



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Medidas de sostenibilidad y restauración ambiental adoptadas en las obras de actuaciones de mejora en accesos marítimos al puerto de Sevilla, fase I: Esclusa.

Autor: Antonio Bejarano Moreno

Institución: UTE Vigilancia Ambiental Portuaria de Sevilla
E-mail: antonio.bejarano@tecnoambiente.com

Otros autores: JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ MARTÍN (Autoridad Portuaria de Sevilla)



RESUMEN:

La Autoridad Portuaria de Sevilla afronta desde el pasado mes de junio de 2005 la construcción de su nueva esclusa, obra singular y sin precedentes en nuestro país, que dotará al puerto de un mejor acceso marítimo, limitado hoy día por el calado de la ría y por la manga útil de la actual esclusa. Esta nueva infraestructura repercutirá indiscutiblemente sobre las oportunidades de desarrollo y expansión del mismo, el cual presenta una importancia estratégica significativa dentro de la propia ciudad de Sevilla y de la comunidad autónoma andaluza, ya que al impacto social y económico implícito que supone la propia actividad portuaria, deben unírseles los beneficios medioambientales que supone el tráfico marítimo de interior. Tal y como recogía la comunicación que fue presentada en el CONAMA8, la singularidad de este proyecto ha obligado a plantear una vigilancia ambiental muy particular en el control y monitoreo de los parámetros medioambientales implicados, a lo que debe sumársele el hecho de desarrollarse en un entorno de elevada sensibilidad como es la ría del Guadalquivir. Cabe mencionarse a este respecto, los últimos episodios de alteración de la calidad hidrológica (aumento de la turbidez) de sus aguas acaecidos entre finales de 2007 y principios de 2008, de los que al día de hoy se desconoce su origen y en los que ha quedado descartada, por los resultados obtenidos, la relación con las obras de construcción de la nueva esclusa. Este tipo de situaciones no hace más que refrendar lo expuesto en la comunicación presentada en la pasada edición, donde se establecían una serie de medidas y controles medioambientales que iban más allá de la vigilancia y monitorización que habitualmente se desarrolla en obras de la envergadura como la que nos ocupa. No obstante, para la presente edición se plantea avanzar en el concepto de sostenibilidad presentando, al margen de los avances en los resultados e hitos alcanzados en la citada vigilancia, una serie de actuaciones dirigidas a mejorar el escenario natural durante las obras de construcción así como una vez finalizadas las mismas. Es digno de mención el hecho de comenzar con las acciones de restauración antes de finalizar las obras de construcción, más si cabe si se tiene en cuenta el largo periodo de obra, cuatro años, lográndose que el entorno natural no sufra una pérdida mantenida de su calidad ambiental. Si a ello se le unen una serie de acciones dirigidas a restablecer y mejorar los valores naturales que presentaba el ámbito de actuación, se puede conseguir, y así se está demostrando, que los agentes potencialmente afectados por las labores de construcción de esta infraestructura, sobre todo la fauna, la flora y la calidad de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de la ría, no sólo no se vean alterados sino que se consiga una mejora sustancial de éstos. En definitiva, con todo esto se están logrando alcanzar los objetivos últimos para los que, en teoría, se plantean las medidas de vigilancia y restauración, demostrándose que la ejecución de una actuación, independientemente de la envergadura de la misma, puede desarrollarse incorporando y cumpliendo con los criterios más exigentes de sostenibilidad ambiental. Esto nos permitirá, una vez finalizado el proceso constructivo, echar la vista atrás y contemplar que a nuestro paso la huella dejada no ha marcado irreversiblemente el futuro y potencial natural de la comarca donde hemos actuado.

ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

La construcción de la nueva esclusa comenzó en junio de 2005, ubicándose en la margen derecha de la ría, aguas abajo de la actual, en el tramo conocido como ante-esclusa.



Figura 1. Localización de la actual esclusa y del nuevo emplazamiento

En la actualidad, se está acometiendo la obra civil de la esclusa y los puentes que conectarán ambos flancos de ésta, encontrándose en un estado bastante avanzado. Previamente tuvo que construirse el recinto que alberga estas infraestructuras en el que se llevó a cabo un importante movimiento de tierras, unos 900.000 m³, de los cuales una parte se ha usado para el relleno de zonas deprimidas y otra parte para el recrecimiento de las motas de cierre de los vaciaderos que serán utilizados en etapas posteriores. La navegación continúa realizándose por el canal y esclusa que han ofrecido servicio al Puerto de Sevilla hasta el día de hoy.



