



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Avifauna y compostaje de lodos, un caso singular en la gestión final del ciclo del agua

Autor: Ana Basanta Alves

Institución: Empresa Metropolitana de Aguas de Sevilla(EMASESA)
E-mail: abasanta@emasesa.com

Otros autores: Benigno López Villa (Empresa metropolitana de aguas de Sevilla);
José Luis López Sánchez (GECONAT, Dpto. de Biología vegetal y Ecología.
Universidad de Sevilla)



RESUMEN:

La Empresa Metropolitana de Aguas de Sevilla realiza la gestión de casi 80.000 t/ año de lodos, resultantes de la depuración de las aguas residuales y de la recuperación de aguas de proceso de la ETAP, mediante aplicación agrícola directa y compostaje en pilas aireadas, apoyando el presecado en naves de secado solar. El control de calidad efectuado en laboratorios propios muestra características conformes con las disposiciones nacionales y autonómicas que regulan su empleo en el sector agrario (RD 1310/1990 del MAPA y Orden de 26/10/1993 que lo desarrolla) poniendo de manifiesto, además, un elevado contenido en materia orgánica (49,49 %) y nutrientes, especialmente nitrógeno (4,49 %). Hay que destacar que la tecnología utilizada en la Planta de Compostaje, de bajo coste energético, se ha ido mejorando mediante el confinamiento de la fase más odorífica en naves cerradas con ventilación forzada y aprovechamiento de la energía solar, lo que representa un importante ahorro de energía convencional. Durante 2007 se ha certificado el Sistema de Gestión de la Calidad y Ambiental de la Planta según las normas UNE-EN-ISO 9001:2000 y 14001:2004. En este sentido, destaca que los procesos desarrollados constituyen una actividad de valorización de un residuo para su aplicación en agricultura, lo que permite cerrar los ciclos de algunos elementos, devolver fertilidad a los suelos de cultivo y representa el principal aspecto ambiental de la instalación, con significación alta y positiva. Por su singularidad, destaca otro aspecto ambiental positivo: esta Planta es un lugar propicio para la nidificación de algunas especies limícolas, como cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*) y canasteras (*Glareola pratincola*): el agua se encuentra próxima (cercanía del encauzamiento del Río Guadaira), existe disponibilidad de alimento y la temperatura del lodo favorece su uso como zona de incubación. Estas especies cuentan con el estatus de interés especial según el Anexo II del RD 439/1990 del MAPA por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y, para facilitar la cría, se han adoptado las recomendaciones realizadas por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y se ha acometido su estudio en colaboración con la Universidad de Sevilla junto con pautas de explotación que favorecen la conservación de estas especies. En esta comunicación se presentará la gestión de EMASESA para hacer compatibles este proceso de valorización de un residuo y la conservación de especies de alto interés ecológico, lo que supone un caso singular donde se concilian la explotación de la fase final del ciclo urbano del agua y la protección de la fauna.



1. LA VALORIZACIÓN DE LODOS DE DEPURACIÓN EN EMASESA

El ciclo integral del agua en el medio urbano plantea, en su fase final, un desafío relevante a los responsables de las empresas que explotan instalaciones de depuración ya que han de solucionar la disposición de grandes cantidades de lodos que, en algunos casos, pueden tener características no deseables. No obstante, gran parte de los lodos producidos, carentes de metales pesados debidos a contaminación industrial, constituyen recursos valiosos de los que la actividad agraria se puede beneficiar.

En esta línea, uno de los logros de carácter ambiental más apreciable de la actuación de la Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla (EMASESA) se encuentra directamente relacionado con el reciclado de todos los subproductos originados en la depuración de las aguas residuales. Así pues, el aprovechamiento de materiales potencialmente útiles ha constituido un gran reto para la empresa desde 1980, momento en que entra en funcionamiento la primera Estación Depuradora de Aguas Residuales de Sevilla: la EDAR Ranilla. Como es bien conocido, el proceso aplicado en estas instalaciones origina un producto final, el agua depurada y dos subproductos: el biogás, que mediante cogeneración permite la obtención de energía eléctrica y la consiguiente reducción de los costes de depuración, y los lodos de depuradora.

Estos lodos se caracterizan por presentar un elevado contenido en materia orgánica y en nitrógeno, por lo que tradicionalmente han sido considerados como una importante fuente de riqueza, con especial aprovechamiento en los suelos agrícolas de Andalucía cuyos problemas de estructura y déficit en materia orgánica son sobradamente conocidos.

El desarrollo progresivo del Plan de Saneamiento Integral de Sevilla y zona de influencia continuó hasta 1990 con la construcción de otras tres estaciones depuradoras (EDAR San Jerónimo, EDAR Copero y EDAR Tablada), lo que permite una prestación de servicios para 1.750.000 habitantes equivalente, dotando a la aglomeración urbana del entorno de Sevilla de servicios de saneamiento y depuración y eliminando, de esta forma, el mayor foco de contaminación que, por su volumen, presentaba el Río Guadalquivir.

La actividad de estas cuatro instalaciones genera anualmente unas 80.000 toneladas de lodos (materia fresca), como consecuencia lógica de haber separado la contaminación orgánica presente en las aguas residuales. Sus características (Tabla 1), analizadas sistemáticamente en laboratorios de la propia empresa, acreditados según norma ISO EN UNE 17025, cumplen ampliamente con los criterios de calidad establecidos por la legislación actual que regula la aplicación de estos materiales en agricultura (Directiva 86/278, RD 1310/90 del Ministerio de Agricultura y Pesca y Orden de 26/10/93 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía).

Tabla 1. Características básicas de los lodos tratados (2002-2007)

| Parámetros Agronómicos | Valores medios (n=288) | Desviación típica |
|---|-------------------------------|--------------------------|
| Materia seca (%) | 22,77 | 1,4 |
| Materia orgánica(% sms) | 48,63 | 4,12 |
| pH | 6,27 | 0,6 |
| Nitrógeno total (%) | 4,52 | 0,25 |
| Fósforo Total (%P ₂ O ₅) | 7,06 | 1,58 |
| Potasio Total (% K ₂ O) | 0,54 | 0,14 |
| Metales Pesados (ppm) | | |
| Cadmio | 2,56 | 1,03 |
| Cromo | 130,4 | 24,47 |
| Cobre | 360,21 | 78,38 |
| Plomo | 263,85 | 155,58 |
| Zinc | 977,7 | 196,52 |
| Níquel | 60,35 | 89,65 |
| Mercurio | 2,1 | 0,49 |

El entorno metropolitano de Sevilla constituye un caso especialmente favorable para adoptar procedimientos de valorización de estos lodos puesto que, por un lado, estos subproductos son perfectamente adecuados al uso agrícola dado la escasa aportación de vertidos de carácter industrial a la red de saneamiento y al control que de los mismos realiza la propia empresa (González Carballo, J,A. y cols., 2004) y, por otro lado, a que se producen en un entorno donde la actividad agraria presenta una importante demanda de productos enmendantes que ayuden a mejorar las características físico-químicas del suelo: su estructura, aireación, porosidad, capacidad de retención de agua, etc., a la vez que proporcionan un enriquecimiento en elementos fertilizantes, de liberación progresiva a medio plazo, que la propia actividad agrícola detrae por la explotación intensiva de cultivos.

