

ISSN 2056-4856 (Print)  
ISSN 2056-4864 (Online)

# **WATERLAT GOBACT**

**NETWORK**

## **WORKING PAPERS**

**Student Prize 2016**



**Vol. 4, N° 5**

**(In Portuguese and Spanish)**

Newcastle upon Tyne and Mexico City, December 2017

Cover Picture: Branch of the Guadalquivir river running through the city of Seville, Spain, 29 December 2013.

Source: [WATERLAT-GOBACIT Flickr collection](#) (Attribution-NonCommercial Creative Commons)



ISSN 2056-4856 (Print)  
ISSN 2056-4864 (Online)

# **WATERLAT-GOBACIT NETWORK WORKING PAPERS**

Vol. 4, N° 5

Student Prize Series

WATERLAT-GOBACIT Student Prize 2016

Antonio Rodríguez Sánchez (Ed.)  
Newcastle upon Tyne and Mexico City, December 2017



## **WATERLAT-GOBACIT Research Network**

5th Floor Claremont Bridge Building, NE1 7RU Newcastle upon Tyne, United Kingdom

E-mail: [waterlat@ncl.ac.uk](mailto:waterlat@ncl.ac.uk)

Web page: [www.waterlat.org](http://www.waterlat.org)

## **WATERLAT-GOBACIT NETWORK Working Papers**

### **General Editor**

Jose Esteban Castro

Emeritus Professor,  
Newcastle University  
Newcastle upon Tyne, United Kingdom  
E-mail: [esteban.castro@ncl.ac.uk](mailto:esteban.castro@ncl.ac.uk)

**Editorial Commission:** ([click here](#))



ISSN 2056-4856 (Impreso)

ISSN 2056-4864 (En línea)

# **Cuadernos de Trabajo de la Red WATERLAT-GOBACIT**

Vol. 4, N° 5

Serie Premio de Estudiantes

WATERLAT-GOBACIT Premio de Estudiantes 2016

Antonio Rodríguez Sánchez (Ed.)

Newcastle upon Tyne y Ciudad de México, diciembre de 2017



## Student Prize Series

WATERLAT-GOBACIT  
Student Prize 2016

### Corresponding Editor:

Antonio Rodríguez Sánchez

Instituto de Investigaciones Dr. José María  
Luis Mora  
Plaza Valentín Gómez Farías # 12  
Col. San Juan Mixcoac, C.P.03730  
Mexico City, Mexico  
Telephone: +52 5598 3777  
Fax: + 525563 7162  
Email: handle\_tony@hotmail.com

### Corresponding authors:

For comments or queries about the individual articles, contact the relevant authors. Their email addresses are provided in each of the articles.

## Serie Premio de Estudiantes

Premio de Estudiantes  
WATERLAT-GOBACIT 2016

### Editor Correspondiente:

Antonio Rodríguez Sánchez

Instituto de Investigaciones Dr. José María  
Luis Mora  
Plaza Valentín Gómez Farías # 12  
Col. San Juan Mixcoac, C.P.03730  
Ciudad de México, México  
Teléfono: +52 5598 3777  
Fax: +52 5563 7162  
Email: handle\_tony@hotmail.com

### Autores Correspondientes:

Para enviar comentarios o consultas sobre los artículos individuales incluidos, por favor contacte a los autores relevantes, cuyos datos de contacto son provistos en cada uno de los artículos.

## Tabla de Contenidos

	Página
Presentation of the Student Prize Series .....	1
Presentación de la Serie Premio de Estudiantes .....	2
Presentación del Cuaderno de Trabajo .....	3
“Análisis de la demanda doméstica de agua a través de un modelo multivariante. Aplicación al Municipio de Sevilla, España” <i>María C. Villarín Clavería</i> .....	4
“Saneamento e saúde: uma experiência de gestão comunitária no semiárido brasileiro” <i>Barbara Silva Passos</i> .....	20

## Presentation of the Student Prize Series

This issue corresponds to the Student Prize Series of the WATERLAT-GOBACIT Network's Working Papers. This is a special series of the Working Papers, dedicated to the doctoral and master dissertations submitted to the annual competition organized by the Network to reward the best work submitted in both categories (for additional information visit the web page of the [Student Prize](#)).

This Working Paper is the third of the Student Prize Series. It features two articles based on two doctoral dissertations submitted to the [2016 Student Prize Competition](#). These were doctoral and master dissertations successfully defended in universities from Spain and Brazil. Antonio Rodríguez Sánchez, from the Research Institute José María Luis Mora in Mexico City is the Co-ordinator of the Series and the editor of this Working Paper.

We are delighted to present the work of our students to the readers, and wish you a fruitful experience.

*Jose Esteban Castro*

General Editor



## Presentación de la Serie Premio de Estudiantes

Este número corresponde a la Serie Premio de Estudiantes de los Cuadernos de Trabajo de la Red WATERLAT-GOBACIT. Esta es una serie especial de los Cuadernos de Trabajo dedicada a las tesis de Doctorado y Maestría presentadas al concurso anual organizado por la Red para premiar las mejores tesis en ambas categorías (para mayor información visite la página de internet del [Premio de Estudiantes](#)).

Este Cuaderno de Trabajo es el tercero de la Serie Premio de Estudiantes. El mismo contiene dos artículos basados en tesis de doctorado y de maestría presentadas a la [Edición 2016 del Premio de Estudiantes](#). Se trata de tesis defendidas exitosamente en universidades de España y de Brasil. Antonio Rodríguez Sánchez, del Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora en la Ciudad de México es el Coordinador de la Serie y el editor de este Cuaderno de Trabajo.

Es un placer presentar el trabajo de nuestros estudiantes a los lectores y les deseamos una experiencia fructífera.

*José Esteban Castro*

Editor General

## Presentación del Cuaderno de Trabajo

El Cuaderno de Trabajo se compone de artículos derivados de tesis participantes en la tercera edición del concurso Premio Estudiantes de la Red WATERLAT-GOBACIT, el cual premia a las mejores tesis de maestría y doctorado presentadas por estudiantes pertenecientes a la Red durante el año 2016. El objetivo del cuaderno es publicar en forma de artículos los resultados más relevantes de las tesis participantes que no resultaron ganadoras del premio, debido a que consideramos que dada su calidad los aportes teórico-metodológicos y los resultados de las investigaciones merecen ser difundidos. El cuaderno cuenta con dos artículos. El primero corresponde a una tesis de doctorado y el segundo a una tesis de maestría, defendidas en España y en Brasil respectivamente.

