

## EL CICLO URBANO DEL AGUA Un nuevo modelo de sistema integral de gestión

*M. López de Asiain Alberich*

*A. Ehrenfried*

*P. Pérez del Real*

Eddea Arquitectura y Urbanismo S.L., Sevilla, Spain.

El presente artículo trata de dejar constancia sobre la urgente necesidad de cambiar el actual sistema de utilización del agua en los crecimientos urbanos por un modelo de gestión del agua que optimice su tratamiento como recurso. Se propone como modelo un sistema de gestión global del agua ejemplificado en el proyecto urbanístico de Castilleja de Guzmán, Sevilla (España).

### INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el desarrollo urbano de las sociedades ha ido acompañado de un incremento en la demanda del agua lo que ha provocado un aumento progresivo de la presión sobre los recursos hídricos que, durante el último siglo, ha llegado a un punto de insostenibilidad por la falta de equilibrio entre la utilización del recurso natural y su capacidad de regeneración.

A nivel mundial, el agua cubre 2/3 partes de la superficie terrestre lo que genera una percepción de abundancia, sin embargo, del total, el 97% es salada, el 2.24% es agua dulce congelada en los casquetes, glaciares y aguas subterráneas profundas y solo el 0.26% es agua dulce accesible para el consumo humano [1]. Ríos, lagos, suelo y atmósfera contienen por tanto, una cantidad muy reducida de agua dulce del mundo que, para que siga generando riqueza y alimentando todos los ciclos naturales que de ella dependen, hay que intentar preservar todo lo posible tratando de conseguir un aprovechamiento lo más sostenible posible reduciendo el consumo y, minimizando la contaminación.



Fig. 1. Vertido de aguas residuales y contaminación del agua por zonas urbana<sup>1</sup>

Este dato, unido a las previsiones de calentamiento mundial, en el que las estimaciones a no muy largo plazo, hablan de pérdida de recursos hídricos (descenso del caudal de los ríos, desaparición de acuíferos...) y la reducción de precipitaciones

<sup>1</sup> Fuente: PAM-PNUMA. [www.cco.gov.co/contmar1.htm](http://www.cco.gov.co/contmar1.htm)

en muchas áreas, supone un panorama especialmente negativo para muchos territorios debido al impacto irreversible sobre los ecosistemas más vulnerables cuya flora y fauna experimentarán cambios morfológicos y genéticos en algunas de sus especies, además de fomentar las diferencias territoriales.[2]



Fig2. La desertización del planeta<sup>2</sup>

Frente a esta escasez, sobreexplotación y contaminación del agua a nivel mundial, la única forma de abordar la situación es remitirnos al ciclo hidrológico ó ciclo del agua para, entendiendo su funcionamiento, tratar de evitar que la intervención del hombre en el mismo, desde que desvía el agua de este ciclo natural hasta que la devuelve, no lo desestabilice acabando con todos los ecosistemas que de él dependen.

El agua, elemento que no se produce sobre la superficie terrestre ni en la atmósfera (al igual que la energía no se crea ni se destruye) existe en cantidad finita que circula en lo que se llama ciclo hidrológico. Esto quiere decir que el agua que utilizamos hoy día, es la misma que se ha estado usando durante millones de años que, conservada casi sin cambio, desde el origen de la tierra, se va reciclando constantemente en un circuito interminable entre la tierra y la atmósfera, en equilibrio con todos los procesos de la naturaleza en los que va interviniendo.[3]

Sin embargo, la actuación del hombre, está alterando gravemente este ciclo ya que, la manipulación de cauces, la detración de grandes volúmenes para el consumo, la regulación de aguas superficiales (embalses, elevaciones...), la explotación de aguas subterráneas... junto con la deforestación y la erosión que afectan a la capacidad de retención y procesos de circulación naturales y, sobre todo, a la alta contaminación de nuestros residuos, está colapsando el balance hidrológico hasta ahora en equilibrio.[4]

### **MODELO DE SISTEMA INTEGRAL DEL AGUA**

Teniendo en cuenta las repercusiones del consumo urbano dentro del ciclo del agua, se hace evidente la necesidad de abandonar el actual modelo de gestión donde el único objetivo es asegurar el suministro por otro que, profundizando más en la relación entre el ciclo del agua y los nuevos crecimientos promueva una gestión del agua más consciente de las consecuencias de la desviación de cauces y tenga en cuenta que, a mayor suministro, mayor carga de residuales. Es decir, un sistema que permita que el agua desde su captación hasta su devolución al medio, en el ciclo al que llamamos urbano consiga que todas sus partes funcionen complementariamente y con el único objetivo de un consumo más eficaz [5].