Figura 2. Estado actual de las obras de construcción de la nueva esclusa



Próximamente, se tiene previsto la habilitación del antepuerto exterior aguas abajo de la nueva esclusa. Ello supondrá la excavación y el dragado de unos 300.000 m³ siendo depositados, parte de estos materiales, en los vaciaderos previstos en el Proyecto. El resto del material será utilizado en la traza que ofrecerá el futuro acceso a Punta del Verde, área localizada en la margen derecha de la ría, justamente en el canal que ofrecerá acceso a la futura esclusa.

En una fase posterior se llevarán a cabo los trabajos aguas arriba de la nueva esclusa, acometiéndose la excavación y dragado necesarios para acondicionar la futura ampliación de la dársena portuaria. El material que se espera obtener derivado de esta actuación será significativo, ascendiendo a 800.000 m³ procedentes del Canal Alfonso XIII y 850.000 m³ de la Dársena del Cuarto. No obstante, el balance de tierra queda ajustado al destinar estos materiales al trasdosado final del recinto de construcción que alberga la nueva esclusa y al relleno del antiguo canal que queda en desuso tras derivar el tráfico marítimo por el nuevo acceso al Puerto de Sevilla.

Por último, se acometerá el enlace del nuevo canal construido con la dársena actual, habilitándose la superficie necesaria para la óptima navegación de los buques una vez superada la esclusa que ofrecerá acceso a la dársena portuaria (área de reviro). Ello supondrá la obtención, a partir de la excavación y el dragado, de unos 800.000 m³ de material, que será destinado al relleno de los terrenos que acogen a la actual esclusa y los vaciaderos utilizados en etapas anteriores. Con ello se logra un ajustado balance de tierras, evitando trasladar enormes cantidades de materiales a vertederos, minimizándose la probabilidad de generar efectos indirectos de difícil identificación y/o cuantificación.

Una vez determinado el estado actual de las obras de construcción, se está en disposición de presentar en los dos bloques en los que se ha estructurado la presente comunicación. Por un lado, se presentarán los avances logrados en las labores de vigilancia y monitorización del medio receptor, para lo que se ha llevado a cabo un recorrido por cada una de las variables ambientales objeto de estudio, determinándose su grado de afección, conservación y capacidad de recuperabilidad. El segundo de estos bloques trata de dar a conocer aquellas actuaciones que, estando fuera de lo que habitualmente establece una vigilancia ambiental en obra, ofrecen una garantía adicional de sostenibilidad ambiental. Estas actuaciones, lejos de controlar y minimizar las incidencias de las obras sobre el Medio Ambiente, están dirigidas a su mejora sustancial, desestimando la filosofía conformista y costumbrista de mantener los impactos ocasionados sobre la naturaleza dentro de unas fronteras definidas como asumibles. En definitiva, con estas acciones se pretende que, una vez finalizadas las obras constructivas, la calidad ambiental del entorno presente una mejora significativa respecto a su estado preoperacional, dotando a la zona de nuevos valores naturales que entren en sintonía con el elemento antrópico incorporado.

AVANCES RELATIVOS A LAS LABORES DE VIGILANCIA Y MONITORIZACIÓN

Biblioteca Ambiental de Obra

Con el único objetivo de vigilar y controlar que las actuaciones de la obra de construcción de la nueva esclusa se enmarcasen dentro de un rango de tolerancia y sostenibilidad ambiental óptimo, se consideró imprescindible establecer un procedimiento de archivo



que recogiera explícita y ordenadamente la documentación generada durante el proceso de vigilancia. Esto ha dado lugar a una extensa **Biblioteca Ambiental de Obra**, en la que la información ha sido estructurada de forma eficaz, primando, entre otros aspectos, el fácil manejo de la misma.

La Biblioteca Ambiental de Obra consta, por un lado, del denominado Libro de Seguimiento Ambiental (LSA), encargado de recopilar los resultados generados a partir de los controles rutinarios, específicos y especiales, contando con más de **800 fichas de monitorización** realizadas a pie de campo durante los algo más de tres años que se llevan de actuación.