El primer artículo está a cargo de María Villarín Clavería, de la Universidad de Sevilla, y aborda el tema de la gestión urbana del agua. Su objetivo fue explicar las diferencias submunicipales del consumo doméstico de agua, a través de un estudio a escala de sección censal en la aglomeración urbana de la ciudad de Sevilla, España, en el año 2009. La autora presenta en detalle la selección y delimitación de los ámbitos de análisis (sección censal), la cuantificación de la demanda doméstica de agua y la selección de variables que constituyeron los factores explicativos del consumo doméstico. La investigación constituye un aporte al estudio de los sistemas hidrosociales a escala urbana mediante un trabajo con perspectiva práctica/aplicada. La autora comprobó que las secciones censales presentaron diferencias en el consumo doméstico de agua que a la vez confirman y difieren en distintos aspectos de lo esperado a partir del conocimiento existente, lo cual sugiere la necesidad de elaborar nuevos modelos que permitan alcanzar mayor precisión explicativa de estos fenómenos.

El segundo artículo es un aporte de Barbara Silva Passos, quien realizó un estudio comparativo del impacto de una intervención realizada en el marco del Sistema Integrado de Saneamiento Rural (SISAR) en una comunidad periurbana de la Región Metropolitana de Fortaleza, en el Estado de Ceará, Brasil. La investigación utilizó un enfoque epidemiológico para estudiar las modificaciones en las condiciones sanitarias a nivel domiciliar producidas por la intervención del SISAR, un sistema basado en la participación comunitaria directa en algunos aspectos de la gestión del servicio de agua. El trabajo parte de una visión crítica del enfoque higienista y de gestión de servicios de agua y saneamiento hegemónicos en Brasil, que en gran medida continúan marcados por una visión que reduce las intervenciones a sus aspectos técnicos. La autora concluye que el modelo innovador de gestión que caracteriza al SISAR, basado en la participación comunitaria, tiene un gran potencial, especialmente por si las acciones pasan a incorporar la capacitación de la comunidad para desarrollar de forma integrada nuevas políticas y prácticas centradas en la promoción de la salud.

Tenemos el agrado de presentar al público lector estos artículos surgidos de la investigación de nuestros estudiantes. En el interior podrán encontrar información adicional, incluyendo indicaciones para acceder a las copias completas de los trabajos de tesis realizados por las autoras.

*Antonio Rodríguez Sánchez*  
Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora

## Artículo 1

# Análisis de la demanda doméstica de agua a través de un modelo multivariante. Aplicación al Municipio de Sevilla

*María C. Villarín Clavería<sup>1</sup>*

Departamento de Geografía Humana. Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Sevilla

Este artículo se basa en la tesis "Factores Explicativos de la Demanda Doméstica de Agua. Estudio a Microescala del Municipio de Sevilla". Doctorado en Geografía Humana, Universidad de Sevilla, España, 2015. La tesis completa se encuentra disponible en la página de internet del Premio de Estudiantes WATERLAT-GOBACIT ([acceda aquí a la tesis](#)).

### Resumen

El estudio realizado se basó en el desarrollo de una metodología aplicando modelos de regresión lineal multivariante para analizar los distintos factores que influyen en la demanda doméstica de agua. Con el fin de alcanzar este propósito, se realizó un análisis desde una perspectiva teórica general y, paralelamente, un exhaustivo desarrollo empírico y cuantitativo. El resultado del mismo permitió la obtención de una metodología con la que se identificaron, cuantificaron y explicaron las diferencias submunicipales del consumo doméstico de agua, a escala de sección censal, en el municipio de Sevilla para el año 2009. A partir de las técnicas estadísticas empleadas se comprobó que la demanda doméstica de agua no se distribuye homogéneamente en el municipio de Sevilla. Considerando en el modelo aplicado un total de 16 variables se encontraron diferencias notables en el consumo doméstico entre distintos sectores de la ciudad.

**Palabras clave:** regresión lineal multivariante, sección censal, factores, demanda doméstica.

Recibido: septiembre de 2017

Aceptado: diciembre de 2017

---

<sup>1</sup> E-mail: mvillarín@us.es.

## Abstract

The study was based on the development of a methodology applying multivariate linear regression models to analyze a range of factors that influence domestic water demand. To achieve this purpose; an analysis was carried out from a general theoretical perspective and, at the same time, a comprehensive empirical and quantitative assessment. The result produced a methodology to identify, quantify and explain the sub-municipal differences in domestic water consumption, at census tract level, in the city of Seville for the year 2009. Using statistics, it was found that domestic water demand is not distributed homogeneously in the municipality of Seville. After considering a total of 16 variables in the statistical model, we found notable differences in household consumption between different sectors of the city.

**Keywords:** multivariate linear regression, census section, factors, domestic water demand.

Received: September 2017

Accepted: December 2017

## Introducción

En el campo de la investigación de los fenómenos ambientales ya se ha generalizado la norma de no referirse a sistemas naturales o ecosistemas, sino a sistemas socio-naturales o socio-ecosistemas (Lavell, 2003; Saurí, 2003). De la misma manera, en las investigaciones sobre el ciclo del agua tendemos a referirnos al ciclo socio-hidroológico. Esta combinación en modelos únicos de las realidades natural y social, que constituye la esencia de los modelos hidro-sociales, añade presión al exigir la introducción y combinación de nueva información social con la de carácter natural. La principal dificultad del modelado hidrosocial, precisamente, es la incorporación de datos cualitativos de carácter social. Para ello hay que definir qué nivel de precisión se necesita, qué fuentes, qué nivel de accesibilidad, qué métodos de producción, cómo tratarlos, etc. Suelen ser datos muy robustos, pero son poco precisos, por lo que su incorporación a modelos cuantitativos presenta un reto adicional. Por ejemplo, la evidente falta de datos que se detecta en lo concerniente a las demandas y usos del agua (Pita et al., 2014).