En consecuencia, el destino final elegido por EMASESA ha sido la reutilización en el sector agrícola así como en planes de reforestación y obras públicas. Sin embargo, los lodos, en las condiciones en que son producidos, presentan un elevado contenido en agua lo que supone serios inconvenientes durante las operaciones de transporte y reparto y puede generar problemas de olores, sin olvidar la presencia de microorganismos procedentes de las aguas residuales tratadas. Todo ello motivó que la empresa se dotase de un procedimiento para la mejora de las características, adecuación e higienización de estos materiales.

Así, en el contexto de la mejora continua para la prestación de los servicios atendidos por EMASESA, se puso en funcionamiento la primera Planta de Compostaje en 1993. En la actualidad, el proceso de valorización se realiza en una nueva Planta de Compostaje

construida en 2003, cuyas instalaciones, consistentes en 5,4 hectáreas de superficie realizadas en zahorra compactada y 5 hectáreas sobre solera de hormigón para permitir la explotación durante los períodos de lluvia, cuentan con todos los servicios e instalaciones auxiliares necesarias (nave taller, edificio de control, vestuarios, balsa de lixiviados, báscula pesacamiones, centro de transformación, etc.).

El Proyecto constructivo de estas instalaciones fue sometido a Evaluación de Impacto Ambiental y en su diseño y construcción se han aplicado las medidas recogidas en la Declaración de Impacto Ambiental emitida por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Hay que destacar que la Planta limita con el encauzamiento del río Guadaíra y con una de las depuradoras de aguas residuales de EMASESA (EDAR Copero) y se encuentra inscrita en una zona de carácter industrial (Pol. Ind. La Palmera, Isla Menor) donde, además, se ubica una pequeña barriada que dista de las instalaciones unos 2 km.

Las nuevas instalaciones (Foto 1) con una superficie total de 24 hectáreas y un diseño mejorado por aplicación de la experiencia adquirida en la primera Planta, incluye, como se acaba de señalar, el desarrollo de las medidas de contención previstas en la DIA y que, en síntesis, pueden resumirse en la impermeabilización de las superficies con objeto de evitar aportaciones al nivel freático, la recogida de escorrentías y lixiviados con transporte de los mismos a cabecera de la EDAR colindante y el apantallado perimetral mediante la plantación de densos setos siempreverdes sobre taludes con objeto de redirigir los vientos dominantes hacia zonas despobladas.



Foto 1. Vista aérea de la Planta de Compostaje de lodos de EMASESA

En estas instalaciones, se procede a la recepción de los lodos generados por de las cuatro estaciones depuradoras, la comprobación de sus características, su pesaje y la descarga en las plataformas de hormigón o zahorra compactada (Foto 2). Seguidamente

se extienden a baja altura con palas cargadoras para obtener, mediante exposición al sol, una sequedad del 40-45%. Se trata pues de aprovechar las favorables condiciones meteorológicas de la zona para eliminar el exceso de humedad que dificultaría la posterior fase de fermentación, utilizando el calentamiento provocado por la energía solar y la renovación de aire ocasionada por el viento para evaporar el exceso de humedad del lodo.



Foto 2. Distintas fases del proceso de valorización de lodos

A continuación, los lodos presecados se amontonan en pilas de sección triangular y se someten a un proceso de compostaje natural, en pilas dinámicas controladas térmicamente (Figura 1) y con aireación facilitada mediante volteo periódico con palas cargadoras. Inicialmente, las pilas confeccionadas de la forma descrita permanecen estáticas, manteniendo un régimen de temperaturas de unos 70 ° C durante siete días, al objeto de aplicar un tratamiento de higienización de choque.

Posteriormente, se aplican volteos periódicos, bien porque se alcancen temperaturas excesivamente altas (aparición de organismos termófilos, evolución de la fermentación no deseable, pérdidas de nitrógeno por lixiviación) o por la caída de la misma debido a una disminución de la actividad biológica (necesidad de oxigenación). La etapa de fermentación ocupa unos 60 días de proceso, transcurrida la cuál, los lodos permanecen todavía unos 3 meses en maduración (Martín Montaña, A., 2002).

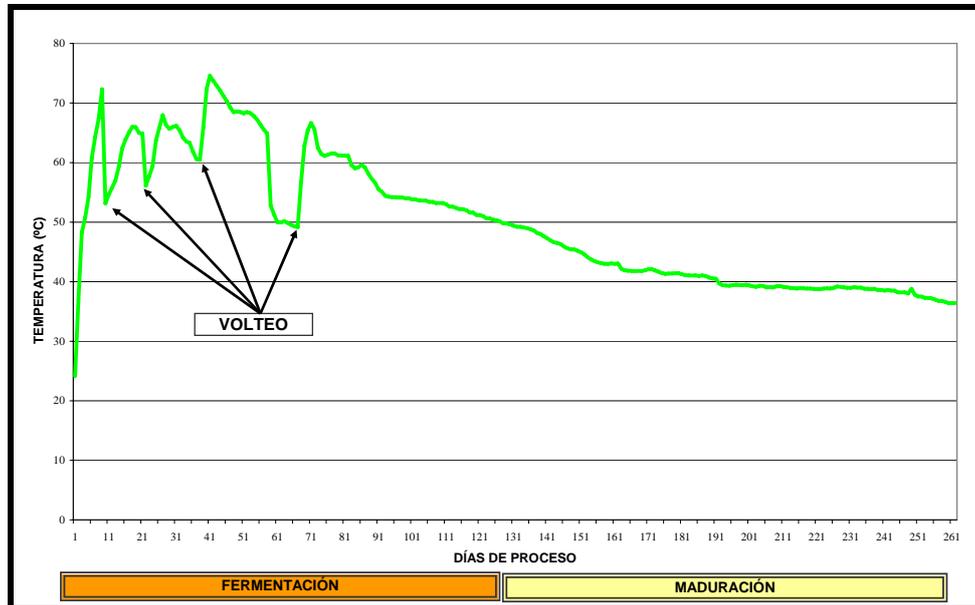


Figura 1. Evolución térmica de las pilas de lodo durante la fermentación y maduración

El producto resultante queda catalogado como un lodo compostado, estable, con unas características organominerales muy uniformes en el tiempo y similares a las de los materiales de partida (Tabla 2) con granulometría semifina y color y olor agradables, estando conforme con las especificaciones contenidas en las normas que regulan su aplicación en agricultura.