Por otro lado, se cuenta con los Informes de Presentación de Resultados (IPR), establecidos en tres categorías, dependiendo del objeto final de los mismos:

- IPR Generales. Incorporan los resultados obtenidos de la monitorización rutinaria de las actuaciones. Además recogen, si procede, las principales conclusiones obtenidas de los IPR Específicos y Especiales que se describen a continuación. Al día de hoy se cuenta con **40 informes** distribuidos entre las fases preoperacional y operacional de la obra.
- IPR Específicos. Quedan encuadrados en ellos informes como los de caracterización preoperacional de materiales de dragados, de vigilancia de la calidad hidrológica de los vaciaderos, de control atmosférico, de patrimonio histórico, etc., y todos aquellos que presenten una independencia propia y/o aporten información precisa y concreta sobre algunos de los aspectos relevantes de la monitorización y vigilancia ambiental. En la actualidad se han llevado a cabo **más de 90 informes**, quedando reflejados en ellos detalles de algunas variables ambientales y/o actuaciones específicas que han sido desarrolladas dentro del marco global de la actuación, tanto en su fase preoperacional como operacional.
- IPR Especiales. Se elaboran en el momento en que se detecte alguna anomalía de entidad que suponga una variación en la monitorización y seguimiento establecido y genere la puesta en marcha de medidas adicionales de vigilancia. Son **5 informes** los que han sido elaborados al día de hoy, recogiendo y solventando algunas incidencias detectadas sobre la ictiofauna, el patrimonio cultural y aspectos relativos a la restauración ambiental de áreas no consideradas en el proyecto inicial.

Controles rutinarios

El éxito en este tipo de controles se basa en la correcta elección *a priori* de las acciones a controlar, así como en una adecuada determinación de los periodos de vigilancia de éstas. Ello ha permitido articular un seguimiento coherente y riguroso, en el que se dispusieron una serie de mecanismos de control-alerta-emergencia que garantizaron, en todo momento, la adecuación ambiental de la actuación proyectada. Esto, unido a una estrecha colaboración con los responsables de las obras han permitido corregir, en los casos en los que fue necesario, los efectos negativos sobre el Medio Ambiente, siempre en un margen estrecho de tiempo, hecho este último de vital importancia en vigilancias de esta naturaleza. Así, la totalidad de los controles rutinarios obtuvieron la categoría de ADECUADOS, siendo necesario actuar sólo en casos muy concretos.

Claro ejemplo de ello, ha sido la exhaustiva vigilancia realizada sobre las labores de repostaje y mantenimiento de la maquinaria, en la que se ha instado a los responsables de las mismas a realizar dichas labores en áreas controladas y mediante técnicas seguras a fin de evitar incidencias potenciales sobre el suelo y los recursos hídricos subterráneos del lugar. Igualmente se ha actuado sobre los nidos de rapaces presentes en la zona de obra y que no fueron catalogados en primera instancia, balizándose el área y permitiéndose que los adultos alimentaran con normalidad a las crías a fin de garantizar la viabilidad de la nidada. Por otro lado, se ha estado muy atento a la evolución de la calidad hidrológica de la ría, sobre todo en lo que a la turbidez se refiere. Debido a causas aún no aclaradas por las administraciones competentes, en la ría se detectaron episodios en los que aumentó considerablemente la cantidad de sólidos en suspensión en determinados tramos de la misma, lo que obligó a establecer estrictos controles de monitorización y vigilancia a fin de descartar cualquier relación con las obras de construcción de la nueva esclusa. De igual manera se analizaron fisicoquímicamente los sólidos puestos en suspensión a fin de conocer potenciales incidencias sobre la fauna asociada a la ría y garantizar la viabilidad de posteriores dragados que deben ser realizados en sucesivas etapas ligadas a la construcción de la nueva esclusa (ver detalles en el epígrafe de Mayor Control sobre la Turbidez de la ría del Guadalquivir dentro de las Medidas Adicionales de Sostenibilidad Ambiental). Al margen del lógico efecto mecánico ocasionado por la presencia de estos sólidos en suspensión, en ningún caso se obtuvieron evidencias de contaminación química y/o microbiológica asociada a estos sedimentos resuspendidos.



