



Calidad ambiental en la ciudad: contribución del ciclo integral del agua

Autor: Ana Basanta Alves

Institución: Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)

Otros autores: Benigno López Villa

Resumen

La ciudad constituye un sistema que importa y consume recursos naturales y energía, a la vez que genera calor, gases de efecto invernadero y residuos, fundamentalmente, con un importante intercambio de información. Además es un sistema abierto que necesita degradar esta materia y energía para mantenerse, alterando las condiciones naturales del agua, la atmosfera, el suelo o la biodiversidad.

Es evidente que el ciclo integral del agua pone en conexión los ciclos naturales con el funcionamiento de la ciudad, aportando un recurso natural imprescindible captado en ecosistemas naturales (embalses) y devolviendo el agua a los cauces públicos en condiciones controladas. Pero, como se pone de manifiesto en esta comunicación, puede ir más allá, contribuyendo al uso eficiente de la energía, controlando las emisiones de GEI, valorizando la mayor parte de los residuos asociados a sus procesos o aportando materia orgánica y nutrientes a los ciclos naturales del suelo agrícola, entre otros aspectos. Por otra parte, el flujo de información hacia y desde los ciudadanos contribuye notablemente al uso correcto del recurso agua.

A título indicativo, se señalan algunos logros alcanzados por la gestión ambiental del ciclo del agua realizado por la Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla (EMASESA) durante 2013 y que tiene impacto directo en la ciudad:

- Reducción de consumo de agua embalsada, de 90,5 hm³ en 2010 a 82,7hm³ en 2013 y reutilización de 3.559 dam³.
- Reducción del consumo energético en un 4% (más de 2.200 Mwh/año), producción de más de 35.000 MWh/año en minicentrales y por cogeneración, que ha implicado una autosuficiencia del 68%.
- Valorización de 403.000 m³ RCD, 35.000 t de lodos de depuración, 49.160 k de chatarra, 1.514 m³ de restos vegetales y 2.760 k RAEE.
- Prevención de la contaminación aportada al cauce público, superando lo exigido por las autorizaciones de vertido en 1050 t de materia orgánica.
- Inventario voluntario de emisiones de GEI que suponen un total de 26.000 t CO₂ eq y una huella de C global de 0,3 kCO₂eq/m³ utilizado.
- Prevención de inundaciones: mediante la gestión de 12,9 hm³ a través de las Estaciones de bombeo de aguas pluviales.
- Trasmisión de información y conocimientos que incidan en la concienciación de los ciudadanos (51 mensajes ambientales en RRSS, 12.700 visitantes, etc.)

Palabras clave: sostenibilidad; medioambiente urbano; Sevilla

La idea de considerar a la ciudad similar a un sistema vivo surge en el primer tercio del siglo XX, a partir del cual diversos autores analizan el ecosistema urbano. Sin embargo, la importancia de este análisis no fue reconocida internacionalmente hasta 1973, fecha en la que el programa *Man and Biosphere* de la UNESCO promovió un estudio en el que se describía a la ciudad como un ecosistema artificial.

Un ecosistema se puede describir mediante los flujos de materia y energía. La materia circula entre los seres vivos y el medio a través de ciclos cerrados y, en cambio, la energía lo hace cómo un flujo que se degrada continuamente. Los seres vivos necesitan degradar tanto energía como materiales para mantenerse y la forma de regenerar esta energía en los sistemas abiertos terrestres se produce mediante la utilización de energía del sol que, fijada por los vegetales a través de la fotosíntesis, es utilizada después por otros seres vivos en la cadena trófica.

En la ciudad encontramos un medio urbanizado y un conjunto de seres vivos donde el ser humano es componente principal, con sus numerosas y activas interacciones y relaciones y con un funcionamiento a base de intercambios de materia, energía e información. No obstante, la ciudad no cumple dos de los requisitos propios de un ecosistema natural. Primero, no presenta un metabolismo de ciclos cerrados y, en segundo lugar, no dispone de una fuente de energía inagotable que garantice indefinidamente su funcionamiento.

En efecto, la ciudad del mundo desarrollado se caracteriza por los grandes recorridos horizontales de los recursos: agua, alimentos, electricidad y combustibles que genera y para lo que precisa explotar otros ecosistemas alejados, provocando desequilibrios territoriales, como se ha documentado a través de la huella ecológica.

Por otra parte, el funcionamiento de la ciudad está basado en energías secundarias como las procedentes del consumo de electricidad, petróleo o gas. El consumo masivo de esta energía es lo que permite el crecimiento y mantenimiento de las ciudades, a base de transportar recursos desde cualquier punto del planeta y trasladar posteriormente sus desechos a zonas circundantes. Así, las ciudades constituyen organizaciones complejas, con apoyo tecnológico creciente, que influyen en espacios lejanos gracias a las nuevas redes de transporte y comunicación.

Las ciudades importan desde el medio natural el agua, el aire, los materiales y productos animales y vegetales. Exportan al entorno los residuos, agua y aire contaminados. De este modo la ciudad constituye lo que se ha denominado una burbuja urbana que crea una huella territorial en cultivos, pastos, bosques, canteras, embalses y acuíferos que proporcionan los suministros urbanos. De igual forma, crea otra huella de escombreras, depósitos de residuos, ríos y acuíferos que reciben los vertidos urbanos y que afecta igualmente a la atmósfera, incorporando CO₂, NO_x, SO_x, vapor de agua, humos, polvo y calor residual.

En síntesis, la ciudad constituye un sistema que importa y consume recursos naturales y energía, a la vez que genera calor, gases de efecto invernadero y residuos, fundamentalmente, con un importante intercambio de información. Además, es un sistema abierto que necesita degradar esta materia y energía para mantenerse, alterando las condiciones naturales del agua, la atmósfera, el suelo o la biodiversidad. En paralelo, presta a sus habitantes diversos servicios entre los que cabe destacar el abastecimiento de recursos, la regulación de numerosos aspectos ambientales y, además, servicios culturales.

En este contexto, resulta evidente que el ciclo integral del agua pone en conexión los ciclos naturales con el funcionamiento de la ciudad, aportando un recurso natural imprescindible, captado en ecosistemas naturales (embalses) y devolviendo el agua a los cauces públicos (ríos) en condiciones controladas. Pero, puede ir más allá, contribuyendo al uso eficiente de la energía, controlando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), valorizando buena parte de los residuos asociados a sus procesos o aportando materia orgánica y nutrientes a los ciclos naturales del suelo agrícola, entre otros aspectos. Además, el flujo de información hacia y desde los ciudadanos contribuye notablemente al uso correcto del recurso agua.

Como se señala en esta comunicación, algunos logros alcanzados por la gestión ambiental del ciclo del agua realizada por la Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla (EMASESA) tienen impacto directo en los aspectos ambientales de la ciudad a la que presta servicio junto con 12 municipios del área metropolitana.

La Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA) inicia su actividad el 23 de octubre de 1974, cuando fue creada por el Ayuntamiento de Sevilla como empresa municipal y, en la actualidad, presta el servicio de abastecimiento directo de agua potable a Sevilla, Alcalá de Guadaíra, Alcalá del Río, Camas, Coria del Río, Dos Hermanas, El Garrobo, El Ronquillo, La Puebla del Río, La Rinconada, Mairena del Alcor, y San Juan del Aznalfarache. Asimismo, gestiona el servicio de saneamiento y depuración de aguas residuales de las poblaciones relacionadas anteriormente, excepto El Garrobo. Además, abastece con agua bruta sin tratar a 26 poblaciones del Aljarafe sevillano y a Guillena y Las Pajanosas lo que supone un suministro directo o indirecto a una población cercana a 1.100.000 habitantes.

Para prestar este servicio, EMASESA cuenta con 5 embalses con una capacidad de 580 Hm³, en tres de los cuales existen minicentrales hidroeléctricas para el aprovechamiento energético. El tratamiento del agua potable se realiza en tres estaciones de tratamiento de agua potable, teniendo la mayor de ellas una capacidad de tratamiento de 10 m³/s. El agua potabilizada se almacena en 28 depósitos para su posterior distribución a través de 3.558 km de red de abastecimiento.

En cuanto al saneamiento, la red cuenta con 2.900 km y 51 estaciones de bombeo de aguas residuales y/o pluviales que, junto con dos tanques de tormenta y cinco estaciones depuradoras de aguas residuales, configuran a EMASESA como uno de los principales actores ambientales de la ciudad de Sevilla.

El singular papel del agua en la naturaleza y en la sociedad le otorga un protagonismo básico en la problemática ambiental. Desde el punto de vista humano, su calidad ha sido una preocupación constante y se ha gestionado en forma cuidadosa para evitar que el agua sirviera como vehículo de patógenos o perdiera su calidad.

Históricamente, Sevilla ha tenido un suministro problemático debido a su localización en el cauce de avenida del Guadalquivir, hasta que se produce un cambio relevante en el suministro urbano con la construcción del embalse de La Minilla y su canal, que transporta el agua por gravedad hasta las instalaciones de la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Carambolo (ETAP Carambolo) atravesando, mediante sifones, una topografía difícil con pendientes pronunciadas. A partir de su puesta en servicio en 1964,

los sevillanos han disfrutado de agua de excelente calidad y en cantidad suficiente para el desarrollo urbano (a excepción de los períodos de sequía).

A partir de 1973, se incorpora en la actividad de la empresa el estudio de los embalses que, progresivamente, se fueron añadiendo al abastecimiento: Aracena primero, seguido por El Gergal, Zufre y finalmente el embalse de Los Melonares de reciente construcción, abriendo una colaboración científica con la Limnología que se mantiene. Así, temas propios de esta disciplina han pasado, desde el frente de la investigación ecológica, a ser incorporados como un estándar de la gestión del abastecimiento a Sevilla.

El mejor conocimiento de la masa de agua en origen, de su ciclo anual y de las relaciones de la calidad con las características de la cuenca (vegetación, uso del suelo) y la meteorología, permite anticipar la calidad del agua a tratar y optimizar la gestión del recurso agua. En este sentido, un avance significativo fue la construcción de torres de toma que permiten seleccionar en cada momento la profundidad a la que conviene realizar la captación, teniendo en cuenta la estratificación del perfil del embalse.

En paralelo, el tratamiento de agua en la Estación de Tratamiento de Agua Potable de El Carambolo, antes de su distribución a la población, ha ido desarrollando nuevos procedimientos conforme avanza la tecnología disponible de modo que el suministro resulta de excelente calidad.

En otra dirección, la incorporación de minicentrales hidroeléctricas en las presas permitió aprovechar el caudal energético del agua destinada al suministro, como se comentará más adelante.

Pero, siendo importante este aspecto que contribuye decisivamente al confort ambiental de los ciudadanos, no lo es menos el de la cantidad. Tras varios importantes períodos de sequía, ocurridos en los años 80 y 90 del pasado siglo, EMASESA acometió diversas actuaciones centradas fundamentalmente en el control de pérdidas, la gestión de la demanda y la sensibilización de la población que redundaron en un uso eficiente del agua.

Los logros en este sentido son relevantes, consiguiendo una reducción del consumo de agua embalsada que pasó de 90,5 hm³ en 2010 a 82,7 hm³ en 2013, lo cual deriva de un consumo de 117 litros por habitante y día, que se sitúa entre los más reducidos de nuestro país.

Estos valores son claramente inferiores a los de la media de consumo diario por habitante en España que se cifra en 126 litros de agua según la encuesta de *“Suministros de Agua Potable y saneamiento en España”* realizada en 2012 por la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento, mostrando el esfuerzo realizado por la empresa y la ciudadanía para lograr un uso sostenible de este recurso básico.

Todo ello gracias a actuaciones desarrolladas por EMASESA entre las que hay que señalar:

- Intensas campañas de ahorro emprendidas durante los períodos de sequía que, en los años de normalidad y regularidad en el abastecimiento, han continuado para conseguir que los usuarios mantengan el ahorro conseguido en años

anteriores. Por ello, los mensajes de ahorro de agua no se han dejado de difundir a través de distintos medios de comunicación.

- Por otra parte, se ha promovido la utilización de dispositivos ahorradores que se acoplan fácilmente a las instalaciones existentes, como son perlizadores eficientes, reductores de caudal y economizadores para cisternas que, sin provocar la pérdida de confort, consiguen reducciones apreciables del consumo.
- El Plan Cinco, que consiste en facilitar a las Comunidades de Propietarios la adaptación de la instalación interior común de agua de los edificios (tabla 1), de forma que se procede a la sustitución de los contadores generales por individuales en batería lo que permite al cliente tener conciencia de su consumo particular.

| Individualización de contadores | 2010 | 2011 | 2012 |
|--|--------|--------|--------|
| Viviendas y locales individualizados | 2.634 | 3.188 | 4.271 |
| Comunidades a las que pertenecen | 224 | 265 | 294 |
| Evolución de viviendas individualizadas (acumulado 1997) | 51.116 | 54.304 | 58.875 |

Tabla 1.- Resultados del Plan CINCO

En el mismo sentido, se ha fomentado la reutilización, tanto en los procesos de potabilización y depuración como en actividades externas, alcanzando en 2013 un total de 3.559 dam³ (tabla 2). Esto se consigue gracias a la apuesta de EMASESA por la reutilización del agua, una vez depurada, en todas aquellas actividades en las que sea posible como el riego de las instalaciones propias y de campos de golf o en la refrigeración de determinados equipos e instalaciones industriales.