| Tabla 2. Características básicas de los lodos compostados (2002-2007) | | |
|---|-----------------------|-------------------|
| Parámetros Agronómicos | Valores medios (n=56) | Desviación típica |
| Materia seca (%) | 72,91 | 6,4 |
| Materia orgánica(% sms) | 27,46 | 4,09 |
| pH | 6,48 | 0,25 |
| Nitrógeno total (%) | 2,02 | 0,35 |
| Fósforo Total (%P ₂ O ₅) | 7,1 | 2,53 |
| Potasio Total (% K ₂ O) | 0,79 | 0,27 |
| Metales Pesados (ppm) | | |
| Cadmio | 3,7 | 1,87 |
| Cromo | 163,68 | 90,58 |
| Cobre | 391,43 | 106,58 |
| Plomo | 295,95 | 105,99 |
| Zinc | 1.083,95 | 371,33 |
| Níquel | 41,95 | 12,15 |
| Mercurio | 1,86 | 0,64 |

Este producto presenta un valor agronómico elevado por su especial contenido en materia orgánica y nitrógeno, su facilidad para el transporte, manejo y distribución en el terreno y su elevado grado de higienización (Foto 3) como muestran los análisis realizados mensualmente. Con estas características, su empleo en aplicaciones agrícolas, forestales, viveros, jardinería urbana, obras públicas, zonas recreativas, etc., no reviste ningún tipo de riesgo sanitario o ambiental y ha permitido gestionar la producción anual de los últimos 15 años.



Foto 3. Aspecto del lodo compostado



En síntesis, se puede afirmar que el tratamiento aplicado resulta sencillo, continuamente disponible, económico y ambientalmente correcto, constituyendo una actividad necesaria y destacable dentro del conjunto de operaciones destinadas al cierre final del ciclo urbano del agua.

2. MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Como ya se ha indicado, desde su construcción y posterior puesta en marcha, la actividad ha sido realizada respetando las medidas de contención de impactos ambientales exigidos por la autoridad competente así como aquellos que la mejora continua debida al avance de las tecnologías y conocimientos permitiese y con la intención de certificar los sistemas de gestión de la calidad y ambiental.

Así pues, EMASESA decidió realizar una serie de actuaciones para reducir el impacto de la actividad de las instalaciones, más amplia que la requerida por las normas ambientales (López Villa, B. y cols., 2006) y centradas en los aspectos ambientales que podrían presentar impactos negativos, a saber, generación de olores y presencia de fauna indeseable que seguidamente se describen.

✚ Se ha establecido y se aplica un procedimiento para el seguimiento de la percepción olfativa y de las condiciones meteorológicas (velocidad y dirección de viento, temperatura, etc) y de la presencia de dípteros, modificando, en su caso, las pautas de explotación para impedir afecciones a los núcleos de población próximos. Dicho procedimiento incluye diez puntos de muestreo, tres de ellos en el interior de la Planta de Compostaje, tres en la población más cercana que se encuentra a 1.800 m y el resto en otros posibles focos de olor del entorno, como el arroyo Las Culebras o el río Guadaíra. Este procedimiento fue puesto en conocimiento de la población cercana junto con la disponibilidad pública de sus resultados conforme fueran solicitados. Anualmente se realiza un informe donde se evalúan las posibles incidencias de olor que se han percibido y, lo que es más importante, cualquier posible afección que se detecte provoca cambios en las pautas de explotación. Así pues, en los casos en los que se apreciaron niveles de olor relevantes en el interior de las instalaciones, se procedió a un análisis de posibles causas y a modificar las consignas de explotación para evitar una alteración de la calidad del aire en inmisión que pueda percibirse fuera de las instalaciones.

✚ Se mantiene la realización de mediciones quincenales de los niveles de SH₂ en inmisión a través de una Entidad Colaboradora de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, de acuerdo con lo establecido en el RD 833/75, sobre la calidad del aire. Hay que tener presente que los resultados han mostrado siempre valores muy inferiores al límite establecido por lo que la autoridad ambiental ha considerado pertinente la suspensión de la obligatoriedad de estas mediciones, manteniendo la medida bienal exigible a un foco de tipo B.

✚ Se ha realizado y entregado a los habitantes cercanos un protocolo de comunicación y se ha designado a un técnico de EMASESA, disponible permanentemente para que, ante cualquier tipo de incidencia comunicada por habitantes del entorno, se desplace al punto problemático, pueda entrevistarse con los comunicantes y realice la comprobación y la evaluación de la alarma. Indicar que en todos los casos de avisos, atendidos puntualmente, los representantes de la comunidad de vecinos reconocieron la inexistencia de la molestia en el momento de la visita así como el carácter leve y transitorio de la misma.

✚ Se ha implantado un control de la proliferación de fauna indeseable adoptando las siguientes medidas: Dado que la mosca doméstica prolifera en este tipo de instalaciones, y tras la comprobación de los resultados de distintos tipos de tratamiento aplicables, se ha optado por instalar equipos atrapamoscas estáticos, complementando su efectividad con tratamientos terrestres en los momentos de mayor proliferación (Foto 4). Se eligieron los atrapamoscas de mayor rendimiento y se procedió a su colocación en todo el perímetro de las instalaciones. Aparte de que esta medida representa una solución pasiva de eliminación de insectos, tiene efectos en continuo y permite conocer la evolución del desarrollo de dípteros, ya que periódicamente se vacían los atrapamoscas, pesando su contenido. Estos datos son útiles para la toma de decisión sobre la necesidad o no de la aplicación de tratamientos terrestres complementarios. Estos tratamientos se realizan con productos de baja toxicidad y que no afecten a la calidad final del lodo compostado y se aplican con maquinaria que permiten atomizar el producto sobre el material acopiado. Independientemente, todas las instalaciones están sometidas a un programa desratización y desinfección tal y como se regula en el RD 8/1995 por aplicadores autorizados.



Foto 4. Atrapamoscas instalados en el perímetro de la Planta de Compostaje.

✚ Se está ampliando progresivamente la contención del impacto visual y creación de barreras acústicas y de desvío de los vientos predominantes. Para ello se ha incrementado la pantalla vegetal perimetral sobre caballón con tres líneas de plantación, empleando especies de elevado porte y rápido crecimiento en la zona más externa, de tipo arbustivo en la intermedia y de aromáticas en la más baja. En espacios interiores se han realizado otras plantaciones para contribuir a la integración paisajística de las instalaciones, con ampliaciones sucesivas hasta abarcar las superficies disponibles. El riego del conjunto se realiza de forma eficiente mediante goteo, controlado por electroválvulas programables y empleando agua del efluente secundario de la EDAR colindante.