El interés por el estudio de la demanda doméstica de agua surgió en la comunidad científica internacional a partir de la década de 1950. Estos estudios se iniciaron con un claro enfoque económico y tuvieron como escenario preferente ciudades anglosajonas (Larson y Hudson, 1951; Gottlieb, 1963; Conley, 1967; Howe y Linaweaver, 1967; Hanke y Flack, 1968). Su objetivo principal fue el desarrollo de modelos econométricos en los que se evaluaba la elasticidad e inelasticidad de la demanda de agua a partir del precio de la misma. Como alternativa a los modelos econométricos y a efectos de mejorar la planificación y gestión del abastecimiento, se incorporaron al análisis de la demanda nuevas variables relacionadas con factores territoriales, demográficos, ambientales o incluso tecnológicos (Agthe y Billing, 1980; Campbell et al., 1999; Agthe y Billing, 2002; Dalhuisen et al., 2002; Gato et al., 2007). Así pues, estos estudios son de especial importancia en los debates sobre la posibilidad, la dificultad y la metodología necesaria para modelizar e incorporar cuestiones tan abstractas como la implantación de nuevos hábitos y conductas en los diferentes sectores de consumo. Existen modelos que incorporan cuestiones de este tipo: cambios de conductas productivas, expectativas creadas por políticas de incremento de recursos, etc., tanto en la propia estructura del modelo como en la generación de escenarios (Baños, 2013; Martínez, 2013).

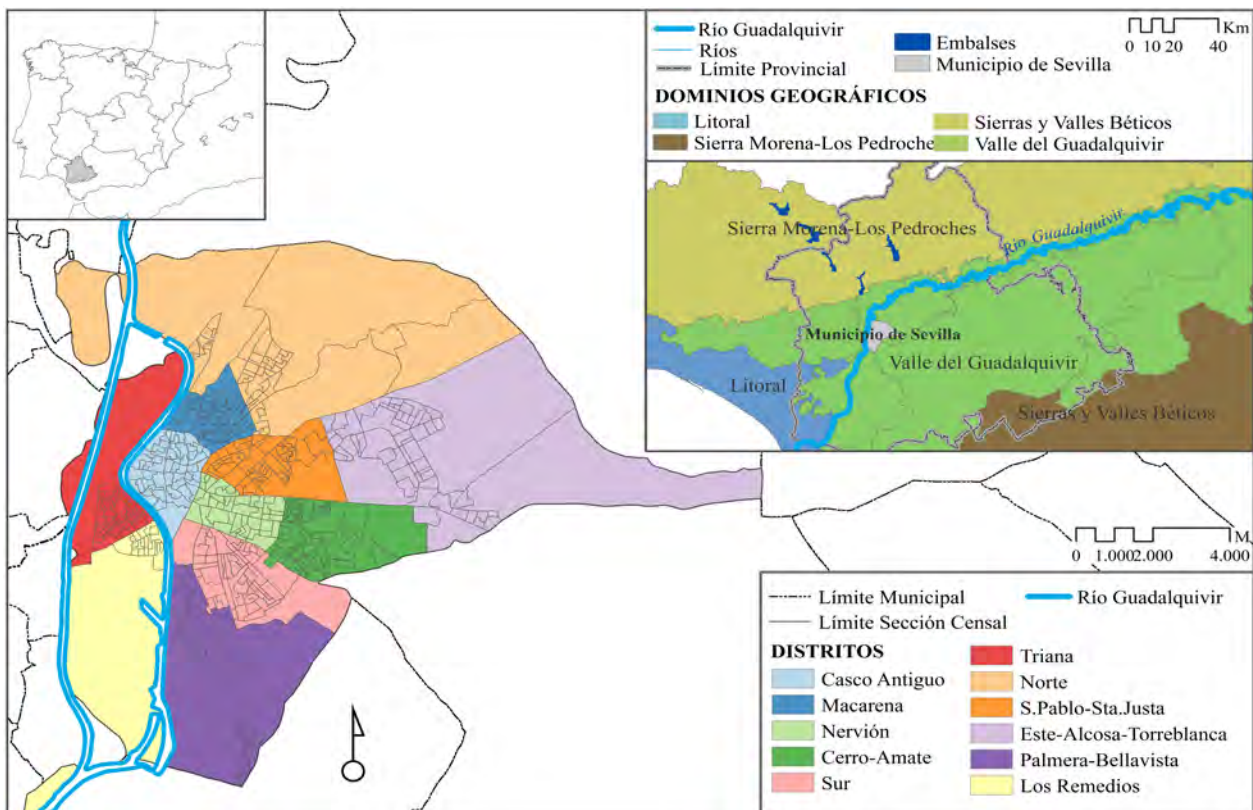
En este contexto, se inserta el presente trabajo de investigación cuyo objetivo general se basó en el desarrollo de una metodología que permitiera identificar, cuantificar y explicar las diferencias submunicipales del consumo doméstico de agua, a través de un estudio a escala de sección censal en la aglomeración urbana de Sevilla en el año 2009. Para el cumplimiento del objetivo general, ha sido necesario plantearse otros objetivos procedimentales basados en la aplicación de técnicas específicas, entre las que se encuentran: la selección y delimitación de los ámbitos de análisis (sección censal), la cuantificación de la demanda doméstica de agua a esta escala, la selección de variables que puedan constituir los factores explicativos del consumo doméstico de agua, la producción de cartografía, la construcción de modelos relacionales y espaciales y la depuración de errores.

## Área de estudio

La provincia de Sevilla tiene una extensión de 14,036.5 km<sup>2</sup> y se localiza en la región de Andalucía (sur de España). Consta de 105 municipios (IECA, 2016), entre los cuales se encuentra su capital, la ciudad de Sevilla, de igual nombre que la provincia. El municipio de Sevilla (a partir de ahora Sevilla) tiene una extensión de 141.3 km<sup>2</sup> (INE, 2016). Desde el 1 de enero de 2007, Sevilla se compone de 522 secciones censales agrupadas en 11 distritos (AS, 2016), registrándose un total de 6 distritos con anterioridad a esa fecha. Este cambio en la delimitación de los distritos produjo una redistribución profunda en las secciones censales que continuó con posterioridad, aunque de forma más leve, siguiendo el criterio de mantener el rango de electores que definen una sección censal y dividiéndose al cumplir el número máximo de electores, lo cual produjo una modificación del área total de las secciones censales (Figura N° 1).

El río Guadalquivir -el río más importante del sur de España con 640 km de longitud- cruza a la ciudad de norte a sur (Bhat y Blomquist, 2004). La Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir tiene una extensión de 57,527 km<sup>2</sup> y se extiende por 12 provincias pertenecientes a cuatro regiones diferentes: Andalucía (90,22%), Castilla-La Mancha (7,13%), Extremadura (2,45%) y Murcia (0,20%) (CHG, 2016).