En esta línea, destaca una actuación singular que permite ahorrar agua a la vez que reducir la contaminación. Se trata de la construcción de una Instalación de aprovechamiento que permite el retorno a cabecera de las aguas de purgas, lavado de filtros, etc. originados durante la potabilización. El caudal recuperado está en torno a 2,7 hm³/año, que equivale al consumo del sistema de abastecimiento durante 15 días. Simultáneamente, el lodo retirado en esta instalación evita el vertido al río Guadalquivir de más de 2.000 t de materia seca/ año, de las cuales aproximadamente 400 son de carácter orgánico, contribuyendo por tanto a la consecución de los objetivos de calidad planteados por las autoridades ambientales para dicho río a la vez que se alcanza el vertido cero de la ETAP.

| Reutilización (dam ³) | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| ETAP Carambolo (IAAP) | 2.737 |
| EDAR Copero | 285 |
| EDAR Ranilla | 187+253 (Real Club de Golf) |
| EDAR San Jerónimo | 245 |
| EDAR Tablada | 105 |

Tabla 2.- Volumen de agua reutilizada en 2013

Reseñar también la importante reducción de pérdidas en todos los tramos de la red, tanto en la aducción desde los embalses como en la propia distribución a las viviendas ya que, para que la Unión Europea financiara la construcción del embalse de Los Melonares, la empresa adquirió, entre otros, el compromiso de reducir las pérdidas y para lograrlo ha venido realizando un esfuerzo inversor muy importante.

Así se ha alcanzado, en 2010, dos años antes de lo requerido, un índice total de pérdidas en el sistema de abastecimiento (aducción, tratamiento y distribución) del 15,5%. Este importante logro se ha conseguido mediante un programa intensivo de inspección de redes, un control activo de fugas, la renovación de los tramos de aducción y redes que lo precisaban, la eliminación de pérdidas en los depósitos, decantadores y filtros de la planta de potabilización, entre otras actuaciones.

Pero la gestión urbana del agua es inseparable del consumo energético, que constituye el motor que activa todo el ciclo integral. En este punto, conviene señalar que proporcionar a la ciudad el servicio de depuración de las aguas residuales, cuyo carácter ambiental es indiscutible, supone un consumo energético muy relevante pues supera, en nuestro caso, los 28.000 MWh/año y representa un 53% del consumo total del ciclo integral del agua (figura 1).

En el contexto ambiental hay que considerar dos cuestiones complementarias relativas a la energía: emplear fuentes renovables y optimizar el consumo y, en EMASESA, se ha trabajado en ambos sentidos. En primer lugar, produciendo energía en las minicentrales hidráulicas asociadas a los embalses de abastecimiento y mediante cogeneración utilizando el biogás procedente de la depuración de las aguas residuales. El conjunto de ambas fuentes ha generado más de 35.000 MWh/año, lo que representa una autosuficiencia del 68%, por lo que buena parte de la demanda energética de la empresa se satisface con energías renovables.

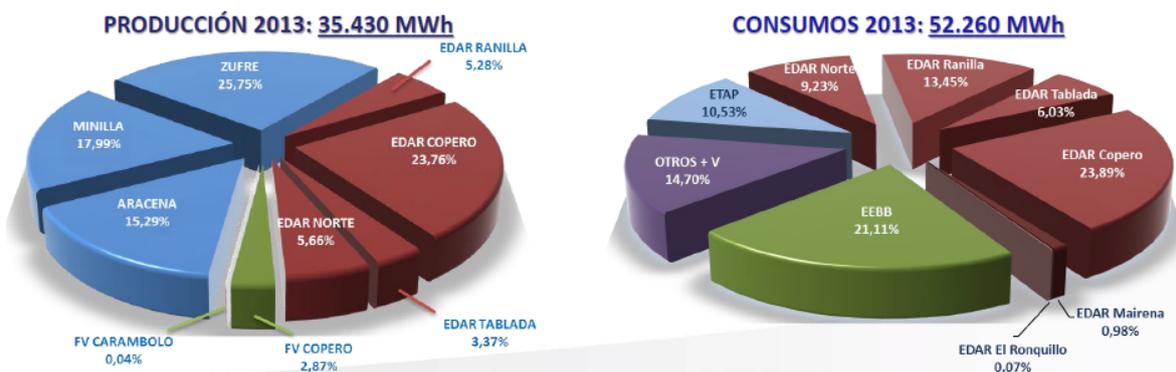


Figura 1.- Porcentaje de energía producida y consumida en 2013 por las instalaciones de EMASESA

Igualmente, se ha incorporado también la energía producida por una planta solar fotovoltaica (foto1) que genera 1.016 MWh/año.



Foto 1.- Planta fotovoltaica de Copero

En paralelo, para optimizar los consumos, se han realizado actuaciones de auditoría energética, mejora de la eficiencia energética de equipos, uso de luminarias de bajo consumo y LEDS, revisión de instalaciones de climatización, etc. A título de ejemplo, en la figura 2 se aprecian reducciones significativas en varios centros de trabajos asociadas a estas actuaciones.

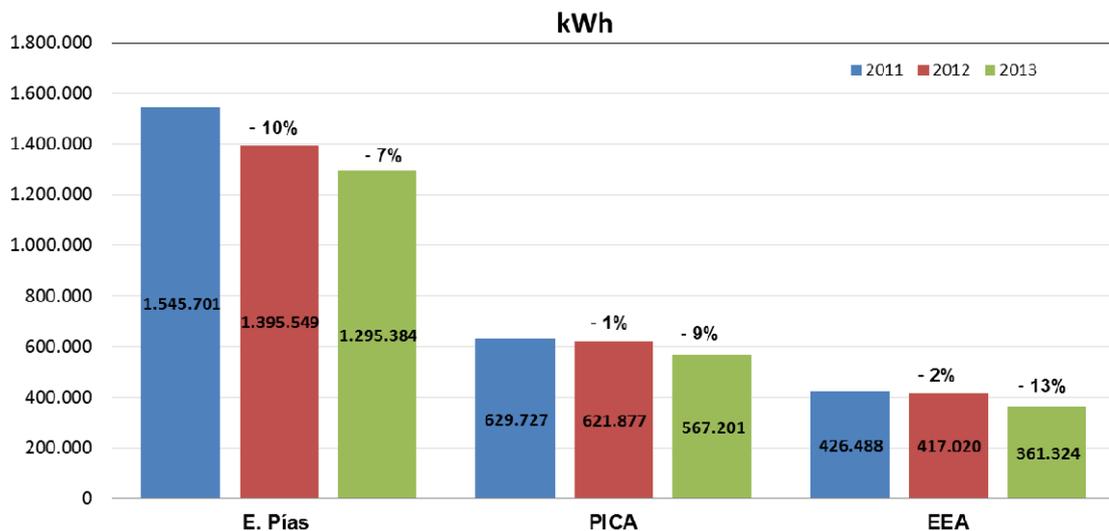


Figura 2.- Reducción del consumo eléctrico en tres centros de trabajo

En la actualidad, la realización de estas actuaciones en las principales instalaciones y centros de trabajo está siendo complementada con la promoción de un cambio de cultura

en la empresa, mediante actividades de divulgación de buenas prácticas y de señalización ambiental en materia energética, que incide en la concienciación de los empleados para optimizar el consumo (figura 3). Se trata de usar la energía de modo sensato, no despilfarrarla en iluminación excesiva, temperaturas inapropiadas, equipos ineficientes o conducción impropia. Esta labor de concienciación se realiza a través de reuniones, carteles, mensajes en el puesto de trabajo a través del propio ordenador, Portal del empleado, etc. y mediante la inclusión de un anexo ambiental en el Manual de acogida de los nuevos empleados.