Para ello, el modelo propuesto supone un sistema global en el que se tiene en cuenta el funcionamiento del agua tanto a nivel urbano como edificatorio procurando alargar su vida útil (con captación de pluviales, medidas de ahorro y reutilización) para,

---

<sup>2</sup> Fuente: Agenda 21 Local. Portal de los pueblos y ciudades sostenibles. <http://www.agenda21-local.net/portal/a21local.jsp>

cubriendo las mismas necesidades, minimizar el consumo evitando la sobreexplotación y reduciendo considerablemente la carga de aguas residuales a las que actualmente se enfrentan las depuradoras.

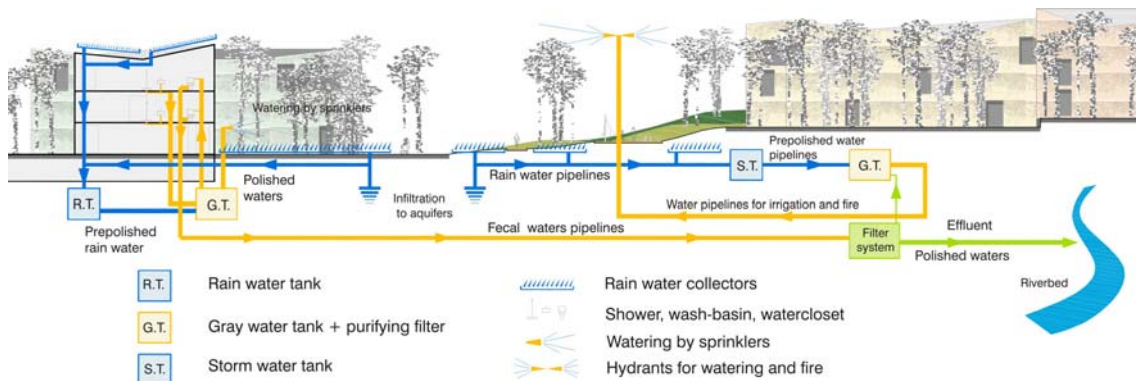


Fig.3. Modelo de sistema integral de gestión del agua.

Este modelo, ha sido aplicado en el proyecto desarrollado para el Master Plan de Castilleja de Guzmán<sup>3</sup>, municipio de la provincia de Sevilla (España) a unos 10 Km al oeste de la capital andaluza que, por encontrarse en la zona más amenazada de Europa por el cambio climático<sup>4</sup> y, por el crecimiento exponencial que se ha desarrollado en la zona, basado en un modelo de ocupación masiva del suelo, ha resultado ser una oportunidad perfecta para su puesta en práctica.

## **SISTEMA URBANO**

El modelo propone que, en el ámbito urbano, la captación de aguas pluviales, el lógico consumo de este recurso y su reutilización tengan como objetivo prioritario el mantenimiento de la estructura hidrológica de la zona en la que se implanta el nuevo desarrollo urbano, sistema que, con la urbanización tradicional, se ve drásticamente afectado.

El actual sistema de apropiación del territorio es un cúmulo de problemas para los sistemas naturales de drenaje ya que, no solo anula la capacidad de absorción del terreno sino que desaprovecha el recurso y lo contamina al poner el agua de lluvia al en contacto con multitud de materiales tóxicos a lo largo del recorrido diseñado para su evacuación cargando los sistemas de depuración.

Por tanto, para que el crecimiento urbano no suponga un obstáculo infranqueable para el ciclo hidrológico, es fundamental por un lado, mantener, en la medida de lo posible, el recorrido natural del agua de lluvia y por otro, recoger en las zonas impermeabilizadas el agua tan rápido como sea posible para su almacenamiento en depósitos y su posterior reutilización evitando el arrastre de sustancias nocivas.

Frente a estas dos necesidades, el modelo propuesto plantea un reparto de cargas hídricas que debe verse reflejado en el proyecto desde la fase de diseño en una subdivisión del terreno donde se distinga entre las áreas que mantendrán su capacidad de absorción natural y las que, impermeabilizadas, recogerán y almacenarán el agua.