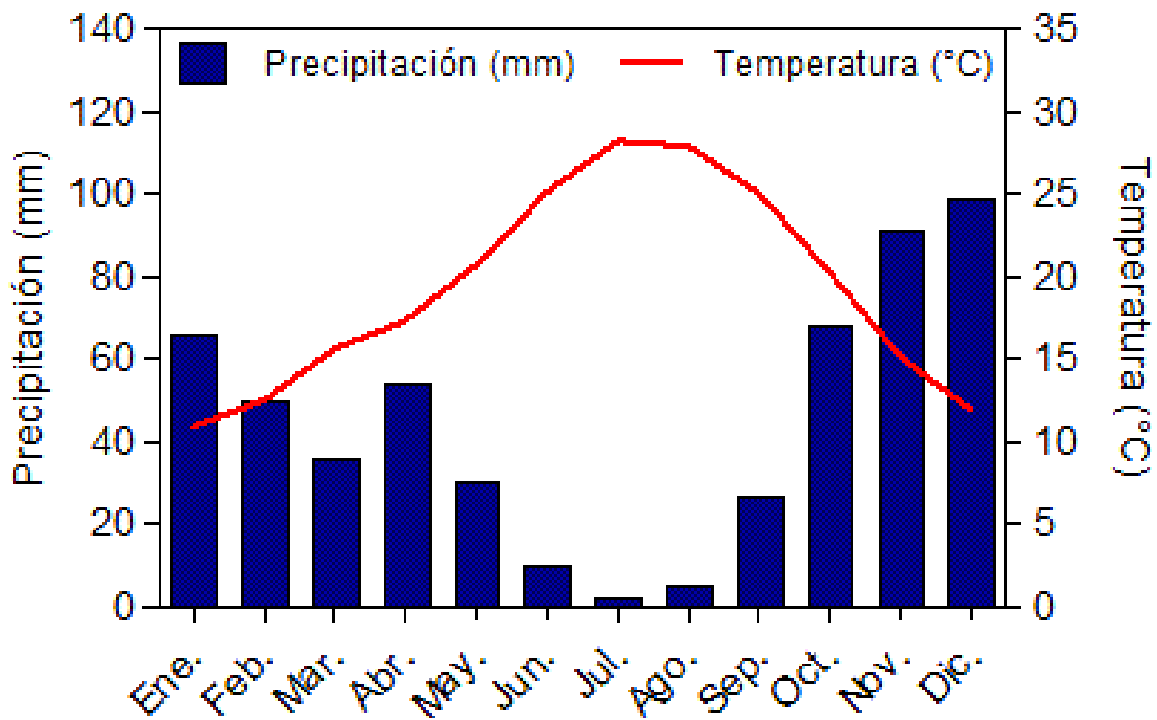
Figura N° 1. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia sobre datos del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA), 2016.

El área de estudio está caracterizada por un clima de tipo mediterráneo (Figura N° 2), definido por temperaturas suaves a lo largo del año y precipitaciones que se concentran en los meses de otoño y primavera.

Figura N°2. Climograma



Fuente: Elaboración propia sobre datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), 2016.

## Obtención y base de datos

### Unidad de análisis

En la tradición anglosajona, el término secciones censales o sectores censales (*census tracts*) fue propuesto por primera vez en la ciudad de Nueva York en el año 1906 por el Dr. Walter Laidlaw, convencido de las ventajas que la subdivisión de unidades homogéneas proporcionaba, dentro de las ciudades, como base para estudiar vecindades más pequeñas que el distrito y el barrio (U.S. Department of Commerce, 1972). En el caso de Gran Bretaña, el primer caso registrado del uso de secciones censales fue datado en la ciudad de Oxford en el censo de 1951. Para el establecimiento de las mismas, se utilizaron pequeñas áreas cuyo número de población fuera homogéneo (Robson, 1969). En España, las secciones censales surgieron ante la necesidad de dividir

cada municipio de manera rigurosa y minuciosa para la realización del Censo Electoral, de ahí que también se denominen secciones electorales reguladas en función de los criterios marcados por la Ley Orgánica 5/1985 sobre Régimen Electoral General. En dicha ley, se definieron las competencias sobre el número de secciones por parte de las Delegaciones Provinciales de la Oficina del Censo Electoral, así como la configuración de sus límites (art. 24.1 LOREG 5/1985, de 20 de junio). De igual modo, quedó establecido el número máximo y mínimo de electores entre los 500 y 2,000 habitantes (art. 23.2 LOREG 5/1985, de 20 de junio) y la obligatoriedad por parte del elector de registrarse en el censo electoral, cuya revisión se realiza con fecha del día primero de enero de cada año a través de los Ayuntamientos, mediante la Oficina del Censo Electoral (art. 34 y 35 LOREG 5/1985, de 20 de junio).

Si bien, la utilidad final de la sección censal se relacionaba con los procesos electorales, los datos estadísticos sobre la población que las habita son una fuente de información de gran valor. Fundamentalmente, por quedar delimitados en ámbitos concretos, por accidentes del territorio, geográficos y/o estadísticos (Veres, 1999); y por estar referidos a características sociodemográficas que se actualizan anualmente mediante el Padrón Municipal, y edificatorias, que se actualizan decenalmente mediante el Censo de Población y Vivienda. La eficacia de la sección censal como ámbito de estudio queda patente en el uso que, de ella, aunque no de forma numerosa, se realizó en diferentes estudios y la utilización de la misma por parte de distintos organismos tanto del ámbito internacional como nacional. De hecho, el Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid definió las secciones censales como un referente geográfico de carácter estadístico, siendo un instrumento eficaz tanto en trabajos censales o padronales, como para investigaciones por muestreo y en el Censo Electoral (Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, 2014).

Tal y como se ha descrito, el uso de la sección censal como unidad de estudio presenta muchos aspectos positivos. No obstante, sería necesario considerar aquellos aspectos negativos que puedan identificarse, puesto que, además de la carencia de determinados datos poblacionales o territoriales a esta escala, el aumento de población en una sección censal provoca su división espacial. Por tanto, no se garantiza la homogeneidad en cuanto a características socioeconómicas o demográficas de los individuos que la conforman, ni uniformidad alguna en lo referente a la urbanización o conformación del territorio de una determinada sección (Enrique, 2013). Así pues, si bien las secciones censales van a estar afectadas y condicionadas por el cumplimiento del criterio de número de electores, la escala de sección censal es una buena fuente de información con una resolución óptima y detallada siendo necesaria una exploración previa de los datos.