Figura 3.- Mensajes de concienciación para el ahorro energético

Globalmente, en la empresa se ha alcanzado una reducción del consumo energético en el año 2013 que supera los 2.200 MWh/año, lo que representa un 4% del total.

Esta mejora ambiental está directamente vinculada a las emisiones de GEI cuyo papel en la mitigación y adaptación al cambio climático es relevante. Actualmente no existe ninguna obligación reglamentaria por la que la empresa tenga que realizar el inventario de GEI pero el primer paso para poder reducir nuestro impacto en relación al cambio global es conocer estas emisiones.

Para la realización del inventario se ha seguido la metodología del GHG Protocol (*"The Greenhouse Gas Protocol"*) y la norma ISO 14064-1 *"Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de GEI"* e incluye todos los Centros de trabajo e instalaciones de la empresa, a la vez que se consideran los siguientes procesos: Captación, Aducción, Potabilización, Distribución, Saneamiento, Depuración, Valorización de lodos y los relacionados con Gestión y Soporte.

Concretamente, el primer inventario realizado atribuye unas emisiones asociadas al consumo eléctrico superiores a las 14.633 t CO₂e, lo que supone un 24% del total emitido. Conviene destacar que existe a la vez un ahorro de emisiones realizado gracias a la producción de energía eléctrica en las minicentrales hidráulicas, en la cogeneración y el huerto solar de Coperó (que supone más de 18.000 t CO₂e) y a la combustión de biogás en las calderas de los digestores y motores de cogeneración (casi 19.000 t CO₂e).

A través de este estudio EMASESA fortalece sus estrategias de Responsabilidad Social Corporativa y de Gestión Ambiental, al tiempo que la información obtenida permite el análisis e identificación de potencialidades en la reducción de emisiones que comportan oportunidades de ahorro, nuevos procesos y mejora en la eficiencia energética de la empresa.

Los avances en la gestión urbana de los residuos han sido relevantes en los últimos 30 años aunque el problema ambiental causado por los residuos sólidos se agrava debido a la aparición de materiales muy resistentes y de sustancias contaminantes con gran impacto ya que muchos plásticos, los aceites minerales, los materiales cerámicos y de construcción, entre otros, resisten bien la alteración y permanecen durante largos períodos.

Por tanto, los residuos de naturaleza sólida representan cargas temporales de contaminación que van desde mínimas a casi permanentes. Si se trata de materiales contaminantes de carácter peligroso, la situación es potencialmente grave puesto que disolventes, combustibles, pinturas, pilas, productos químicos y medicamentos, pueden contaminar volúmenes grandes de otros residuos y, por supuesto, los suelos y el agua. Por este motivo resulta imprescindible separarlos y someterlos a una manipulación adecuada.

En el caso de los residuos de construcción y demolición podemos recordar los vertederos abiertos de los años 70 y la acumulación de todo tipo de residuos en escombreras y cunetas, de modo que la situación actual de su gestión en Sevilla es claramente favorable aunque todavía representa un problema ambiental mal resuelto. Las empresas constructoras gestionan sus residuos por medio de cubas que son retiradas a vertedero pero el material no se clasifica suficientemente: cristales, ventanas metálicas, puertas, pavimentos, sanitarios, tuberías, cables y una gran variedad de otros residuos se mezclan con escombros, restos de material de construcción, envases y pinturas en un relleno mal acondicionado.

La aplicación, en el caso de EMASESA, del RD 105/2008 a la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) derivados de las actuaciones en redes e instalaciones para mejorar el servicio prestado a los ciudadanos, ha determinado la correcta gestión de un volumen apreciable de estos residuos (figura 4), de lo que da muestra la gestión de 403.000 m³ de RCD de las cuales se han reutilizado 368.000 m³ de tierras.

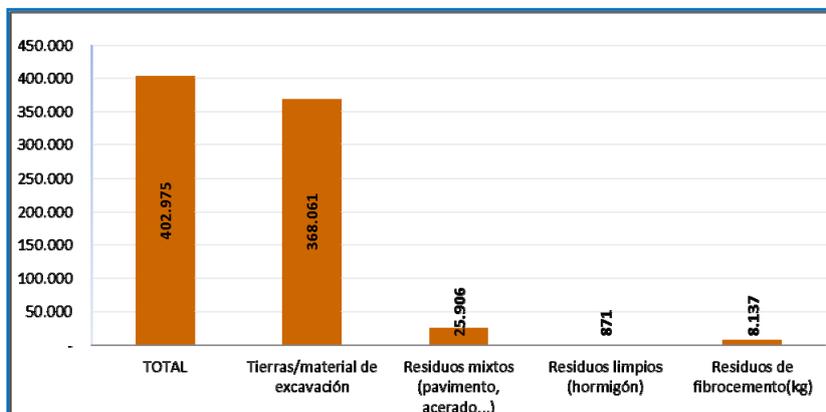


Figura 4.- Volumen de residuos incluidos en los Estudio de RCD (m³) en 2013

De manera similar, los metales son resistentes, aunque algunos (hierro, cobre) son sensibles a las condiciones meteorológicas y pueden alterarse profundamente. En sentido contrario, son materiales con importantes posibilidades de valorización, actividad realizada sistemáticamente en la empresa mediante su recogida selectiva, que ha dado lugar a más de 49 t de chatarra valorizada en 2013 (figura 5).

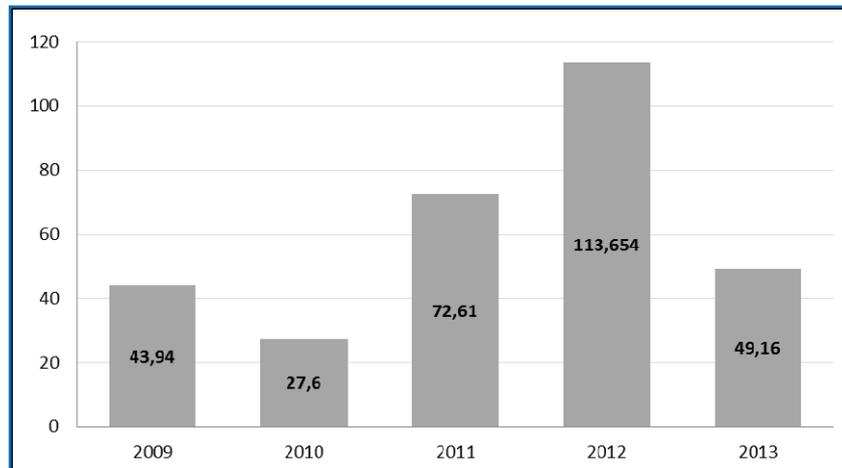


Figura 5.- Cantidad de chatarra (t) valorizada

Tampoco es desdeñable la correcta gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) con cantidades apreciables de componentes tecnológicos (figura 6) que tienen una nueva utilidad mediante su gestión por empresa especializada en el tratamiento y reciclado de equipos electrónicos conforme a la normativa ambiental de aplicación.