<sup>3</sup> Proyecto desarrollado por Eddea Arquitectura y Urbanismo S.L. Equipo de proyecto: J. M. De Cárdenas, A.Ehrenfried, M. López de Asiain, R. Gallegos, A. Barrera, B. Giugliardo, M. Sierra, R. Solís, P. Pérez.

<sup>4</sup> Informe del panel intergubernamental presentado en Madrid (10/04/07) sobre el Cambio Climático (IPCC).

De esta forma, la propuesta planteada consigue solucionar tanto la hidratación del terreno, como la liberación del sistema general de saneamiento de la evacuación y depuración de un alto volumen de carga. Este último punto, ha resultado ser razón suficiente para muchos municipios que, en un ámbito muy diferente al de nuestro desarrollo, con una alta pluviosidad, necesitan minimizar la escorrentía urbana para evitar las grandes concentraciones de agua aliviando el sistema de alcantarillado.

Para la implantación del modelo de sistema de gestión integral del agua en C.G. durante el proceso de diseño, tras un exhaustivo estudio del terreno, se dividió el sector donde se iba a desarrollar el crecimiento en parcelas a las que se les asignaron distintos grados de absorción. De esta manera, con una ordenación lógica del terreno y con unos usos asociados, estas áreas se clasificaron según favorecieran más o menos el ciclo natural de infiltración del agua en, **permeables** (aseguran la infiltración mediante vegetación y tratamientos del terreno para abastecer de agua las capas inferiores impidiendo escorrentías que erosionan el terreno), **semipermeables** (aquellos que derivan, retienen y cuando están saturados permiten la circulación hacia terrenos más profundos o acuíferos en línea con el ciclo natural), e **impermeables** (recogen el agua sin dejar que esta se contamine y tras un mínimo filtrado la acumula en depósitos de agua).

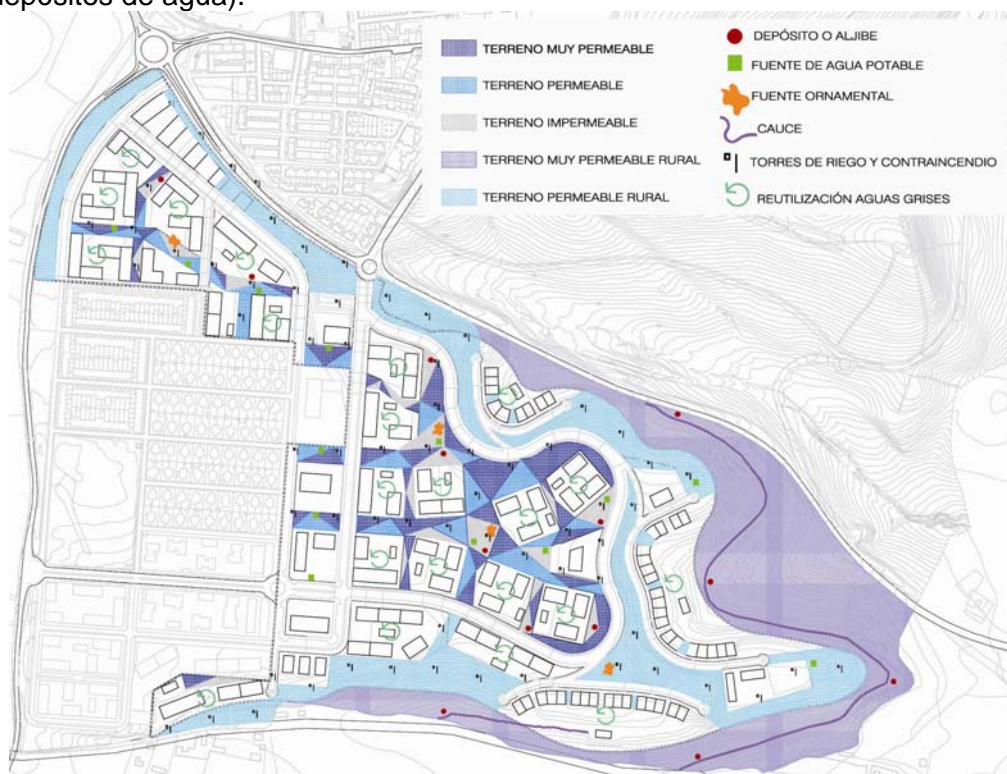


Fig. 4. Distribución de pavimentos según la permeabilidad asignada.