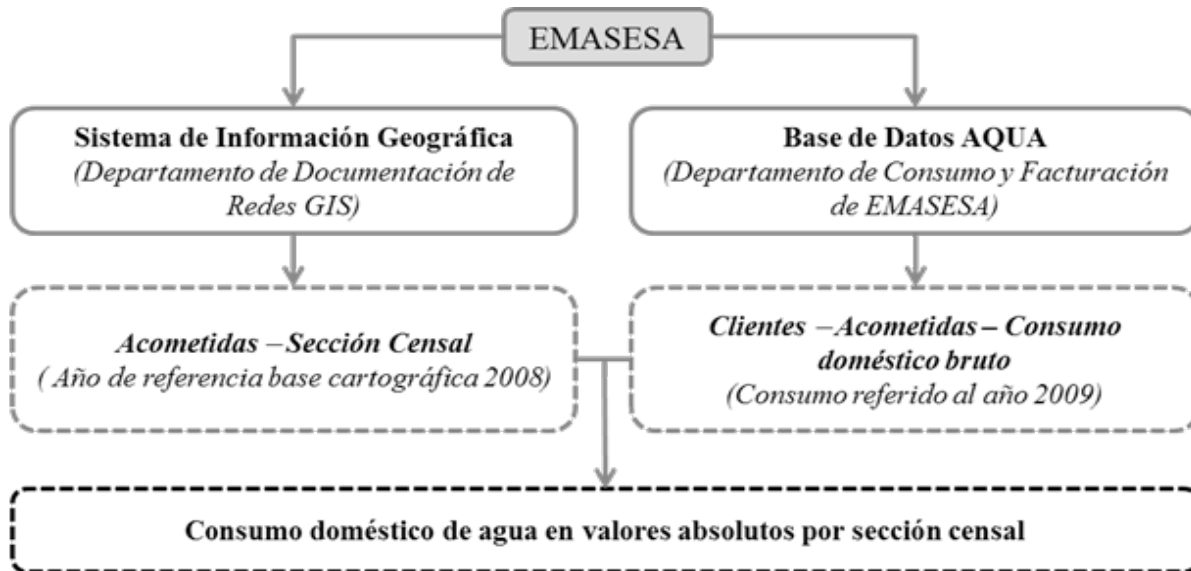
## Datos

Para el presente trabajo de investigación el número total de variables utilizadas fue de 16. La información para la variable "consumo doméstico de agua por cliente" se obtuvo de la Empresa de Abastecimiento y Saneamiento de Sevilla (EMASESA). Para ello, se relacionó cada acometida con la sección censal de referencia. A su vez, se relacionó el consumo doméstico bruto (medido en m<sup>3</sup>) registrado por cada cliente según



la acometida<sup>2</sup> que abastece al domicilio. En la Figura N° 3, se observa el proceso para la obtención del consumo doméstico de agua en valores absolutos por sección censal.

Figura N° 3. Proceso de obtención de la variable “consumo doméstico de agua” por sección censal.



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la variable “consumo doméstico mensual” en valores absolutos ( $m^3$ ), se realizó la conversión de unidades, teniendo como resultado la variable “consumo doméstico per cápita” (l/hab./día) para cada sección censal.

La información para las variables sociodemográficas se solicitó al Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA), con la excepción de la variable “área total por sección censal” que, aunque procede del IECA, no es una variable sociodemográfica al uso. Las variables inicialmente estaban definidas en valores absolutos (número de habitantes). Por tanto, ha sido necesario hacer una conversión de las variables iniciales a las nuevas variables en valores relativos: “población por grupos de edad”, “extranjeros”, “índice de juventud” e “índice de vejez”, en porcentajes y a nivel de sección censal. La variable “media de edad de población” no fue modificada, puesto que estaba definida en origen en las unidades (número de años de la población) adecuadas para el estudio.

Por último, también se incluyeron en el modelo las variables referidas a las características edificatorias-urbanísticas procedentes de la Dirección General del Catastro. Para ello, se seleccionaron los edificios con uso residencial por sección censal, identificándose en cada una de las mismas, inicialmente, las variables: “suelo construido”, “altura de cada edificio”, “número de viviendas por edificio”, “valor” y

2 Según el art. 15 del Reglamento del Suministro Domiciliario de Agua se define “acometida” como el conjunto de tuberías y otros elementos que unen las conducciones viarias con la instalación interior del inmueble que se pretende abastecer (art. 15 Decreto 120/1991, de 11 de junio).

“superficie catastral”. Del resultado de este proceso, se obtuvo cada variable edificatoria referida a la sección censal de pertenencia. Dichas variables, en valores relativos se correspondían con: “superficie catastral media por vivienda”, “altura media ponderada por inmueble” y “valor catastral medio por vivienda”. Además de estas variables, se obtuvieron 4 variables más como combinación de las anteriores: “densidad bruta media”, “densidad neta media”, “número medio de habitantes por vivienda” y “densidad habitacional media”. En la Tabla N° 1 se observan las variables incluidas finalmente en el modelo y sus respectivas unidades.

Tabla N° 1. Variables finales seleccionadas en el estudio

Variables	Unidades
Consumo doméstico per cápita	L/hab./día
Población de 14 años y menos	%
Población que oscila entre los 15 y 34 años	%
Población que oscila entre los 35 y 64 años	%
Población de 65 años y más	%
Índice de juventud	%
Índice de vejez	%
Porcentaje de extranjeros	%
Edad media	n° de años
Superficie catastral media por vivienda	m <sup>2</sup>
Altura media ponderada por inmueble	n° plantas por inmueble
Valor catastral medio por vivienda	€
Densidad bruta media	hab./ha*
Densidad neta media	hab./ha†
Número medio de habitantes por vivienda	hab./viv.
Densidad habitacional media	hab./100m <sup>2</sup>

\* Las hectáreas (ha) hacen referencia a la superficie por sección censal. † Las hectáreas hacen referencia a la superficie construida por parcela.

## Metodología

En la presente investigación se aplicó un método de trabajo basado en el desarrollo en cascada realimentada, empleado por primera vez por Bennington en 1956 y modificado por Royce en 1970. El método aplicado, surgió del denominado modelo “en cascada” o “lineal secuencial” utilizado para el desarrollo de software en el ámbito informático, cuya premisa se fundamentaba en que para el inicio de cada etapa del proceso era necesaria la finalización de la etapa anterior (Pressman, 2005). En este caso, al tratarse de un método en cascada realimentado, cada una de las etapas del proceso no estaban

completamente cerradas y a medida que se avanzó en el proceso se presentaron ciertas incertidumbres o incorrecciones, que provocaron la revisión de una etapa o etapas anteriores. El proceso metodológico empleado (Figura N°4), fue comprobado minuciosamente en cada una de las etapas descritas a continuación, corroborando la validez del mismo de forma iterativa para certificar que la solución del proceso anterior validara la del proceso siguiente, hasta obtener un resultado final óptimo:

- Obtención, elaboración y tratamiento de las variables: como resultado de la cual se seleccionaron las variables que fueron utilizadas en la investigación. El proceso de obtención de variables se desarrolló progresivamente desde un número de variables iniciales, obtenidas de los organismos productores-difusores de las mismas, hasta una última etapa en la que se seleccionaron las variables definitivas. Esta fase no sólo se basó en la obtención de las variables en valores relativos a partir de valores absolutos; también en ella se detectaron secciones censales erróneas cartográficamente.