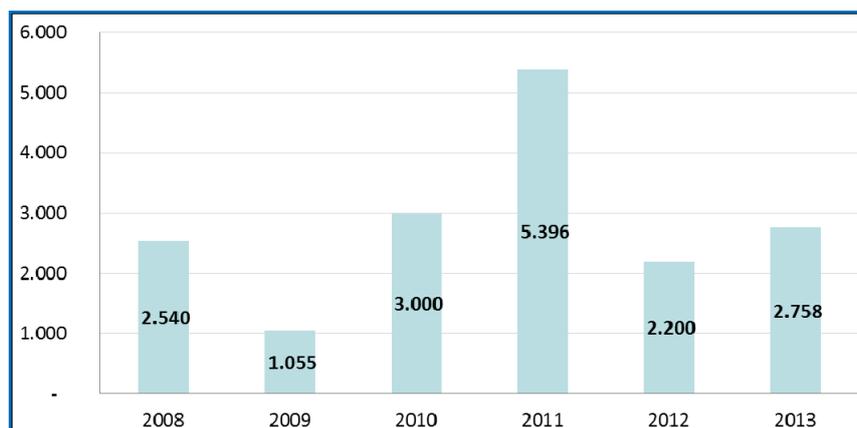


Figura 6.- Cantidad de RAEE gestionados (kg)

Con todo, el residuo más relevante derivado de la gestión del ciclo integral del agua son los lodos procedentes de la depuración de las aguas residuales. La implantación general del tratamiento de las aguas residuales urbanas en España durante la segunda mitad del siglo XX es un ejemplo de desarrollo tecnológico que ha permitido mejorar la eficiencia del proceso, recuperando aguas de calidad creciente. Un cambio trascendente tiene lugar con la incorporación de los digestores de fango y su recuperación final convirtiendo, en

sentido amplio, las estaciones depuradoras en fábricas de lodos que, cuando presentan características adecuadas, pueden destinarse a la agricultura para ser empleados como aditivo orgánico.

La depuración retira arenas, grasa y aceites y materia particulada gruesa. La materia particulada fina, orgánica e inorgánica, se separa y se recoge en los decantadores como lodos que son sometidos a fermentaciones controladas en un rango de temperaturas favorable para el crecimiento de microorganismos, que degradan las moléculas orgánicas liberando gases combustibles (como metano).

De esta manera, el proceso de depuración en las Estaciones depuradoras de Aguas Residuales da como resultado un lodo orgánico con alto contenido en C (32,56%), cantidades apreciables de N (4,48%) y una estructura esponjosa capaz de retener un volumen considerable de agua (78,56%), valores comparables a los que se presentan en los horizontes orgánicos de los suelos. Así, pues, desde el punto de vista agrícola, la materia orgánica de los suelos puede enriquecerse con la adición de estos materiales, mezclándolos en la parte superior del perfil

Reflexionando sobre su origen, los lodos proceden de la carga orgánica del agua residual que se origina en las viviendas y de algunos procesos industriales de carácter agroalimentario fundamentalmente. La alimentación humana es, en buena parte, de origen vegetal y, secundariamente, animal como carne o pescado. La base de nuestra alimentación es la producción vegetal mantenida por la energía solar. Así la población urbana se intercala en una red trófica global que comienza en las cosechas, de las que consume directamente la mitad de la producción y deja la otra mitad para los animales domésticos, que son a su vez consumidos. Frutas, verduras, harina, azúcar, aceites y vinos, lácteos, huevos, carnes, pescados, son los vehículos de energía metabólica hasta la población, que la disipa en su actividad. Las heces, con restos de comida, los jabones y detergentes, pasan al agua residual siendo el origen de los lodos.

Pues bien, para cerrar el Ciclo integral del agua completamente y mediante un proceso con una importante carga ambiental, EMASESA está autorizada como gestor de residuos no peligrosos para realizar el compostaje de los lodos citados, valorizándolos y mejorando sus condiciones de cara a su utilización agrícola.

Así pues, en la Planta de compostaje de Copero, los lodos procedentes de la depuración se someten a un proceso de secado y fermentación de modo que se reduce el volumen y la humedad y se consume aproximadamente la mitad del carbono inicial. Además en la fermentación se eleva la temperatura hasta los 60° produciendo una esterilización natural del producto que reduce su carga microbiana y elimina componentes patógenos.

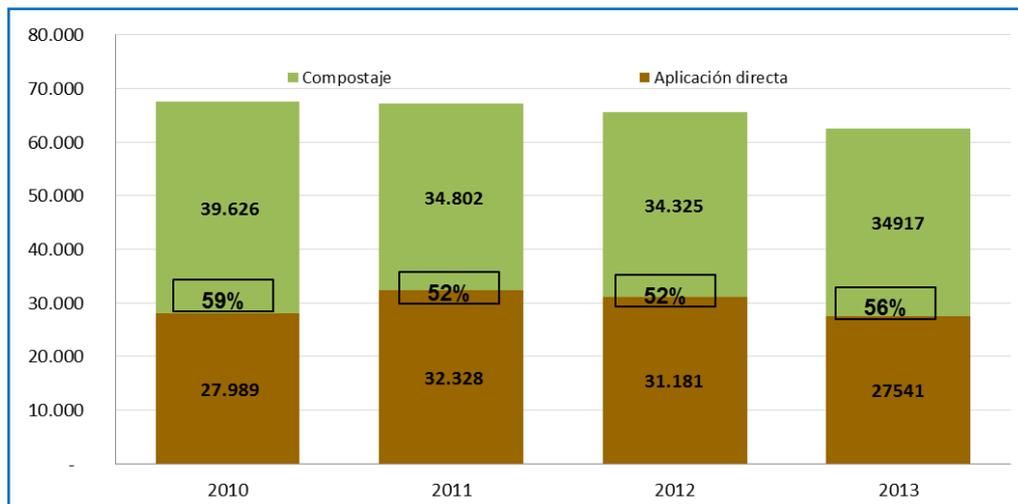


Figura 7.- Valorización de lodos (t)

La producción de lodos supone más de 60.000 toneladas anuales, de las cuales alrededor de 35.000 t se someten a este proceso de valorización (figura 7) siendo el resto gestionado por aplicación directa a los suelos agrícolas mediante gestor autorizado.