✚ Se ha mejorado el tratamiento de lixiviados y escorrentías. Cada una de las plataformas de las instalaciones se encuentra dotada de sus correspondientes pendientes y cunetas perimetrales, lo que permite la recogida de lixiviados originados por el proceso así como de las aguas pluviales (Foto 5). La red vierte a una balsa de lixiviados y mediante una estación de bombeo automático, desvía los caudales a cabecera de la EDAR contigua. En todo el perímetro de la balsa se han instalado placas con geles adsorbentes con una alta eficacia para la retención de posibles compuestos orgánicos volátiles, consiguiendo, de esta forma, minimizar el impacto potencial de este punto.



Foto 5. Vista general de la balsa de lixiviados

Las actuaciones reseñadas contribuyen a un mejor conocimiento de los impactos generados por la actividad de compostaje y permiten adoptar pautas para su minimización, con resultados favorables.

3. MEJORA CONTINUA.

Las actuaciones descritas en el apartado anterior constituyen muestras del progreso en la mejora continua del proceso de compostaje que se han ido implantando en los últimos años pero, en este apartado, se detallan aquellas que, por constituir avances tecnológicos con repercusión directa en la gestión del proceso, son más significativas.

- ***Mejora del conocimiento y vigilancia ambiental***

Especial mención requiere la actuación que, a continuación, se describe: Dada la presencia de un núcleo de población en el entorno cercano, al inicio de la actividad de la Planta se realizó un estudio olfatométrico, por parte de una empresa acreditada, aplicando la norma europea UNE EN 13725 sobre *Air quality –Determination of odour concentration by dynamic olfactometry*. En este estudio se analizaron todas las etapas del proceso (Foto 6) es decir, recepción y almacenamiento, presecado, fermentación y maduración.

Pues bien, los resultados obtenidos indicaron que el mayor impacto generado por el proceso se origina en las etapas de recepción, almacenamiento y presecado de los lodos. En términos cuantitativos, podríamos señalar que la isodora para $5 \text{ uo}_E/\text{m}^3$, percentil 98, obtenida para la totalidad del proceso, produciría un efecto notorio en un radio de 5 km, en el que población podría percibir molestias. Basándose en este estudio la empresa decidió acometer una serie de mejoras en las instalaciones que se describen más adelante.



Foto 6. Toma de muestras para el estudio olfatométrico.

Además, recientemente EMASESA ha adquirido un olfatómetro de campo, que proporciona una manera de cuantificar la intensidad de los olores ambientales en inmisión y en tiempo real. Para ello utiliza una mezcla de volúmenes discretos del olor ambiental con aire limpio, determinando la dilución necesaria para que el olor ambiental no se perciba, de manera similar a la olfatometría de laboratorio.

Como es lógico, los usuarios de este equipo han realizado un entrenamiento de “calibración” (Foto 7) para comprobar que cumplen las recomendaciones de la norma europea (UNE:EN 13715) mediante la realización de un protocolo de determinación de la sensibilidad olfativa individual con n-butanol, además de la realización de los test de identificación y discriminación de olores y entrenamiento con el olfatómetro.



Foto 7. Medición con el olfatómetro.

Hasta este verano, la intensidad del olor en las mediciones de las condiciones ambientales de la Planta de Compostaje y su entorno se estimaban a través de la percepción de los técnicos por lo que la adquisición de este equipo resulta muy interesante para conocer de una manera objetiva el impacto ambiental de la instalación, ya que proporcionará datos que permitirán cuantificar la intensidad de los olores durante las mediciones antes mencionadas, comparar el impacto en los distintos procesos de la explotación de la instalación y verificar la eficacia de las medidas de minimización del impacto.

- **Mejoras de proceso**

Con objeto de mejorar el proceso y controlar el impacto de las etapas anteriormente indicadas, se ha realizado el diseño y la construcción de naves cerradas tipo invernadero, donde se procede a las operaciones de descarga y posterior presecado con aprovechamiento de energía solar (Naves de Secado Solar) (Martín Montaña, A. y cols., 2005). Estas instalaciones cuentan con una superficie de unos 19.000 m² construidos y las naves se han realizado con un diseño tipo multicapilla, apoyadas sobre pilares ligeros y con cerramientos verticales y laterales de polietileno de alta densidad.

Para la renovación del aire húmedo se ha instalado una batería de ventiladores en cabecera de cada módulo que introduce aire del exterior, proyectándolo sobre la superficie de los lodos a secar a través de un conducto longitudinal a la unidad. La salida de aire húmedo se produce mediante extractores situados en el extremo opuesto al de la impulsión.



Foto 8. Vista general y detalles de las Naves de Secado Solar

Con la finalidad de conseguir un consumo eficiente de la energía eléctrica necesaria para este proceso, el sistema de ventilación funciona en modo automático a través de sondas de humedad instaladas tanto en el interior de cada módulo como en el exterior de los mismos. Su puesta en funcionamiento sólo se produce cuando existe un grado de humedad en el interior superior a la del aire exterior y condicionado a la consigna introducida en el programa informático que gobierna este funcionamiento. El ahorro de energía de este sistema, aportada en forma de energía solar, cifrada en 800 wátios/m² supone un total de 15,2 Megawatios para el conjunto de la instalación.

La evolución del grado de sequedad de los materiales introducidos en la nave se controla mediante sonda, procediéndose a la extracción de los lodos una vez obtenida una sequedad del orden del 45-50% y a continuación el proceso de compostaje se realiza en las superficies exteriores aplicando el procedimiento descrito con anterioridad.

La repetición del estudio olfatométrico con esta nueva dotación, muestra que los resultados obtenidos sobre la calidad del aire en inmisión han mejorado sustancialmente, resultando una reducción del 83,5% de la emisión que implica, para la isodora de 5 uo_E/m³, percentil 98, un efecto perceptible a 1 km aproximadamente. Figura 2.