Figura 3. Labores de mantenimiento de la maquinaria



Figura 4. Nidificación en torre grúa

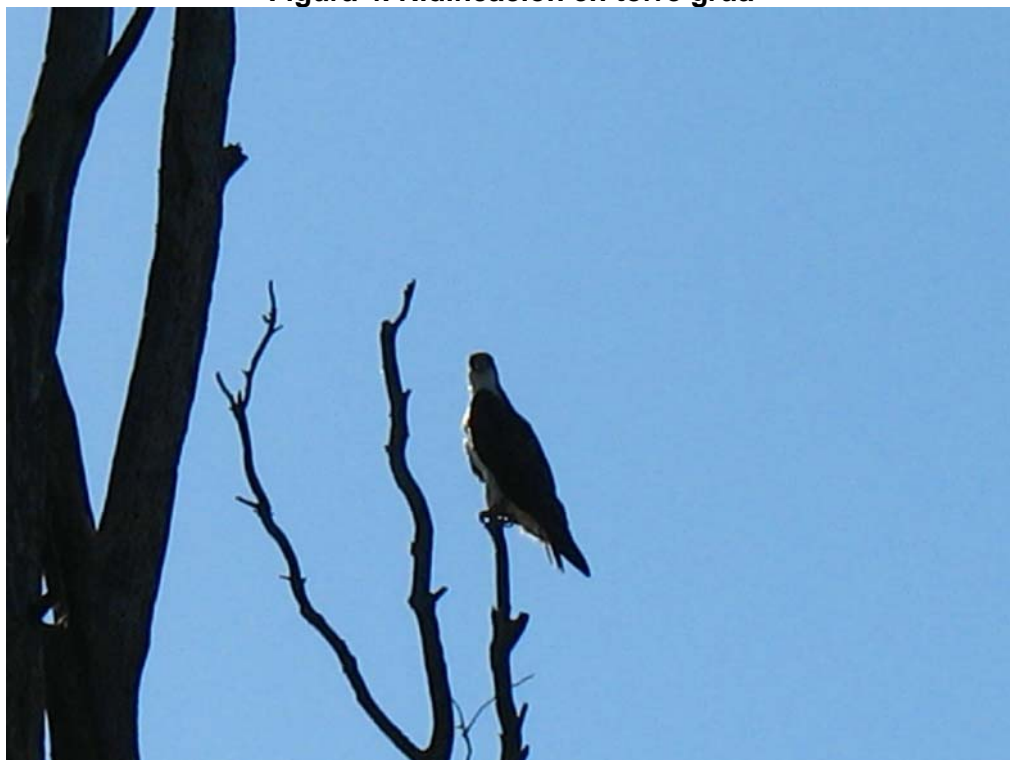


Figura 5. Aguila pescadora



Caracterización sedimentaria

La totalidad de las acciones encaminadas a obtener la caracterización sedimentaria que se han llevado a cabo y que se realizarán durante las obras de la nueva esclusa se ajustan a lo dispuesto en las Recomendaciones de Gestión para los Materiales de Dragado en Puertos Españoles (RGMD) descritas por el CEDEX en 1994. Así, en base a ellas se ha determinado el número de muestras representativas que caracterizaban la zona afectada por los dragados, se han aplicado los procedimientos de normalización de concentraciones de contaminantes y se ha obtenido la categorización final de los mismos a partir de la cual se decidió la debida gestión de los materiales. Los parámetros seleccionados también han estado acorde con dichas Recomendaciones (granulometría, M.O., metales y Σ 7PCB's), aunque debido al análisis de los registros históricos derivados de otros dragados de mantenimiento que periódicamente realiza la Autoridad Portuaria de Sevilla, se ha considerado oportuno incluir algunos adicionales como coliformes totales y coliformes y streptococos fecales, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) y pesticida organoclorados (POC's).

