiento basados en ArcGIS Server de ESRI, dicha API permite desarrollar aplicaciones con alto rendimiento que distribuyen contenido y funcionalidad SIG a los usuarios del geoportál.

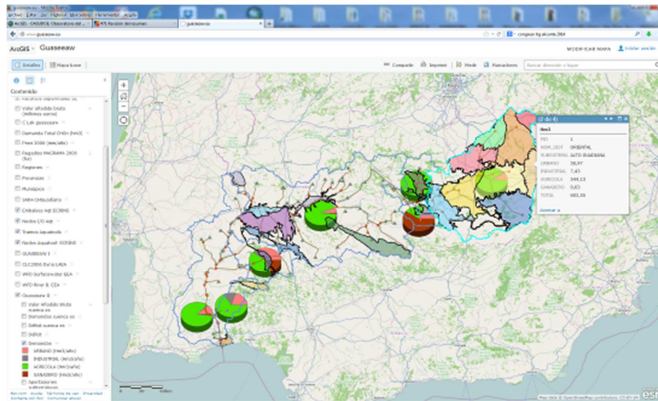


Figura 6. Visor Guaseeaw (Arcgis Online)

#### 4. Conclusiones

El geoportál desarrollado nos permite integrar y ofrecer servicios interoperables mediante estándares OGC basados en la directiva INSPIRE, la principal utilidad del sistema es integrar una gran cantidad de información de utilidad para conocer el uso del agua en la Cuenca del Guadiana.

El uso de estas tecnologías SIG, se ha mostrado muy apropiado para la implementación del Sistema de Cuentas Ambientales y Económicas del Agua en esta acción piloto en la Cuenca del Guadiana. Ha sido una tarea compleja y laboriosa, llevada a cabo en un corto periodo de tiempo, por un consorcio multidisciplinar (modelización hidrológica, economía, análisis estadístico, Sistemas de Información Geográfica...) y gracias a la colaboración de la Oficina de Planificación del Guadiana.

La calidad de los datos necesario para la implementación de la metodología SEEAW es fundamental, por lo que hay factores que deben ser considerados, tales como: la accesibilidad, la credibilidad, la coherencia, la interoperabilidad, la puntualidad y la documentación (metadatos). Por tanto, la información producida, elaborada y publicada por las autoridades responsables de los datos hidrológicos es la información más adecuada para elaborar los balances hídricos en el ámbito de las cuentas ambientales del agua.

Muchos de los datos requeridos por el SCAE-Agua son complejos de producir, y por lo general requieren de una modelización hidrológica. Sin esta herramienta es prácticamente imposible cuantificar muchas de las tasas de intercambio de agua entre los distintos elementos del ciclo hidrológico, por ejemplo, la interacción

entre las aguas subterráneas y los ríos o lagos, el agua almacenada en el suelo, la evapotranspiración real o la recarga de acuíferos.

La infraestructura para la captura de datos no cubre adecuadamente todos los aspectos de la gestión del agua dentro de la cuenca. La principal deficiencia tiene que ver con el control limnimétrico de los humedales y lagos naturales. A pesar de ser, volumétricamente hablando, una pequeña porción del recurso total de la cuenca, su valor ambiental es muy importante. En nuestro caso de estudio, son uno de los valores ambientales más notables de la cuenca alta del Guadiana.

La importancia de la cantidad de agua almacenada en los humedales y las áreas protegidas en las cuentas ambientales, van mucho más allá de su relevancia volumétrica. En cuanto a la Planificación Hidrológica, y siguiendo las orientaciones DMA, los flujos de agua (subterránea o superficial) necesarios para mantener los ecosistemas protegidos no pueden ser considerados dentro de la oferta del medioambiente a la economía, ya que no son parte del llamado "recurso disponible". El recurso disponible es la diferencia entre los recursos renovables y los flujos de agua necesarios para cumplir con los objetivos medioambientales. Es importante, que las cuentas ambientales del agua permitan incluir el concepto de recursos disponibles para la economía, especialmente en las cuencas de agua deficitarias como ocurre con la cuenca del río Guadiana.