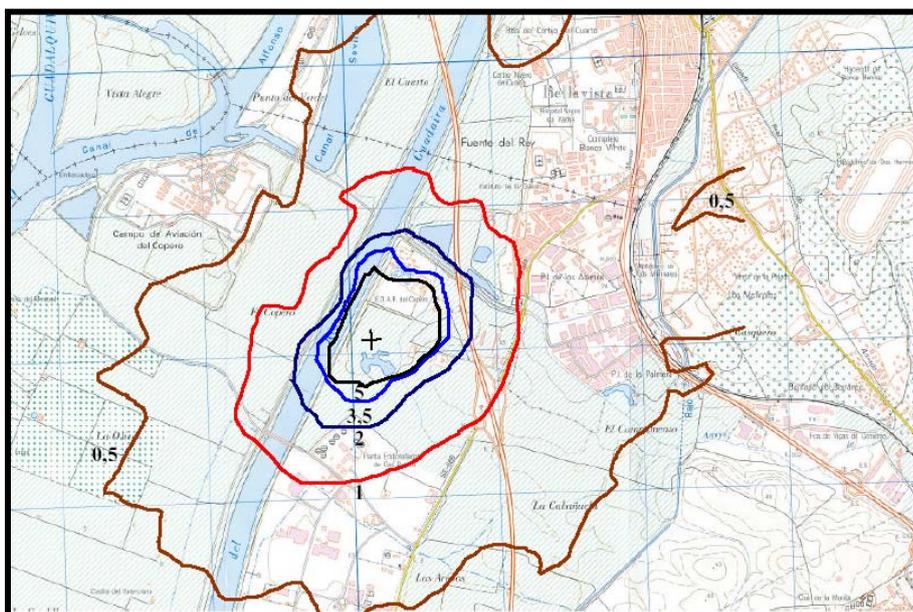


Figura 2. Mapa de isodoras de la Planta de Compostaje

El diseño de estas naves y del proceso aplicado, no sólo permite reducir el impacto de la actividad sino también mantener la operación de las instalaciones durante todo el año, es decir, sin que el desarrollo del proceso se vea afectado por los periodos de lluvias. Esto representa dos ventajas importantes: operatividad en continuo, reduciendo acumulaciones o depósitos y disponibilidad de producto permanentemente, satisfaciendo las necesidades que el mercado demande en cada momento.

En la línea de seguir mejorando esta tecnología, recientemente y a través de un proyecto subvencionado por el Ministerio de Medio Ambiente y Rural y Marino, EMASESA está realizando un estudio para analizar posibles medidas que permitan aumentar la capacidad de presecado de la instalación, ya sea mediante calentamiento del propio lodo, calentamiento del aire del interior del recinto o ambos conjuntamente y para evaluar su idoneidad y costes energéticos.

La incorporación de las Naves de Secado Solar descritas en los párrafos anteriores, representa una innovación tecnológica para el tratamiento y gestión de los lodos procedentes de la depuración de las aguas residuales y una iniciativa para estudiar nuevas estrategias destinadas a reducir el impacto generado por las fases de almacenamiento y presecado en instalaciones de compostaje, lo que, en definitiva, supone mejorar el procedimiento adoptado y evitar situaciones de conflicto social.

En paralelo, se han realizado actuaciones de modernización y mecanización del proceso de compostaje con el fin de obtener un producto homogéneo y de características constantes, mediante la incorporación a las instalaciones de un tractor dotado de apero, tipo arado de doble vertedera, con diseño específico para la remoción de los lodos lo que facilita el presecado. Además se ha dotado de una línea de afino a través de la adquisición de una criba móvil con paso de malla de 18x25 mm, lo que permite el desplazamiento fácil hasta los puntos de operación, evitando realizar transportes internos

y la obtención de un producto afinado muy homogéneo, lo que mejora la presentación del mismo y facilita las labores de reparto con remolques esparcidores o con abonadoras. (Foto 9)



Foto 9. Cribado y remoción de lodos en la Planta de Compostaje

Finalmente, se han contratado asistencias técnicas para la redacción de estudios de viabilidad de otros procesos aplicables a la gestión de los lodos (secado térmico con cogeneración, oxidación supercrítica, valorización energética, etc.), realización de ensayos experimentales en plantas piloto y diversas visitas a instalaciones existentes, tendentes a la diversificación de la gestión realizada de modo que se pueda disponer de una solución eficaz, económicamente viable y continuamente disponible.

- ***Mejora del producto y divulgación de sus características y ventajas***

Durante los años en que se viene desarrollando este modelo de gestión se ha aplicado lodo compostado en explotaciones en regadío de remolacha, maíz, algodón, frutal de hueso y pepita y cítricos. Destacar la singularidad de empleo en la producción de tepes de rye-grass para jardines y campos de golf, así como el interés creciente demostrado por los servicios municipales de jardinería, las escuelas taller, las comunidades de vecinos y, en general, los ciudadanos, para aplicarlo en zonas públicas, privadas o comunes.

En el ánimo de lograr una mejora de producto, la diversificación de la gama de productos elaborados y el aprovechamiento de la biomasa vegetal generada en el área de influencia de Sevilla, EMASESA ha firmado un convenio de colaboración con una empresa que desarrolla su actividad de recepción y trituración de biomasa vegetal procedente de podas y tratamientos de Parques y jardines en las instalaciones de la propia Planta de Compostaje, proporcionando a EMASESA una cantidad establecida de biomasa triturada al año. Esta biomasa es mezclada con lodos tratados de depuración con objeto de elaborar un producto de una calidad elevada y destinado para su empleo en cultivos

forzados, jardinería urbana y doméstica, cumpliendo las especificaciones del RD 824/05 sobre productos fertilizantes. En concreto el compost obtenido se ajusta a lo establecido para el Grupo 6, Enmiendas orgánicas Compost, quedando enclavado el producto elaborado dentro de la categoría C.

Por otra parte, la empresa se ha implicado en diversas actividades de divulgación del proceso aplicado y de los productos obtenidos, a través del desarrollo de presentaciones en diversos foros relacionados con el sector agrario e incluso organizando Jornadas específicas (*III Jornada técnica “El compost procedente de lodos de depuración en el sector agrario”*, organizada conjuntamente con las Consejerías de Agricultura y Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y con el patrocinio de la Diputación de Sevilla y el Ayuntamiento de Los Palacios y Villafranca). (Foto 10)



Foto 10. Stand de EMASESA en las *III Jornada técnica “El compost procedente de lodos de depuración en el sector agrario”*

Igualmente, a través de diversas actividades tales como, la recepción de visitas de colectivos interesados (asociaciones de vecinos, escuelas taller, estudiantes relacionados con agricultura y jardinería, cursos master de carácter ambiental, etc.) y la participación en congresos, seminarios, jornadas técnicas, mesas redondas publicaciones en revistas del sector y encuentros con los usuarios potenciales, se viene desarrollando una labor continua de difusión de la actividad y de las posibilidades de empleo del lodo compostado producido en nuestras instalaciones (Martín, A. y Basanta Alves, A., 2002)

Mención especial requiere la participación de EMASESA, junto con otras empresas e instituciones, en el desarrollo del Proyecto LIFE Medioambiente *Co-composting Procedures and its Use on Afforestation, Landscaping and Forestry and Agricultural Crops in the Andalusian Region* (LIFE 00 AMB/000/543), promovido por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Dicho proyecto ha supuesto la producción de tres tipos de compost confeccionados mediante el empleo de combinaciones distintas de lodos de depuración, fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y astillas obtenidas a partir de residuos verdes urbanos. Así mismo la demostración y obtención de resultados en cultivos agrícolas, forestales,



reforestación, paisajismo y producción de planta agrícola y forestal, tanto en Andalucía como en el Algarve portugués.