Bajo estas premisas se ha acometido la caracterización de los sedimentos objeto de los dragados establecidos, tanto los proyectados como los que han ido surgiendo por diversas necesidades constructivas, así como analíticas de comprobación una vez que éstos fueron depositados en los recintos correspondientes. De todo ello se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los sedimentos analizados se componen mayoritariamente de Arenas Finas y Finos.
- Los Metales, PCB's y materia orgánica analizados no han superado los *niveles de acción 1* de las RGMD. Por otro lado, no fue necesario analizar los parámetros incluidos en el Subgrupo B1 de la RGMD (As, POC's y HAP's) aunque, debido a los principios cautelares expuestos anteriormente, fueron analizados no siendo detectados.
- Resultado del proceso normalización se obtuvo que la totalidad de los sedimentos analizados fueron clasificados como CATEGORÍA I, por lo que en lo que respecta a:
 - La Gestión: El art. 2.2 de las RGMD, establece la siguiente gestión para los sedimentos de CATEGORÍA I: *“Los efectos químicos y/o bioquímicos sobre la flora y la fauna marinas son nulos. Los materiales podrán ser gestionados vertiéndose libremente en cualquier otro lugar, con la sola consideración de los efectos de naturaleza mecánica”*.
 - Usos Productivos: El art. 15 de las RGMD establece que pueden ser utilizados para: *“(...) nivelación por relleno, mejora de sustrato para el desarrollo vegetal, provisión de áridos para la construcción, relleno de trasdós en construcciones portuarias”*, usos para los que han sido y están siendo utilizados.

Como puede comprobarse, con las acciones de monitorización desarrolladas, no sólo se ha pretendido cumplir con las disposiciones normativas al respecto sino que se ha dado

un paso más, incorporando analíticas no estipuladas en el proceso de caracterización a fin de garantizar la sostenibilidad ambiental de todas y cada una de las labores que incluyan el manejo de los sedimentos extraídos de la ría.



Figura 6. Sedimentos tomados con draga van Veen

Caracterización hidrológica

Las acciones encaminadas a determinar la caracterización hidrológica han sido dirigidas sobre tres aspectos de diferente naturaleza como son el estudio preoperacional del entorno, la vigilancia de la calidad hidrológica del vertido de los vaciaderos y la caracterización hidrológica del medio receptor de los mismos. Los parámetros analizados coincidieron para todos ellos, siendo los que a continuación se enumeran:

- Sólidos en suspensión: Materia en suspensión (MES)
- Pesticidas Organoclorados (POC's)
- Policlorobifenilos (PCB's)
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)
- Metales Pesados: Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, As, Ni, Cr.
- Parámetros Microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes fecales y Streptococos fecales.

Asimismo, para cada estación de muestreo, se realizaron perfiles en modo continuo de profundidad con sonda multiparámetro, obteniéndose datos *in situ* de Temperatura, pH, Turbidez, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Salinidad y Potencial Redox.

Con objeto de seleccionar los umbrales y valores imperativos de cada uno de los parámetros monitorizados se tomaron como referencia los valores recogidos en las siguientes normativas que son de aplicación en la Comunidad Autónoma de Andalucía:

- Para caracterizar el medio receptor afectado por los vertidos procedentes de los vaciaderos: Anexo II de la *Orden de la Consejería de Medio Ambiente de 14 de febrero de 1997, por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los*

vertidos, en desarrollo del Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de Aguas Litorales.

- Para caracterizar el vertido procedente de los vaciaderos: *Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de Aguas Litorales*

Así, en primer lugar, se determinó la calidad hidrológica del tramo de la ría (anteesclusa) que se vería afectado por los vertidos de los vaciaderos terrestres. Con ello se ha pretendido sentar las bases de la monitorización y vigilancia ambiental a fin de determinar fielmente el grado de incidencia ambiental de los vertidos procedentes de los vaciaderos. Como resultado se obtuvo que la calidad hidrológica del tramo monitorizado fue aceptable, detectándose algunas anomalías puntuales sobre el OD % sat, algo lógico debido a la escasa renovación que presenta la zona, y la presencia de indicadores de contaminación fecal, lo que indica la presencia de vertidos incontrolados de aguas fecales sin depurar. Estos mismos controles fueron realizados en diversas campañas con los vaciaderos operativos, resultando que la afección de los vertidos procedentes de los mismos sobre el medio receptor fue nula o poco significativa.

Por otro lado, respecto a la caracterización del vertido procedente de los vaciaderos utilizados durante la primera campaña de dragados, indicar que la mayor parte de los parámetros que fueron analizados se encuentran por debajo de los valores puntuales establecidos en el *Decreto 14/1996, de 16 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad de Aguas Litorales*. Tan sólo se detectaron anomalías puntuales en el parámetro turbidez que rebasó en varias ocasiones el valor imperativo establecido en la norma de aplicación. Esta situación activó el Plan de Emergencia de Vaciaderos de forma inmediata, el cual funcionó correctamente en todos los casos, limitándose sensiblemente los potenciales efectos que podrían haberse manifestado sobre el medio receptor. Como ejemplo de las medidas incluidas en el citado Plan se incluyen el aumento del tiempo de residencia del agua a verter a fin de facilitar la decantación de los sólidos o la disminución de la tasa de rendimiento del dragado e incluso la paralización completa de la draga.