La principal carencia en relación con la infraestructura de recogida de datos afecta a los aspectos del uso del agua, ya que no hay equipos de medición volumétrica en la mayor parte de las extracciones de agua de la cuenca. Sin embargo, la utilización de métodos indirectos, como la teledetección espacial, para determinar los consumos del agua, serían una solución rápida y económica del problema.

La información hidrológica no es tratada igualmente en la zona del Guadiana español y portugués. Si bien en ambos casos el objeto de la información hidrológica es el desarrollo de los planes de cuenca, las estrategias para la recolección y proceso de datos son muy desiguales. Esto se traduce en una falta de coherencia en la información hidrológica.

Existe un marco de cooperación entre ambos países, el Convenio de Albufeira, en el que uno de sus principios rectores establece la coordinación en la planificación y gestión de los recursos hídricos de la cuenca, siguiendo la línea de la llamada Gestión Integral de Recursos Hídricos. Por tanto, este acuerdo debería ser un marco institucional favorable para promover la mejora en la coordinación de la planificación hidrológica entre ambos países.

En cuanto a las tablas SEEA-Water creemos que ofrecen a los gestores del agua una nueva perspectiva, ya que a menudo tienen acceso a la información sobre los usos del agua, pero no al empleo de dicha información en análisis económicos. Ahora las cuentas del agua, en contraste con otras bases de datos sobre agua, enlazan datos de agua (como suministros, uso, recursos, descarga de contaminantes, activos, etc.) directamente con datos económicos.

A partir de las tablas SEEA-Water se pueden obtener indicadores derivados como: el índice de explotación del recurso, el índice de consumo, uso de agua e intensidad de la contaminación, la productividad del agua, el precio implícito del agua, el índice de reutilización del agua, la importancia del agua subterránea en la agricultura de riego o la tasa de recuperación de costes.

## **Agradecimientos**

Nuestro más sincero agradecimiento a la Oficina de Planificación Hidrológica del Guadiana, especialmente D. José Ángel Rodríguez Cabellos, D. Ángel Francisco García Tena y D. Francisco Viseas Trinidad. Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto GUASEEAW y GUASEEAW+, financiados por la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea.



## Referencias

- Andreu, J. & Capilla, J. (1991). AQUATOOL: A Computer-Assisted Support System for Water Resources Research Management. Including Conjunctive Use, in Decision Support Systems. Water Resources Management, ed. by D.P. Loucks y J.R. da Costa, Springer Verlag.
- Baynes, T., Turner, G., & West, J. (2011). Historical Calibration of a Water Account System. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 137(1), 41–50. DOI: 10.1061/\_ASCE\_WR.1943-5452.0000090
- ECRINS (2013). European Catchments and Rivers Network System). European Environmental Agency.
- Guaseeaw (2013). Informe final del proyecto. <http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/GuaSEEAReport.pdf>
- Javier Álvarez, Alberto Sánchez, Luis Quinta (2004). SIMPA, a GRASS based tool for Hydrological Studies. Proceedings of the FOSS/GRASS Users Conference Bangkok, Thailand, 12-14 September 2004.
- OGC (2004). The Spatial Web. An Open GIS Consortium (OGC) White Paper [online]. Open GIS Consortium. <http://www.opengeospatial.org/>
- Sandra García, F. Francés y J. Andreu. 2002. Simulación hidrológica basada en SIG: Sensibilidad a factores de escala, *Ingeniería del Agua*, Vol. 9, Nº 3, pp. 295-1308.
- United Nations, Commission of the European Communities, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development and World Bank (2003). Handbook of National Accounting on Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. Sales No. New York.
- United Nations Statistics Division (2011). System of Environmental-Economic Accounting for Water. Final Draft. Sales No. New York.