En relación con este proceso de valorización se ha iniciado una oportunidad de mejora del material resultante mediante la incorporación de residuos vegetales ya que el mantenimiento de las zonas verdes urbanas genera un volumen considerable de restos de poda y cortas de césped.

Nuevamente, la relación de la ciudad con el ciclo del agua se hace presente. 1.514 m³ de restos vegetales propios son transportados a la Planta de Compostaje junto con parte de la producción de restos de poda de parques, jardines y arbolado urbano de Sevilla, que son triturados en la propia planta de compostaje mediante convenio con una empresa dedicada al reciclaje de estos materiales.

Las hojas y la corta del césped son fáciles de compostar mientras que las podas leñosas necesitan ser trituradas, produciéndose serrín, astillas finas y virutas de madera para su transformación. La superficie de las virutas y astillas permite la fijación de microorganismos y hongos que las degradan lentamente y poseen gran capacidad de cambio, que facilita la retención de nutrientes y fomentan una elevada retención de agua. Al combinar los restos de poda con lodos de las depuradoras, se obtiene un aditivo de buena estructura y gran capacidad de campo y de cambio, que favorece el enraizamiento y el desarrollo de los cultivos.

De esta manera, dos procesos de gestión de la ciudad, aguas residuales urbanas y jardinería, producen residuos orgánicos y ambos residuos se combinan en un aditivo agrícola de gran interés en cuya "fabricación" se introduce de nuevo la naturaleza en un proceso singular de valorización y retorno al medio edáfico de elementos aprovechables.

Como ya indicamos con anterioridad, la depuración del agua residual juega un papel fundamental en el ciclo del agua y constituye una de las aportaciones ambientales más relevantes de la empresa al buen funcionamiento del ecosistema urbano.

Es bien conocido que los vertidos de aguas residuales sin depurar desencadenan procesos ecológicos nocivos sobre las aguas de superficie. Años atrás, en los años 80 del siglo pasado, algunos colectores de la ciudad vertían aguas residuales sin depurar al Meandro de San Jerónimo lo que se convertía en una molestia notable para los vecinos de algunas zonas de Sevilla. Por su parte, la Dársena del Guadalquivir mantenía un agua de muy baja calidad por vertidos urbanos sin depurar.

Al iniciar su supresión, mediante el Plan de Saneamiento integral gestionado por EMASESA, las aguas mejoraron su aspecto, se oxigenaron y mantienen una abundante ictiofauna. La apertura del denominado Tapón de Chapina, en 1991, puso en comunicación la Dársena con el Meandro, ya libres de vertidos, constituyendo un gran lago alargado que atraviesa la ciudad y cuyas aguas son de calidad suficiente para permitir una amplia diversidad de vegetación en las orillas, de aves, anfibios, peces e invertebrados y atrae a los ciudadanos, visitantes y deportistas. La Sevilla, que hace apenas 30 años se alejaba del Río, incluso mediante muros y una vía férrea, disfruta ahora del entorno fluvial para actividades de ocio.

El Plan de Saneamiento Integral de la ciudad se pone en marcha en 1976. Este Plan comprendía actuaciones que se pueden dividir en cuatro grupos: la ampliación y mejora de la red de alcantarillado, su sistema de limpieza, la creación de estaciones de bombeo de aguas residuales y/o pluviales y el establecimiento de estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) para prestar un servicio ambiental básico a la ciudad de Sevilla.



Figura 8.- Situación de las Depuradoras de aguas residuales gestionadas por EMASESA

La antigua red de alcantarillado se ha mejorado, ampliando las canalizaciones sustituyéndolas por otras de mayor sección y construyendo colectores y emisarios que conducen las aguas residuales y pluviales hasta las estaciones de depuración. A mediados de los años 80, se comenzó a realizar de manera sistemática la limpieza y conservación de la red de saneamiento, actuación que ha permitido aumentar la capacidad de las canalizaciones y garantizar su funcionamiento de manera correcta.



Foto 2.- Vista aérea de las EDAR gestionadas por EMASESA

Todas las EDAR que gestiona EMASESA, excepto la EDAR El Ronquillo, (foto 2) han sido construidas o renovadas entre 1984 y 2009 y poseen tratamiento secundario de tipo biológico (sistema de fangos activados), con rendimientos que superan el 93% en la eliminación de materia orgánica. Todas, excepto la EDAR Mairena-El Viso y El Ronquillo, disponen también de tratamiento de estabilización de fangos mediante digestión anaerobia y deshidratación, con aprovechamiento energético del gas producido (tabla 3).

Pero, siendo estas actuaciones importantes, no lo es menos el mantenimiento de unas pautas de calidad en el agua vertida al cauce público ya que, como miembros de la Unión Europea, hemos aceptado una actitud ambiental proactiva, que favorezca los procesos y las comunidades naturales, abatiendo los impactos ambientales de cualquier origen. En particular, con la Directiva 2000/60/CE de 23 de Octubre de 2000, asumiendo la exigencia de mantener las aguas naturales con la mayor calidad posible.

| | | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|--|
| Caudal total: 494 648m³/d Población total: 1 893 316 h-e Pot. cogeneración: 4 264 kWh | Copero | San Jerónimo | Ranilla | Tablada | Mairena-Viso del Alcor | El Ronquillo |
| Caudal diseño (m³/d) | 255 000 | 35 000 +55 000 | 90 000 | 50 000 | 9 220 | 428 |
| Población diseño (h-e) | 950 000 | 350 000 | 350 000 | 200 000 | 41 000 | 2 316 |
| Año de entrada en servicio | 1987 y 2003 | 1984 y 1992 | 2009 | 1990 | 2004 | 2001 |
| Potencia cogeneración (kWh) | 4 x 630 | 2 x 240 | 2 x 140+ 1 x 720 | 2 x 132 | NA | NA |
| Proceso | Fangos Activados media carga y digestión anaerobia | Aireación prolongada tipo carrusel y deshidratación de fangos | Decantadores-digestores, lechos bacterianos y lagunaje |

Tabla 3.- Características de las EDAR de EMASESA

En este contexto, la actuación en el proceso de depuración de EMASESA cobra un especial sentido ya que se minimiza la contaminación aportada al cauce público, superando lo exigido por las autorizaciones de vertido de las cuatro EDAR de Sevilla en 1.050 t de materia orgánica al año (tabla 4).

| | DBO₅ (t/año) | SS(t/año) |
|--------------------------|--------------------------------|------------------|
| EDAR Copero | 342,01 | 528,60 |
| EDAR Tablada | 95,31 | 34,10 |
| EDAR San Jerónimo | 219,34 | 351,48 |
| EDAR Ranilla | 392,79 | 534,55 |
| Total | 1.049,45 | 1.448,73 |

Tabla 4.- Cantidad anual de materia orgánica y sólidos en suspensión retirados superando lo exigido por las autorizaciones de vertido de las EDAR de Sevilla (2013).