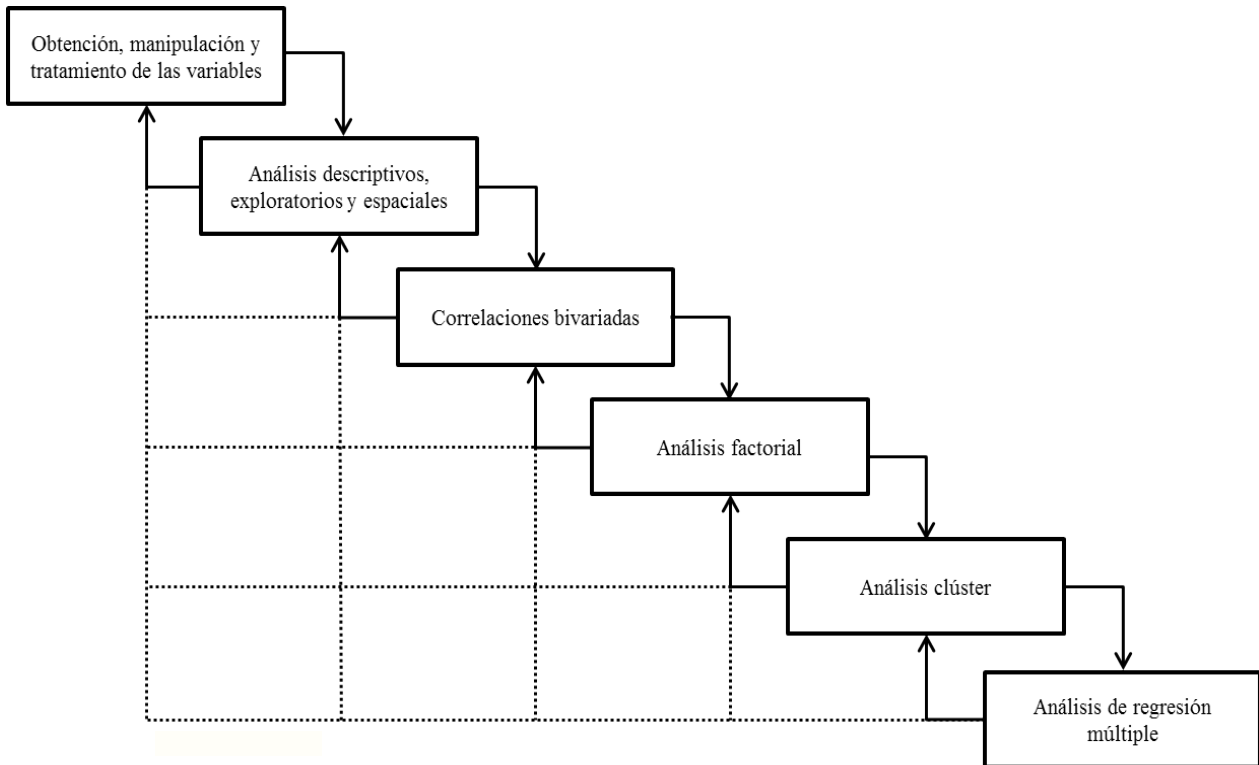
- Análisis descriptivos, exploratorios y espaciales: con base en los datos estadísticos descriptivos, complementándose con su interpretación espacial. En esta fase se confirmó la existencia de errores cartográficos en algunas secciones censales que previamente se habían detectado visualmente.

- Correlaciones bivariadas: se comprobaron y validaron las relaciones que se establecieron entre las variables independientes y la dependiente. Además, esta fase permitió cuantificar la "fortaleza" de dicha relación y analizar, en función de la relación, si sobre la muestra se podía aplicar un modelo de regresión lineal o por el contrario se debía aplicar otro modelo o hacer una selección de la muestra en la que se posibilite dicha relación lineal. También, se completó con la detección de posibles secciones censales erróneas o sobre las que se detectaron valores atípicos.

- Análisis factorial y análisis por clúster: En esta fase se abordó, en primer lugar, la posibilidad de una reducción de variables para posibilitar, en segundo lugar, la formación de conglomerados. Estos conglomerados, según el cumplimiento de las premisas previas, estaban basados en aquellas variables independientes en las que se detectó una mayor relación y sobre las cuales se procedió a la aplicación de la última etapa metodológica.

- Análisis de regresión lineal múltiple: Se obtuvieron distintos modelos de regresión que cumplían los requisitos descritos. Los modelos resultantes, se podrían aplicar no sólo a la muestra seleccionada, sino que se podrían inferir a otros casos muestrales. A través de dichos modelos, se identificaron las variables independientes que mejor explicaban el comportamiento de la variable consumo doméstico per cápita.

Figura N° 4. Modelo en cascada realimentado adaptado a la investigación



Fuente: Elaboración propia

## Resultados y discusión

El consumo doméstico de agua analizado en función de las secciones censales manifestó notables diferencias. La evidencia de estas diferencias entre las secciones censales condujo a una reagrupación y clasificación del total de secciones censales en función: I) de similitudes edificatorias entre dichas secciones censales, II) de características comunes en base a la relación entre variables. Lo que generó, excluidas las secciones con errores cartográficos, una nueva clasificación y reagrupación del total de secciones en base a los análisis estadísticos realizados y que son la prueba de esa distribución desigual de consumo:

- Secciones censales cuyas viviendas unifamiliares superan el 80% del total de inmuebles residenciales.
- Secciones censales cuyas viviendas unifamiliares oscilan entre el 50% y 80% del total de inmuebles residenciales.
- Secciones censales cuyas viviendas plurifamiliares superan el 80% del total de inmuebles residenciales.
- Secciones censales cuyas viviendas plurifamiliares oscilan entre el 50% y 80% del total de inmuebles residenciales.