Un aspecto de elevada transcendencia del proyecto es la amplia difusión de resultados a través de jornadas itinerantes, conferencias, etc., la creación de un *web site* (www.compostandalucia.net), así como la *Oficina Life del Compost* y *Foro Life del Compost* (forolife@egmasa.es), actuaciones que permiten disponer de un punto de documentación e información, atender consultas y facilitar respuesta a los distintos planteamientos, así como el intercambio de opiniones y debate de todos aquellos aspectos relacionados con el ámbito jurídico, tratamiento, reciclaje y aplicación de estos productos.

Como resultado de estas actividades de difusión y de distribución de muestras del producto, además de la demanda existente para cultivos agrícolas, paisajismo y viverismo, se ha detectado un interés creciente de empleo del compost entre los pequeños consumidores, y un aumento apreciable del grado de satisfacción demostrado por los agricultores que lo utilizan habitualmente.

4. GESTIÓN DE AMBIENTAL.

En el ánimo de establecer una eficaz base de actuación en materia de sistemas de gestión y de alcanzar mayores niveles de exigencia, en la Planta de Compostaje inició el proceso de implantación de un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad y Ambiental a finales de 2006 acorde con las normas UNE-EN ISO 9001:2000 y 14001:2004, certificándose por AENOR, en junio de 2007, con el alcance "*Valorización de lodos mediante la aplicación agrícola directa y la producción de lodos compostados y compost.*"

La implantación de este sistema supone una herramienta eficaz para garantizar y refrendar una correcta gestión, asegurar el cumplimiento de la legislación y mejorar continuamente el comportamiento ambiental de la instalación.

Durante el proceso de implantación y desarrollo del sistema, EMASESA ha obtenido ventajas como:

- ✚ Mayor control sobre los recursos
- ✚ Repercusión positiva sobre la calidad de procesos y productos
- ✚ Motivar a los empleados
- ✚ Anticiparse al cumplimiento de las nuevas normativas ambientales
- ✚ Mejorar las relaciones con la Administración local y ambiental así como la imagen ante la sociedad y los usuarios

Tal y como establece la norma UNE-EN ISO 14001:2004, parte del proceso de implantación requiere la identificación y evaluación de los aspectos ambientales, tanto en condiciones de funcionamiento normal y anormal, así como los aspectos potenciales o de emergencia, teniendo en cuenta los que la empresa puede controlar y sobre los que puede influir. La evaluación de estos aspectos permitió determinar cuáles de ellos tienen un impacto significativo, que fueron la base para establecer los objetivos y metas ambientales.



Las actividades desarrolladas en la Planta de Compostaje generan una serie de aspectos ambientales cuya incidencia sobre el medio ambiente se puede calificar como positiva o negativa. Así pues, tras la evaluación de aspectos realizada, se detectan aspectos significativos entre los que se destacarán más adelante los de carácter positivo. Como es lógico, EMASESA está interesada no sólo en mitigar los aspectos ambientales negativos sino también en maximizar los positivos.

Los aspectos ambientales identificados en la Planta de Compostaje se han agrupado en los siguientes grupos:

- ✚ Residuos
 - ✚ Vertidos
 - ✚ Consumo de recursos naturales
 - ✚ Emisiones a la atmósfera
 - ✚ Generación de ruido
 - ✚ Alteración del paisaje
 - ✚ Protección de la avifauna.
 - ✚ Valorización de lodos
- Igualmente se han tenido en cuenta los Aspectos potenciales o de emergencia

Describiendo de forma resumida los asociados más directamente a la explotación de la Planta de Compostaje que no hayan sido comentados con anterioridad podemos citar:

- ✚ Restos vegetales: Se generan como consecuencia del mantenimiento de las zonas verdes de la instalación, son retirados por la contrata de jardinería y se exige en los Pliegos de Prescripciones Técnicas que sean entregados a empresa autorizada para su valorización.
- ✚ Aceites usados, filtros y material impregnado. Derivan de las diversas tareas de mantenimiento de la maquinaria de la instalación. Tanto el mantenimiento preventivo como correctivo se encuentra subcontratado, exigiendo a los adjudicatarios del servicio justificantes de la correcta gestión de estos residuos peligrosos. Los residuos generados por el mantenimiento rutinario realizado por el personal de la instalación se almacenan en el Parque de residuos (Foto 12) y se gestionan a través de un gestor autorizado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.



Foto 12. Parque del almacenamiento de residuos de la Planta de Compostaje

✚ Vertido de aguas. Se originan como consecuencia de uso sanitario en el Edificio de Control, baldeo de los camiones, limpieza de los viales, pluviales, lixiviados, etc. Como se indicó anteriormente en el apartado de minimización del impacto ambiental, todos los vertidos son conducidos a la balsa de lixiviados y son posteriormente bombeados a cabecera de la EDAR contigua a la Planta de Compostaje. Este vertido está sometido por parte del Dpto. de Protección Ambiental de la propia empresa a las inspecciones que se estimen necesarias, además de una sistemática de caracterización cuatrimestral para asegurar el cumplimiento de la Ordenanza municipal de vertido en vigor.

✚ Consumo de combustible. El consumo de combustible se produce por el uso de la maquinaria adscrita a la instalación. Para tratar de minimizar el consumo se estableció un mantenimiento sistemático de la maquinaria, se han diseñado una serie de itinerarios preestablecidos en el interior de la instalación y se le han dado pautas a los operarios para reducir el consumo.

✚ Consumo de energía eléctrica. El gasto energético está ligado con el proceso de secado que se realiza en las Naves de Secado Solar. Por ello la instalación cuenta con un estudio para la optimización energética de los parámetros de explotación y como consecuencia, de la energía consumida. Este estudio establece distintas pautas de carga de lodo en cada uno de los módulos de secado y consignas de diferencia de humedad distintas en función de la época del año, que se aplican habitualmente.

✚ Consumo de agua. El riego de las zonas verdes de la Planta de Compostaje, el baldeo y la limpieza de camiones se realiza con el efluente secundario de la EDAR contigua, también propiedad de EMASESA, minimizando el consumo de agua de otras fuentes mediante la implantación de técnicas de riego eficiente, baldeo motorizado, construcción de lavadero de camiones, entre otros.

✚ Ruido. Se produce en el empleo de la maquinaria en las labores de explotación de la Planta como el volteo, cribado, etc. Previa a la certificación del Sistema de la Calidad y Ambiental de la instalación se realizó, a través de una Entidad de Inspección, una medición con objeto de conocer el posible impacto acústico producido por la Planta de Compostaje. El resultado de la medición fue favorable pues los valores encontrados están por debajo de límites establecidos por la legislación ambiental en este aspecto.