Como sistemas de retención del agua que no ha sido directamente infiltrada en el terreno aparecen diferentes depósitos según la circunstancia y el posterior uso que se le quiera dar. Por un lado tenemos los **depósitos de acumulación** que sirven para el almacenaje del agua que, tras un simple filtrado, se encuentra lista para su reutilización (agua de riego, sistema antiincendio, lavado de coches ...) y por otro, los **depósitos de tormenta**, sistemas de seguridad y de utilización puntual a lo largo del año, que sirven para controlar las grandes avenidas de agua. El funcionamiento de este último, consiste en la captación y posterior derivación simultánea tanto hacia el terreno más profundo (mediante infiltraciones, para la recarga de acuíferos o pozos) como hacia los depósitos de acumulación. Sólo cuando este sistema de redes

empieza a saturarse, el agua se canaliza hacia desagües rápidos encaminados a la red de saneamiento que, de esta manera no se somete al más mínimo sobreesfuerzo ni colapso, evitando este problema habitual en nuestras ciudades cada vez que llueve un poco más de lo normal.

Mediante estas sencillas instalaciones hidráulicas que, favorecen el drenaje urbano y permiten la parcial reutilización de las aguas pluviales el modelo consigue minimizar el impacto de la acción antrópica, paliando los efectos generados por la urbanización. Además, esta red de colectores abiertos propuesta, es mucho más eficiente y versátil que los habituales cerrados diseñados con unos límites predeterminados y, menos costosa al ser innecesarias las grandes infraestructuras por la reducción de la carga.[6]

## **SISTEMA EDIFICATORIO**

Para la disminución del gasto del agua dentro del ciclo urbano, resulta fundamental tener en cuenta el tratamiento que se le da dentro de la edificación ya que todo el proceso que en él se desarrolla, forma parte ineludible de la gran maquinaria de captación, uso, tratamiento y reutilización del agua dentro del ciclo urbano.

Como primer punto para un funcionamiento coherente con el resto del sistema, el modelo propone que la edificación asuma la impermeabilización que ella misma le impone al terreno y, la palie desde su propia cubierta, convirtiéndola en captadora de agua pluvial que, disponible para un posterior uso, alivie la demanda de los usuarios.

Así mismo, para potenciar el ahorro de agua, se propone la utilización de sistemas economizadores que, con la información necesaria incida en la conciencia ciudadana sobre el problema de la escasez y finitud del agua disponible potenciando de esta manera un adecuado uso del recurso.

Como apoyo a ese ahorro, alargar la vida útil del agua haciéndola cubrir todos los ciclos posibles dentro del edificio es fundamental y en ese sentido el modelo plantea dos actuaciones posibles, una con las aguas pluviales y otra con las aguas grises

En el caso de Castilleja de Guzmán, para el diseño de la edificación, se han seguido las pautas del avance del Plan Especial de Indicadores de la ciudad de Sevilla<sup>5</sup> que propone un urbanismo basado en 3 niveles de actuación redistribuyéndolas funciones del sistema entre el suelo, cubierta, y subsuelo.

En el caso que nos ocupa, la propuesta plantea una organización semejante poniendo en valor el sistema de cubiertas (nivel superior) que pasa a colaborar con la urbanización (nivel intermedio) anteriormente tratada y el subsuelo (nivel inferior), que aloja parte de las instalaciones necesaria. De esta manera, las cubiertas pasan de ser espacios inertes a espacios verdes, recolectores del agua de lluvia sin contaminar, colaboradores a la hora de reducir el consumo de agua y, potenciadores de la biodiversidad de la zona con el resto de zonas verdes y arbolado de la urbanización.

Para favorecer el uso eficiente y conseguir una óptima gestión en la red de abastecimiento se incorporan a la instalación del agua del edificio, sistemas economizadores que nos permiten mantener el confort actual, reduciendo el consumo de agua caliente y fría. Estos, son pequeñas innovaciones de fácil instalación como:

---

<sup>5</sup> Salvador Rueda. Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la actividad urbanística de Sevilla.. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. Enero 2007

perlizadores, reductores, dispositivos anti-fugas, interruptores de ducha, cisternas con interrupción de descarga, grifería monomando..etc.[7]

Además, en un ámbito como el de la propuesta para Castilleja de Guzmán, con un régimen pluviométrico bajo, la reutilización del agua, tal y como se entiende dentro del ciclo hidrológico, como el uso para un determinado fin de un recurso previamente utilizado en otra necesidad, se hace indispensable.