Así pues la aglomeración urbana de Sevilla y su entorno, mediante la depuración de sus vertidos, ha conseguido eliminar el mayor foco de contaminación del cauce bajo del Río Guadalquivir, contribuyendo decisivamente a la mejora ambiental del entorno fluvial.

Pero no sólo importa mantener la calidad del Río Guadalquivir sino que sus crecidas resultan relevantes para las actuaciones de la empresa. El emplazamiento urbano está condicionado por el territorio, en su morfología y sustratos, el clima y la hidrografía y, en los emplazamientos de entorno fluvial, las avenidas condicionan la supervivencia.

Las crecidas del Guadalquivir se repetían anualmente en la estación de lluvias y las avenidas importantes se desencadenaban por precipitaciones intensas en la propia cuenca del Guadalquivir o en la subcuenca del Genil, cuando el nivel del agua se elevaba varios metros, hasta más de 10 en los casos extremos registrados.

La avenida originaba serios problemas ambientales en la urbe; la red de alcantarillado, al elevarse el nivel, no evacuaba los vertidos, el nivel del agua dentro de la ciudad se

elevaba y terminaba por arriar la parte baja, convirtiendo las calles en canales. El acceso a las viviendas se hacía con barcas por los balcones y las ventanas y los suministros, el movimiento de personas, el traslado de enfermos era “fluvial”. Finalmente, el agua que inundaba las calles, con una gran carga de cieno y de restos orgánicos, propagaba enfermedades. El nivel alcanzado por el agua se marcaba en algunas casas con azulejos que servían de recuerdo y aviso. Quedan todavía algunos, evidencia de los riesgos del emplazamiento urbano y de las penurias de la población.

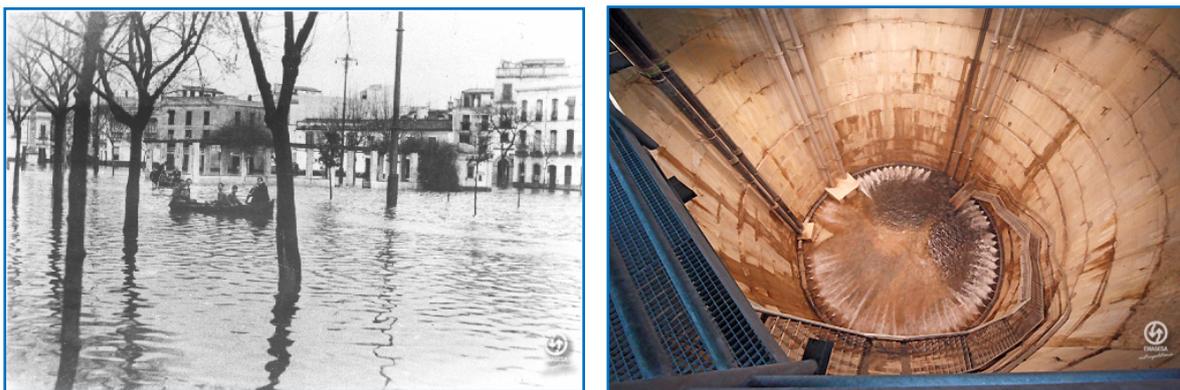


Foto 3.- La Alameda de Hércules durante las inundaciones del año 1961 y tanque de tormenta en este emplazamiento.

Sucesivas intervenciones completaron las defensas hidráulicas de Sevilla y fueron ejecutadas en el último tercio del siglo XX, completándose en 1980 cuando se realiza la denominada corta de la Cartuja, discurriendo el caudal del Guadalquivir por un canal nuevo y cerrando el Meandro de San Jerónimo con un aterramiento. El Monasterio de Santa Maria de las Cuevas quedó así entre dos brazos del río en un espacio donde la Exposición Universal de 1992, encontró el emplazamiento apropiado. Pocas veces una obra hidráulica para dar solución a un problema ambiental tiene tanta repercusión y proyección de futuro.

La actividad de EMASESA, mediante la instalación de 24 estaciones de bombeo de aguas pluviales y/o residuales permite evacuar al Río la precipitación local y la incorporación reciente de tanques de tormenta consigue mejorar su funcionamiento, laminando las crecidas en el medio urbano y actuando como un importante sistema de prevención de inundaciones (foto 3). Así, en el año 2013, se bombearon al Guadalquivir mediante dichas Estaciones de bombeo 12,9 hm³.

También al correcto funcionamiento de estas vías de evacuación de pluviales contribuye la planificación de las limpiezas de imbornales (retirando 134 t de residuos) y de las redes de saneamiento, con más de 3.400 t retiradas mediante camiones *ad hoc* en el año 2013. En este aspecto, se está planteando recientemente un problema derivado del aumento del nivel de vida relativo a la costumbre de eliminar en los hogares las toallitas desechables a través de los sanitarios. Para mejorar estas pautas, EMASESA está iniciando campañas de concienciación ciudadana a través de mensajes en redes sociales, videos, etc.

Como se ha señalado al inicio, una de las características del entorno urbano es la transmisión de información, que contribuye a crear conciencia ambiental en muy variados temas. La labor de la empresa no se realiza sólo hacia dentro sino que se mantiene una continua transmisión de información y conocimientos que incidan en la concienciación de los ciudadanos y en el entendimiento de que la educación ambiental y la reflexión sobre los procesos que ocurren en la ciudad permiten la toma de conciencia y el correcto análisis de alternativas que la tecnología ofrece para realizar actuaciones ambientales coherentes a medio y largo plazo.

Desde hace más de 20 años EMASESA lleva a cabo actividades de carácter ambiental para la comunidad educativa y la sociedad a través de la atención a visitas, charlas en colegios y visitas técnicas que alcanzan un promedio anual que supera los 12.000 asistentes.

Las actividades realizadas en este sentido están dirigidas a todos los colectivos sociales que quieran conocer todo o parte del Ciclo Integral Urbano del Agua y se materializan en dos programas: el programa de visitas a nuestras instalaciones *Ven a Conocernos* y el programa de educación ambiental *El agua en las aulas*. La demanda en ambos programas ha ido aumentando a lo largo de los años y afecta a todos los niveles del sistema educativo: infantil, primaria, secundaria, bachillerato, formación profesional, ocupacional, universitaria y postgrado, además de empresas del sector, medios de comunicación y cualquier colectivo interesado (asociaciones de vecinos, centros de adultos, asociaciones ambientales). También se organizan pequeños eventos y actividades relacionadas que promueven la difusión y comprensión del uso sostenible del agua en días señalados (*Día Mundial del agua y del medio ambiente, Concurso de Fotografía sobre el Arboreto, por ejemplo*).