Especial consideración merecen los aspectos ambientales significativos y de carácter positivo identificados en la instalación: la contribución a la protección de avifauna y la propia actividad de valorización de lodos.

Comenzando por el más singular, la Planta de Compostaje, debido a su ubicación espacial, al proceso desarrollado en ella y a las materias primas que valoriza, supone un lugar adecuado para el asentamiento de algunas especies entre las que, debido a su especial interés de conservación, hay que destacar a limícolas como cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*) y canasteras (*Glareola pratincola*) (Foto 13) junto con otras como son la golondrina dáurica (*Hirundo daurica*) y el chorlitejo chico (*Charadius dubius*), en menor representación, que establecen en los lodos almacenados su lugar de cría y alimentación.



Foto 13. Canasteras en las eras de la Planta de Compostaje

De todas ellas, sin duda la canastera es la especie más significativa. Según los criterios establecidos en las normas de protección de la fauna a nivel comunitario (Anexo I de la Directiva 79/409/CE, relativa a la conservación de las aves silvestres), a nivel estatal (RD 439/1990, regulador de Catálogo nacional de especies amenazadas) y a nivel autonómico (Ley 8/2003 de flora y fauna silvestres) se encuentra catalogada como “de especial interés”, teniendo en cuenta su particular valor científico, ecológico, cultural o su

singularidad. Para el caso de la cigüeñuela, el chorlitojo chico y la golondrina dáurica, el RD 439/1990 las cataloga también como de interés especial.

La presencia significativa de estas especies deriva de que la Planta se encuentra construida sobre terrenos que tradicionalmente constituyeron un área de cría de estas aves, asociada a las márgenes del encauzamiento del río Guadaíra que bordea la planta, aparte de proporcionar un enclave rico en alimento y donde pueden residir sin alteraciones importantes de origen humano o de predadores. Además de lo anterior, la Planta de Compostaje se asemeja bastante al hábitat típico de reproducción de la canastera, que comparte con la mayoría de aves esteparias su condición de nidificante en el suelo, con zonas húmedas en el entorno, presencia de suelos abiertos y dotados de escasa cobertura vegetal.

Como se ha mencionado anteriormente, otra especie frecuente en la instalación son las cigüeñuelas (Foto 14) que resulta una especie de gran interés por ser, junto con la avoceta, el único recurviróstrido presente en la península.



Foto 14. Cigüeñuela en la Planta de Compostaje

Dada la singularidad de las especies tratadas, EMASESA ha mantenido una constante comunicación con los responsables de conservación de la fauna de la Consejería de Medio Ambiente y ha patrocinado la elaboración de un estudio, con la colaboración de la Universidad de Sevilla (López Sánchez, J.L., 2008), para conocer la distribución y abundancia de la avifauna, en especial de especies limícolas y passeriformes, presentes en la Planta de Compostaje.

En dicho estudio se han considerado de manera diferenciada dos entornos específicos: las eras de zahorra y la pantalla vegetal circundante. En las eras de compostaje, se aprecian a su vez ecosistemas de carácter temporal: charcas causadas por las lluvias y vegetación de bordes que sólo está presente en otoño-primavera, que contribuyen a

mantener una mayor biodiversidad como lugares de asentamiento temporal de algunas especies (correlimos) y de carácter permanente, constituidos por el propio lodo en proceso. En éstos es donde se realizan las actividades tróficas y reproductivas de las limícolas: cigüeñuelas y canasteras, con un uso prácticamente continuado durante la época de cría (Abril- Julio), acompañadas por otras especies que, en paso migratorio, las usan de forma casual, o aquellas que se alimentan sólo haciendo uso de este terreno en ciertas horas del día. Es el caso del estornino negro (*Sturnus unicolor*), cogujadas (*Galerida cristata*) y lavanderas (*Motacilla alba*, *M. flava*).

En la Tabla 3 se incluye una relación de las especies censadas en la pantalla vegetal la cual, debido a la complejidad estructural y al volumen de vegetación, tiene un claro efecto sobre la diversidad y densidad de aves al ofrecer lugares de descanso, refugio, cría y diversificar las fuentes de alimento, tanto por variedad de insectos y otros invertebrados como por la producción de frutos y semillas.

| Tabla 3. Especies censadas en la pantalla vegetal | |
|--|-------------------------------|
| Denominación común | Nombre científico |
| Verdecillo | <i>Serinus serinus</i> |
| Mirlo común | <i>Turdus merula</i> |
| Gorrión común | <i>Passer domesticus</i> |
| Golondrina común | <i>Hirundo rustica</i> |
| Tórtola turca | <i>Streptopelia decaocto</i> |
| Verderón común | <i>Carduelis chloris</i> |
| Cogujada común | <i>Galerida cristata</i> |
| Carbonero común | <i>Parus major</i> |
| Lavandera boyera | <i>Motacilla flava</i> |
| Jilguero | <i>Carduelis carduelis</i> |
| Ruiseñor bastardo | <i>Cettia cett)</i> |
| Mosquitero común | <i>Phylloscopus collybita</i> |
| Chorlitejo chico | <i>Charadrius dubius</i> |
| Avión común | <i>Delichon urbica</i> |
| Buitrón | <i>Cisticola juncidis</i> |
| Ruiseñor común | <i>Luscinia megarhynchos</i> |
| Zarcero común | <i>Hippolais polyglotta</i> |
| Pardillo común | <i>Acanthis cannabina</i> |

En el estudio se ha prestado un interés preferente al caso de las canasteras, especie típicamente circunmediterránea, para la que se han hecho observaciones etológicas para estudiar pautas de comportamiento, a fin de interpretar su uso de las eras como recurso alimenticio, de cría y de cortejo. A continuación se resumen las pautas registradas:



Los individuos se alimentan en las horas más frescas de la mañana aprovechando la salida de los invertebrados procedentes del lodo almacenado en las eras. Es normal observar a las canasteras agachar su cuerpo sobre el suelo en una falsa actitud de pose, para otear la superficie en busca de dípteros y coleópteros que salgan en ese momento, precipitándose rápidamente sobre su presa, bien a la carrera o en vuelo. En este sentido hay que destacar la presencia de diversos invertebrados en el lodo que se valoriza en la instalación, especialmente Insectos y Anélidos. La determinación taxonómica básica de los Insectos que constituyen el grueso de su alimentación, la integran Dípteros y Coleópteros, predominando los Dípteros del suborden Brachycera (*Musca sp.*, *Calliphora vomitoria* y *Chrysotus sp.*). Ambos grupos de insectos constituyen también presas habituales para otras aves insectívoras que se alimentan y nidifican en la instalación.