Por ello, toda esta infraestructura encaminada a la óptima gestión del agua, que se va incorporando a las diferentes escalas, se colmata con dos circuitos de reutilización.

El primero de ellos aprovecha el agua de lluvia que, tras regar la cubierta verde (lo que ya le supone un primer filtrado), se acumula en depósitos para un posterior uso; bien para riego, bien para ayudar y colaborar con el sistema de aguas grises en los momentos en que este, esté funcionando con mínimos.

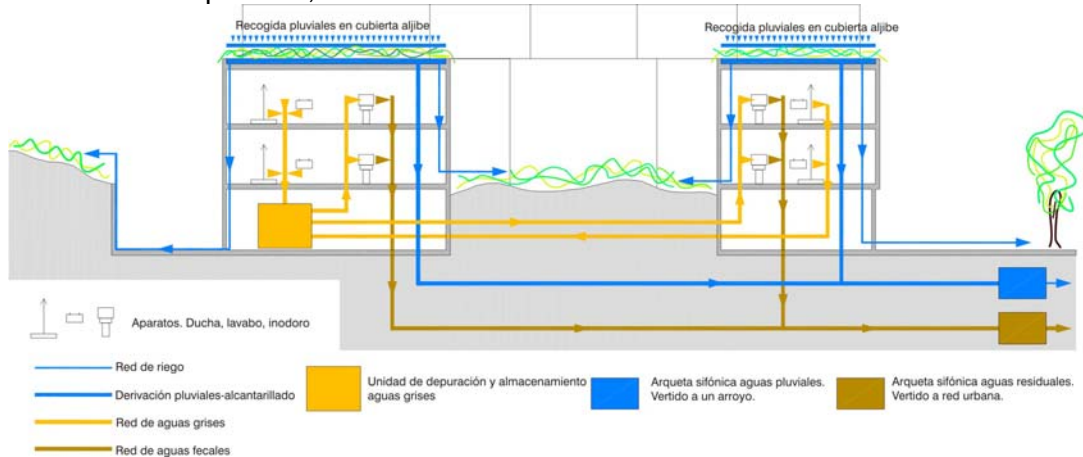


Fig.5. Sistema de reutilización de aguas pluviales y grises

El segundo ciclo sería el de las aguas grises. Estas, son aguas ligeramente sucias provenientes de la cocina, bañera, lavabo, colada, regaderas, etc.. que, en principio pueden resultar inservibles y, sin embargo, tras una depuración interna por decantación, pueden ser reutilizadas en aplicaciones que no requieran agua potable como la cisterna del inodoro, el riego de jardines, o la limpieza de recintos. Así se consigue, dentro de un mismo edificio, disminuir el coste en gasto de agua potable, así como reducir el vertido de aguas residuales protegiendo las reservas de agua subterránea y la red de saneamiento.

La instalación necesaria para todo esto, implica redes separativas tanto para aguas residuales, pluviales y grises como para el reparto de agua potable y no potable. Pero no es más que un sencillo sistema que en pocos años queda amortizado, se puede incorporar a cualquier edificio y, sólo con la reutilización de las aguas grises se estima un ahorro de 45 litros de agua potable y residuales por persona y día.[8]

## **CONCLUSIONES**

Las fuentes, los manantiales, las cuencas o humedales están en acelerada vía de extinción en parte por el cambio climático, pero fundamentalmente por la acción humana mucho más drástica y feroz. Una situación de escasez de agua que amenaza tres aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud y, la estabilidad política y social por lo que en la agenda política internacional el tema de la escasez del agua se ha vuelto prioritario. [9]

En este marco de trabajo, el modelo integral de gestión del agua es un intento de alejarse de las catastróficas consecuencias de la desertificación y la escasez de agua

en busca de medidas que, aunque no pueden dejar de intervenir en el ciclo natural, sean lo más inocuas posible buscando un sistema que permita el equilibrio entre la presión a la que sometemos el medio y su capacidad natural de regeneración.



Fig.6. Ciclo natural del agua

Sólo de esta manera, mediante un nuevo ciclo del agua urbano en el que se apueste por la conservación de los recursos hídricos, minimizando la demanda del mediante el ahorro, y el reciclaje, a la par que la generación de residuos, será posible una mejora en la calidad del agua y la preservación de los ecosistemas dependientes.