Estas actividades se atienden directamente por personal de la empresa en las diferentes instalaciones: Embalse de El Gergal, ETAP El Carambolo, EDAR Tablada, Estación de Ecología Acuática, Jardín Botánico *El Arboreto* que hacen partícipes a los visitantes de su propia experiencia y conocimiento de dichas instalaciones.

Igualmente, la empresa realiza difusión a través de las redes sociales de mensajes con actuaciones ambientales que, en 2013, fueron un total de 51 sobre asuntos variados como saneamiento, calidad del agua, eficiencia energética, gestión de residuos y uso sostenible del agua.

Merece la pena destacar que se han promovido actividades de retorno social no vinculadas directamente con su actividad principal en la línea de la responsabilidad social corporativa cuando todavía no existía esta conciencia en la mayor parte de las empresas españolas. En esta línea, en 1986, se acordó la creación de un jardín botánico en terrenos inicialmente destinados a la ampliación de los depósitos de la ETAP Carambolo. Este jardín constituye un núcleo de alta biodiversidad (más de 500 especies catalogadas y descritas en diversas publicaciones) en el que, no sólo apreciamos valores intrínsecos, de esparcimiento y estético, sino también su incidencia en refrigeración del entorno, la calidad del aire, la retención de agua o la aportación al cambio global. Por ende, esta zona verde constituye un reducto de naturaleza que enriquece el paisaje y le confiere atractivo, dado la diversidad de colores, la frescura de la sombra, los juegos de luz en hojas y ramas, la amplia diversidad de aves que lo habitan.

Otro caso singular, que pone de manifiesto la responsabilidad social corporativa de EMASESA, se refleja en la creación de la Estación de Ecología Acuática "Príncipe Alberto

I de Mónaco". En 1992, el Principado de Mónaco construyó para la Exposición Universal de Sevilla un Pabellón dotado de un magnífico acuario donde los visitantes tenían ocasión de observar los peces del Mediterráneo. Finalizada la Expo'92, una gestión conjunta de EMASESA y la Universidad de Sevilla ante el Principado permitió la cesión del Pabellón al Ayuntamiento de Sevilla para la constitución de la *Estación de Ecología Acuática* como un centro mixto Universidad-Empresa, orientado a la investigación limnológica e ictiológica, al seguimiento de los embalses de abastecimiento a Sevilla y a las actividades docentes y de divulgación ambiental.

La instalaciones de la Estación incluyen un Acuario (400 m³ de capacidad) dotado de paredes transparentes con un túnel que lo atraviesa longitudinalmente y permite la observación cercana de los peces hasta una profundidad de 4 m. Este Acuario se ha mantenido como un foco de atracción para los visitantes desde su habilitación en 1994. Por su valor educativo, desde 1996, se incluyó en la oferta de visitas programadas de modo que los estudiantes y ciudadanos son recibidos en la Estación donde se les presenta en el aula una introducción sobre temas de agua y naturaleza y teniendo ocasión, seguidamente, de observar el comportamiento de los peces en el Acuario.

En el siglo XXI, la protección ambiental relevante en las zonas urbanas será la que se haga localmente, abatiendo impactos, favoreciendo enclaves y multiplicando las actuaciones favorables a escala de comunidades y de especies amenazadas. Restaurando y diseñando ecosistemas adecuados a cada entorno. Y aprovechando circunstancias no previstas donde la Naturaleza utiliza como recurso un producto industrial, como en el caso de los lodos de las depuradoras de aguas residuales. Y, por supuesto, contando con la comprensión e implicación de todos los ciudadanos para que la actividad urbana se integre de manera fluida en los ecosistemas circundantes.

Información complementaria en:

Basanta, A. (1998) *La gestión del ciclo urbano del agua con criterios ecológicos*. Tecnología del agua 182, 61-66.

Basanta, A.; Santa-Bárbara, C. (1999). *Un paseo por el Arboreto*. Publicaciones de EMASESA. 50 pp.

Basanta Alves, A.; Martín Montaña, A. (2004) *El Arboreto de El Carambolo: un jardín con vocación educativa*. Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente. 14 pp.

Basanta Alves, A.; López Villa, B.; López Sánchez, J.L. (2008) *Avifauna y compostaje de lodos, un caso singular en la gestión final del ciclo del agua*. Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente. Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente. 27 pp.

Díaz, A; Basanta, A.; Escot, C. (2005) *Programa de vigilancia de los ecosistemas acuáticos destinados al abastecimiento a Sevilla y su área de influencia: gestión sostenible de los recursos hídricos*. En: J.A. López-Geta, J.C. Rubio, M. Martín Machuca, eds. VI Simposio del Agua en Andalucía. IGME. 597-604.

Díaz García, J.M.; Martín de la Cruz, A. (2013). *Uso de las energías en el ciclo integral del agua en EMASESA. Manual de buenas prácticas energéticas*. Actas de las XXXII Jornadas de AEAS. 10 pp.

- EMASESA. *El agua en Sevilla* (1990). Ediciones Guadalquivir. 287 pp.
- EMASESA. *Sostenibilidad y gestión 2005: así éramos y así somos* (2005). 357 pp.
- EMASESA. *El Agua y Sevilla: Abastecimiento y Saneamiento*. (2011) 238 pp.
- EMASESA. *Memoria de responsabilidad social corporativa*. (2012). 188 pp.
- Estevez Pastor, F.S. (2004) *Aportación positiva de las EDAR de Sevilla al desarrollo sostenible mediante la producción de energía eléctrica y calor procedentes de la depuración de aguas residuales*. Actas VII Congreso Nacional de Medio Ambiente. 12 pp.
- Estevez Pastor, F. (2012). *Reutilización de agua: La tecnología española, garantía de calidad y seguridad*. Actas de las sesiones técnicas del XII Congreso Nacional de Medio Ambiente. 21 pp.
- Florencio Vidal, M.; Gonzalez Quesada, R. (2004) *El aprovechamiento de las aguas de proceso en una ETAP. Una contribución al desarrollo sostenible* (Disminución de las necesidades de agua del sistema y eliminación de vertidos). Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente. 25 pp.
- López Villa, B., Basanta Alves, A. y Martín Montaña, A. (2006). *Gestión ambiental y energética de la Planta de Compostaje de Biosólidos de EMASESA*. Actas del Congreso Nacional del Medio Ambiente. 12 pp.
- Lopez Villa, B.; Basanta Alves, A. (2010) *Emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo urbano del agua*. Actas del Congreso Nacional de Medio Ambiente. 26 pp.
- Luque García, L.; Luna Gonzalez, J.J.; Mena Miranda, A (2010) *Aprovechamiento de una infraestructura en desuso. El tanque de tormentas de la Alameda de Hércules*. Actas de las XXX Jornadas de AEAS. 209-220.
- Mesa Vila, I.; Cid Gonzalez, M.J. (2010) *El marketing del ahorro: del Plan cinco a la sostenibilidad integral*. Actas de las XXX Jornadas de AEAS. 345-356.