Además, se han localizado diversos depredadores, identificados fundamentalmente por observación directa o por rastros y huellas, entre los que podemos señalar el zorro (*Vulpes vulpes*), ofidios como la culebra de herradura (*Hemorrhois hippocrepis*), ratas (*Rattus rattus*) y, entre las aves, el milano negro (*Milvus migrans*) y el águila calzada (*Hieraetus pennatus*), de presencia constante en las horas más frescas de la mañana y al crepúsculo, protagonizando diversos ataques a los pollos. Frente a milanos negros y águilas calzadas, las canasteras muestran una actitud agonística cuando este tipo de depredadores se encuentra presentes en la zona. Las aves depredadoras rápidamente son atacadas por las canasteras en bandos. Frente a depredadores terrestres, los adultos tratan de llamar la atención del depredador para evitar que éste pueda de alguna forma localizar los nidos y pollos presentes. Exhiben una actitud de daño físico con aleteos irregulares y falsa actitud de pose, una pauta de comportamiento muy parecida a la que exhiben las cigüeñuelas.

En lo que se refiere a distribución y abundancia de los nidos de canastera y cigüeñuela fueron localizados un total de 42 nidos, repartidos en 24 nidos de cigüeñuela y 18 de canastera. Las parejas nidificantes establecen los nidos directamente sobre el lodo, con puestas de 1 a 4 huevos que son abandonados durante la alimentación de las hembras y siendo el éxito reproductivo de las canasteras muy elevado.



Foto 15. Huevos de canastera sobre el lodo

Hay que destacar en este punto que EMASESA, por recomendación de los técnicos de la Delegación Provincial de Medio Ambiente, procede a instalar mallas de protección (Foto 16) en el perímetro de cada una de las eras durante el periodo de cría, con objeto de evitar la caída de los pollos de cigüeñuelas y canasteras en las canaletas que bordean de dichas eras, lo que es muestra de una actitud proactiva hacia la conservación de la avifauna nidificante.



Foto 16. Mallas de protección para los juveniles de limícolas en el perímetro de las eras



Además se han adoptado otras pautas de protección consistentes fundamentalmente en la regulación del tránsito de vehículos en la época de cría, cumpliendo las limitaciones de velocidad establecidas dentro del recinto (30 km/h) e insistiendo a los conductores para que extremen las precauciones. También se procede a la concienciación del personal de la instalación para que estén atentos ante la posible presencia de pollos o adultos en el viario o en las canaletas y los devuelvan a las zonas de nidificación. Igualmente se mantienen pautas de explotación durante la época de cría de la avifauna, ralentizando el uso de las eras con nidos y limitando el acceso de vehículos a estas zonas en tanto se explotan las eras mas alejadas de la zona de cría.

Todo este conjunto de actuaciones es una muestra de la actitud de colaboración de EMASESA encaminada a la conservación de estas especies y dota de carácter positivo y significativo al aspecto ambiental denominado Protección de la Avifauna.

Por lo que se refiere a la significación ambiental del propio proceso de valorización mediante compostaje de los lodos de depuración, cabe destacar que supone la puesta a disposición de los ciclos naturales de los elementos de una gran cantidad de materia orgánica y nutrientes cuyos beneficios sobre el sistema edáfico son bien conocidos y especialmente valorados por los agricultores usuarios del lodo compostado.

Hay que resaltar además que esta valorización se consigue utilizando tecnologías de bajo coste, con aporte energético parcial de energía solar, lo que hace esta actividad sostenible (EMASESA, 2006) ya que proporciona mejoras ambientales, resulta económicamente conveniente para la empresa, socialmente es aceptable por los vecinos del entorno y satisfactoria para los usuarios del producto final.

Es evidente que no existe un modelo único que permita la correcta gestión de los lodos originados en la fase final del ciclo urbano del agua. Cada caso o situación debe de resolverse de forma personalizada, considerando todos los aspectos ambientales, las posibilidades de aprovechamiento según los procedimientos de disposición admitidos, los aspectos económicos, sociales y jurídicos y las tecnologías más adecuadas.

El modelo aplicado por EMASESA es consecuencia de un esfuerzo sostenido y de una labor desarrollada durante muchos años, siempre orientado a las posibilidades de reciclaje en usos agrícolas en la zona de influencia de Sevilla, apostando por la obtención de productos de elevada calidad capaces de satisfacer las necesidades del mercado potencial e incorporando las mejores técnicas disponibles en cada momento en la línea de mejora continua de la calidad del producto y de los aspectos ambientales generados por la actividad.

Este modelo de gestión supone una contribución ambientalmente destacable dentro del conjunto de actuaciones requeridas para la correcta gestión del Ciclo Urbano del Agua pues permite el reciclaje de casi 80.000 t/año de residuos asimilables a urbanos, aplicando procedimientos sostenibles para la gestión de residuos y subproductos valorizables, en sintonía con las tendencias jurídicas planteadas en el marco de la Unión Europea, a la vez que muestra las ventajas de empleo de los productos finales en un entorno de aplicación amplio pero cercano y permite realizar una actividad de reciclaje con el consenso de todas las partes interesadas.



REFERENCIAS

- **EMASESA** (2006). Responsabilidad Social Corporativa y Gestión. Informe anual. 156 pp
- **González Carballo, J.A.; Ortiz Vargas, A.; Terán, C.** (2004). EMASESA; 20 de experiencia en el Control de Vertidos Industriales a las Instalaciones Públicas de Saneamiento, cumplimentando la legislación, mejorando los rendimientos de las EDARs o minimizando el impacto medioambiental de sus efluentes a cauce público. Comunicación técnica CONAMA VII. 9 pp.
- **López Sánchez, J.L.** (2008). Distribución y abundancia relativa de los nidos y huevos de cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*) y canasteras (*Glareola pratincola*), y censado de adultos de limícolas paseriformes presentes en la Planta de Compostaje de Biosólidos de la Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla. Informe interno. 80 pp
- **López Villa, B.; Basanta Alves, A.; Martín Montaña, A.** (2006). Gestión Ambiental y Energética de la Planta de Compostaje de biosólidos de EMASESA. Comunicación técnica CONAMA VII. 12 pp.
- **Martín Montaña, A.** (2002). Estudio de un caso: la planta de gestión de biosólidos de EMASESA. Actas de la Jornada sobre gestión de lodos de depuradora. Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos. 6 pp.
- **Martín Montaña, A.; Basanta Alves, A.** (2002). Posibilidades de empleo del compost procedente de biosólidos de depuración en el sector de producción de planta ornamental. Actas de las I Jornadas Ibéricas de Plantas Ornamentales. 297-304
- **Martín Montaña, A.; Basanta Alves, A.; López Villa, B.** (2005). Mejoras ambientales en Instalaciones de Tratamiento de biosólidos y posibilidades de aprovechamiento energía solar en espacios confinados. Actas de las XXV Jornadas Técnicas de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento. 8 pp.