El modelo propuesto y ejemplificado de gestión integral del agua para espacios urbanos integra las soluciones infraestructurales generales y locales, tanto urbanística como edificatorias y puede ser aplicado en su globalidad a cualquier situación urbana, tanto nuevos desarrollos como espacios urbanos existentes. Constituye por tanto, una propuesta de mejora del ciclo urbano del agua para nuestras ciudades.

### **Referencias y bibliografía**

- [1]. El agua dulce en el mundo. Cámara de diputados. Servicio de Investigación y Análisis. Estados Unidos Mexicanos.  
<http://www.diputados.gob.mx/bibliot/publica/inveyana/polisoc/dps03/introagu.html> (16/05/07)
- [2]. El cambio climático elevará medio metro el nivel del mar y reducirá en un 40% las lluvias en España. Boletín erosky.es. Once de abril de dos mil siete.  
[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/2007/04/11/161630.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2007/04/11/161630.php) (16/05/07)
- [3]. Instituto Mexicano de tecnología del agua. <http://www.imta.mx/> (16/05/07)
- [4]. El ciclo integral del agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.  
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=495ab44325234010VgnVCM1000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=7399185968f04010VgnVCM1000001625e50aRCRD> (16/05/07)
- [5]. Maria Rosa Miracle. Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua. Biblioteca Habitat. Ciudades para un futuro más sostenible. U.P.M.  
<http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a018.html> (16/05/07)
- [6]. Bonifacio Fernández L., José Pedro Montt M., y Pedro Rivera I. Nuevos enfoques para el drenaje urbano de aguas de lluvia. Centro de Aguas Urbanas. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [7]. Casa del agua. Agua para toda la vida. Sistemas economizadores.  
<http://www.wwf.es/casadelagua/index.html> (15/05/07)
- [8]. Alex Fernández Muerza. Reutilización de aguas grises.  
[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2006/02/14/149371.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2006/02/14/149371.php) (14/02/06)
- [9]. Roberto Ramirez Rodríguez. La problemática global del agua.  
<http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml> (14/02/06)

- [10]. Mercedes Alcalde Fernández. Gema Arcusa Moragrena. Por un sistema de saneamiento más sostenible. Biblioteca Habitat. Ciudades para un futuro más sostenible. U.P.M. [http://habitat.aq.upm.es/boletin/n9/agarc\\_2.html](http://habitat.aq.upm.es/boletin/n9/agarc_2.html) (14/02/06).
- [11]. Bonifacio Fernandez L. Uso de pavimentos permeables. Centro de aguas urbanas Dpto de higiene hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile. Revista bit. Noviembre 2003. [http://www.revistabit.cl/body\\_articulo.asp?ID\\_Articulo=1016](http://www.revistabit.cl/body_articulo.asp?ID_Articulo=1016) (14/02/06)
- [12]. Anna Prat Noguera. El flujo del agua en Barcelona. Un instrumento de de análisis ambiental. [http://www.bcn.es/mediambient/cas/down/masu5\\_2.pdf](http://www.bcn.es/mediambient/cas/down/masu5_2.pdf) (14/02/06)
- [13]. España, el país más amenazado de Europa. El Mundo.es. Diecinueve de junio de dos mil seis. <http://www.elmundo.es/papel/2007/04/08/ciencia/2107865.html> (14/02/06)
- [14]. El desierto avanza en España. Expansión. Diez de junio de dos mil seis. [http://www.gva.es/ceam/press/press\\_PDF/Expansion\\_20050610.pdf](http://www.gva.es/ceam/press/press_PDF/Expansion_20050610.pdf) (14/02/06)
- [15]. La calidad de las aguas en España. Un estudio por cuencas. Greenpeace. <http://www.greenpeace.org/espana/reports/agua-la-calidad-de-las-aguas> (14/02/06)
- [16]. Agencia Catalana del agua. <http://mediambient.gencat.net/aca/es/inici.jsp> (14/02/06)
- [17]. Consejería de medio Ambiente de la Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/> (14/02/06)
- [18]. Barcelona y el medio ambiente. [http://www.bcn.es/mediambient/cas/web/cont\\_bcn\\_presen.htm](http://www.bcn.es/mediambient/cas/web/cont_bcn_presen.htm) (14/02/06)