De la clasificación general realizada en los cuatro grupos anteriores y tras la aplicación de los análisis clúster y factorial, se obtuvo una nueva subdivisión en nueve grupos de secciones censales. A continuación, se indica un cuadro-resumen (Tabla N° 2) en el que se incluyen los modelos de regresión lineal obtenidos.

Tabla N° 2. Cuadro-resumen de los modelos de regresión lineal múltiple por tipología edificatoria.

Tipología edificatoria	Conglomerado	Porcentaje de varianza explicada por el modelo R <sup>2</sup> (corregido)	Error típico de la estimación (L/hab./día)	Recta de Regresión
Secciones censales cuyas viviendas unifamiliares superan el 80% del total de inmuebles residenciales. (N=43).	Primer modelo de regresión (N=24)	74,2 %	7,93	$Y' = 201,890 - 4,497 (\text{por14}) - 2,027 (\text{por35}_64) + 0,001 (\text{valorcatmed}) + 8,840 (\text{densidadhab})$
	Segundo modelo de regresión (N=19)	62,6%	10,93	$Y' = 140,271 + 0,001 (\text{valorcatmed}) - 18,981 (\text{numedhab})$
Secciones censales cuyas viviendas unifamiliares oscilan entre el 80% y el 50% del total de inmuebles residenciales. (N=94).	Segundo modelo de regresión (N=60)	56,0%	13,22	$Y' = 93,887 + 7,432 (\text{altmedpond}) + 0,388 (\text{supmedcons}) + 0,075 (\text{densidadbruta}) + 0,086 (\text{densidadneta}) - 23,311 (\text{numedhab})$
	Primer modelo de regresión (N=34)	51,1%	18,33	$Y' = 92,385 + 24,621 (\text{altmedpond}) - 21,747 (\text{densidadhab})$
Secciones censales cuyas viviendas unifamiliares oscilan entre el 80% y el 50% del total de inmuebles residenciales. (N=94).	Primer modelo de regresión (N=134)	52,3%	16,38	$Y' = 192,076 - 2,817 (\text{por14}) + 0,600 (\text{porextran}) + 0,000 (\text{valorcatmed}) - 0,093 (\text{densidadhab}) - 16,179 (\text{nummedhab})$
	Segundo modelo de regresión (N=129)	43,6%	18,84	$Y' = 192,550 + 3,167 (\text{altmedpond}) + 0,001 (\text{valorcatmed}) - 0,231 (\text{supmedcons}) - 39,452 (\text{nummedhab})$
	Tercer modelo de regresión (N=23)	79,6%	10,06	$Y' = 19,983 + 9,756 (\text{altmedpond}) + 0,002 (\text{valorcatmed}) + 0,897 (\text{densidadneta}) - 36,857 (\text{densidadhab})$
Secciones censales cuyas viviendas plurifamiliares oscilan entre el 80% y el 50% del total de inmuebles residenciales. (N=75).	Primer modelo de regresión (N=35)	36,7%	15,75	$Y' = 138,116 - 0,219 (\text{indjuv}) + 10,321 (\text{altmedpond}) - 15,162 (\text{densidadhab})$
	Segundo modelo de regresión (N=33)	42,0%	12,12	$Y' = 130,440 + 2,433 (\text{porextran}) + 0,001 (\text{valorcatmed}) - 0,558 (\text{supmedcons}) - 0,64 (\text{densidadbruta})$
	Tercer modelo de regresión (N=7)	Tamaño muestral insuficiente		

En general, las variables que de manera recurrente se observaron en las distintas tipologías analizadas son: "valor catastral medio", "densidad habitacional", "número medio de habitantes", "superficie media construida" y "altura media ponderada". Del análisis de las variables, se dedujo que el aumento del valor catastral medio, así como de la superficie media construida y la altura media ponderada suponen un mayor consumo de agua per cápita, que afectó de manera general a las viviendas unifamiliares y plurifamiliares, aunque se constataron algunas excepciones al respecto. Por otro lado, el descenso de la densidad habitacional (con excepción del primer modelo unifamiliar) y del número de habitantes implicó un mayor consumo per cápita. Además, en el caso de las viviendas pertenecientes a la tipología plurifamiliar, el aumento en el índice de juventud supuso un descenso del consumo de agua si se mantienen constantes el resto de las variables, hecho que parece contradecir lo expresado en los antecedentes bibliográficos analizados. En el caso del índice de vejez, no se pudo concretar ningún dato al respecto. Lo que nos lleva a tener en cuenta que los modelos están integrados por diversas variables, las cuales separadamente pueden no describir correctamente el efecto sobre el consumo doméstico de agua real.

En el caso de las viviendas unifamiliares y plurifamiliares 'puras' con un valor de  $R^2$  se registraron coeficientes de determinación con valores superiores a 0.7. Sin embargo, la mayoría de conglomerados presentaban valores del coeficiente de determinación corregido que oscilaba entre 0,4 y 0,6, los cuales se podrían considerar valores más que suficientes y nada despreciables tratándose desde un punto de vista de las Ciencias Sociales (Cea, 2004), debido a la complejidad de las variables analizadas. Además, estos valores de  $R^2$  quedan validados por su bajo error típico de estimación y confirma el ajuste del modelo resultante con respecto al esperado. Mientras que en el caso de las viviendas unifamiliares y plurifamiliares 'mixtas', los patrones de consumo fueron menos causales y más ocultos, así pues, si bien aumentó el error típico en estos modelos todavía se podrían considerar más que aceptables.

## Conclusiones y perspectivas futuras

Ante la necesidad y con el objetivo de un mejor y mayor conocimiento de los sistemas hidrosociales, se abordó el trabajo de investigación desde una perspectiva práctica/aplicada y se profundizó examinando los factores explicativos de la demanda doméstica de agua en el municipio de Sevilla, a través de las variables explicativas (de naturaleza sociodemográfica, económica y edificatoria) que *a priori* se relacionan con el consumo doméstico per cápita. Como se comprobó, las secciones censales presentaron diferencias que demandaron una nueva clasificación llevada a cabo en diferentes fases y que han constatado:

1. La generación de nuevos grupos basados en la diferenciación de características edificatorias.
2. En base a los análisis estadísticos, se establecieron factores en los que se interrelacionaron variables causales, estando además los mismos bien diferenciados en función de su naturaleza sociodemográfica, económica y edificatoria.
3. El factor constituido por las variables sociodemográficas fue el que, en mayor medida, explicó la varianza total de la muestra analizada en el análisis factorial. Aunque, este factor por sí mismo no explica la totalidad de varianza analizada y se añadieron otros factores. Por tanto, ningún factor aisladamente explicaba la distribución espacial de las dotaciones domésticas de agua.
4. El estudio realizado posibilitó la cuantificación de cada uno de los factores analizados, se constituyeron conglomerados similares y sobre ellos se definieron los distintos modelos lineales de regresión multivariable en los que se relacionaba el consumo doméstico per cápita con las variables que mejor definían dichos conglomerados. Además, cada uno de los modelos analizados presentaban un elevado poder predictivo especialmente en las tipologías puras.
5. Las variables seleccionadas no afectaron por igual a las tipologías edificatorias existentes en el municipio, como se comprobó cada conglomerado presentó un modelo único, aunque se compartieron las mismas variables con otros modelos.

## Referencias

- Agthe, Donald y Billings, R. Bruce (1980). "Dynamic models of residential water demand". Water Resources Research, n° 16(3), pp. 476-480.
- Agthe, Donald y Billings, R. Bruce (2002). "Water price influence on apartment complex water use". Journal of Water Resources Planning and Management, n° 128, pp.366-369.
- Ayuntamiento de Sevilla (AS) (2016). "Distritos de Sevilla". Sevilla: Ayuntamiento de Sevilla. Disponible en: <http://www.sevilla.org/ayuntamiento/distritos/>
- Baños-González, Isabel, Martínez-Fernández, Julia y Esteve-Selma Miguel Angel (2013). "Dynamic simulation of socio-ecological systems: sustainability in Biosphere Reserves", Ecosistemas, n° 22-3, pp. 74-83.
- Bhat, Anjali, y Blomquist, William (2004). "Policy, politics, and water management in the Guadalquivir River Basin, Spain". Water Resources Research, 40(8), W08S071-W08S0711. doi: 10.1029/2003WR002726
- Campbell, Heather E., Larson, Elizabeth Hunt, Johnson, Ryan M., y Watts, Mary Jo (1999). "Some best bets in residential water conservation: results of a multivariate regression analysis. City of Phoenix, 1990-1996". Final Report. Morrison Institute for Public Policy: The School of Public Affairs. Arizona State University.
- Cea, María Ángeles (2004). Análisis multivariable: teoría y práctica en la investigación social. Madrid: Síntesis.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) (2016). S.A.I.H del Guadalquivir. Andalucía: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Disponible en: <http://www.chguadalquivir.es/saih/>
- Conley, Bryan C. (1967). "Price elasticity of demand for water in Southern California". Annals of Regional Science, n° 1, pp. 180-189.
- Decreto 120/1991, de 11 de junio, por el que se aprueba el Reglamento del Suministro Domiciliario de Agua. BOJA núm. 81, 10 de septiembre de 1991.
- Dalhuisen, Jasper M., de Groot Henry L.F., Rodenburg C.A. y Nijkamp Peter (2002). "Economic aspects of sustainable water use: evidence from a horizontal comparison of European cities". International Journal of Water Resources Development, n° 2, pp. 75-94.
- Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Sevilla (EMASESA) (2016). Área gestionada por EMASESA. Sevilla: Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla. Disponible en: <http://www.emasesa.com/>



- Enrique, Iria (2013). "La Movilidad cotidiana en las regiones urbanas de Andalucía. La movilidad según tipos de poblamiento". Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Documento de Trabajo. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/doctrabajo/movilidad/movilidad\\_poblamiento.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/doctrabajo/movilidad/movilidad_poblamiento.pdf)
- Gato, Shirley, Jayasuriya, Nira y Roberts, Peter (2007). "Forecasting residential water demand: case study". Journal of Water Resources Planning and Management, n° 133, pp. 309-319.
- Gottlieb, Manuel (1963). "Urban domestic demand of water in the United States". Land Economics, n°39 (2), 204-210.
- Hanke, S. H. y Flack J. Ernest (1968). "Effects of metering urban water". Journal American Water Works Association, n° 60, pp. 1359-1366.
- Howe, Charles W. y Linaweaver Jr., Fran Pierce. (1967). "The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure". Water Resource Research, n°3(1), pp. 13-32.
- Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, (2014). "Secciones censales de la Comunidad de Madrid" Disponible en: <http://www.madrid.org/iestadis/fijas/clasificaciones/seccioncensal.htm> (accessed 13.01.14).
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA) (2016). "Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA)". Sevilla: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/index2.htm>
- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2016). R"evisión del Padrón municipal 2009. Datos por municipios". Madrid: Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <http://www.ine.es/>
- Lavell, Allan. (2003). La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Guatemala: Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC). Disponible en: <http://www.disaster-info.net/>
- Larson Bernt O. y Hudson Jr. Herbet E. (1951). "Residential water use and family income". Journal of the American Water Works Association, n°43(7), 605-11.
- Ley Orgánica 5/1985, de 19 de junio, del Régimen Electoral General. BOE núm. 147, 20 de junio de 1985.
- Martínez, Julia (2013). "La modelización de los sistemas hidrosociales. Necesidades de información y datos clave". Disponible en: [http://www.upo.es/ghf/giest/GIEST/otros\\_documentos/868\\_PonenciaKD\\_Julia\\_Martinez.pdf](http://www.upo.es/ghf/giest/GIEST/otros_documentos/868_PonenciaKD_Julia_Martinez.pdf).
- Pita, María Fernanda; Del Moral, Leandro; Pedregal, Belén; Limones, Natalia y Hernández-Mora, Nuria (2014a). "Nuevos paradigmas en la gestión de recursos y riesgos

hídricos: datos e información necesarios para una gestión integrada del agua". Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, n°. 65: pp. 519-542.

Pressman, Roger S. (2005). Ingeniería del software: un enfoque práctico. México D.F: McGraw Hill/Interamericana Editores.

Robson, BrianT. (1969). "Urban analysis: a study of city structure with special reference to Sunderland". Journal of Sociality, vol. 6 issue: 1, page(s): 77-77.

U.S. Department of Commerce, (1972). "Census of population and housing. EEUU: Social and Economic Statistics Administration, 1972", p. 522. Disponible en: <https://www.census.gov/prod/www/decennial.html>

Saurí, David (2003). "Tendencias recientes en el análisis geográfico de los riesgos ambientales". Áreas: Revista Internacional de Ciencias Sociales, 23, 17-30.

Veres, Ernesto Jesús (1999). "Ordenación de secciones censales según un indicador de pobreza". Estadística Española, vol. 41, núm. 144. 169-201. Disponible en: <http://bddoc.csic.es:8080/detalles.html?id=388147&bd=ECOSOC&tabla=docu>



**WATERLATGOBACIT**