Figura 7. Vertido procedente de los vaciaderos



Figura 8. Detalles de los cajones de control del vertido. La disposición de las tablas, disminuye el caudal de salida aumentado su tiempo de residencia, facilitándose la decantación de los sólidos en suspensión

Calidad Atmosférica

Los controles que establece la vigilancia de esta variable ambiental se dirigen sobre tres parámetros diferentes: las partículas en suspensión (PM10 y PM2,5), las partículas sedimentables y la calidad sonora. La normativa de aplicación que está siendo utilizada y en base a la cual se está valorando la adecuación o no de los valores obtenidos es la siguiente:

- Partículas en suspensión: *R.D. 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono.*
- Partículas sedimentables: *Decreto 833/75, de 6 de febrero, que desarrolla la Ley 38/1972 de protección del ambiente atmosférico (derogada R.D. 1073/2002 aunque para este parámetro aún sigue siendo de referencia en la Comunidad Autónoma de Andalucía)*
- Calidad sonora: *Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía*

De los resultados obtenidos en las sucesivas campañas de medición realizadas hasta la fecha se desprende que, tan solo algunas de las estaciones que controlan el parámetro partículas sedimentables, han superado, de forma puntual, el valor imperativo que recoge la normativa de aplicación (ver Figura 8), no ofreciendo valores anómalos ni en el

seguimiento de las partículas en suspensión ni los desarrollados para determinar la calidad sonora. La aparición de estas incidencias ha coincidido con los movimientos de tierra de mayor relevancia (mayo-junio de 2.007), algo lógico si se tiene presente la envergadura de las obras que se están desarrollando. Estas situaciones implicaron la potenciación y puesta en marcha de determinadas medidas correctoras que se están aplicando respecto a esta variable, como los riegos de caminos, el control de velocidad de la maquinaria, etc.

No obstante, no todos los registros que superaron el valor imperativo tuvieron su origen en las obras de construcción de la nueva esclusa. Así, algunos de éstos, tienen su origen en causas naturales como el llamado “efecto de lavado atmosférico”, hecho que suele estar ligado a episodios de avenidas relativamente importantes (octubre de 2.006 y febrero 2.007), o como las denominadas “tormentas saharianas”, importantes nubes de polvo procedentes del norte de África y que vienen cargadas de partículas en suspensión (junio de 2.008).

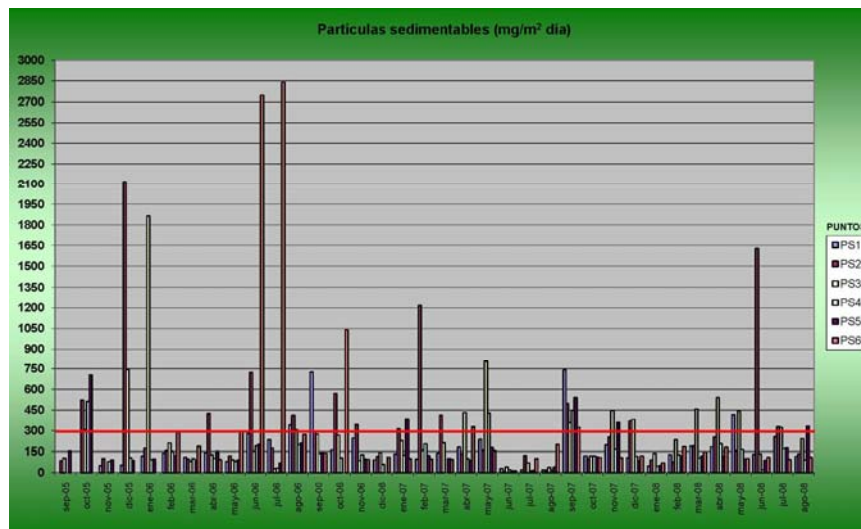


Figura 9. Registro de valores de partículas sedimentables

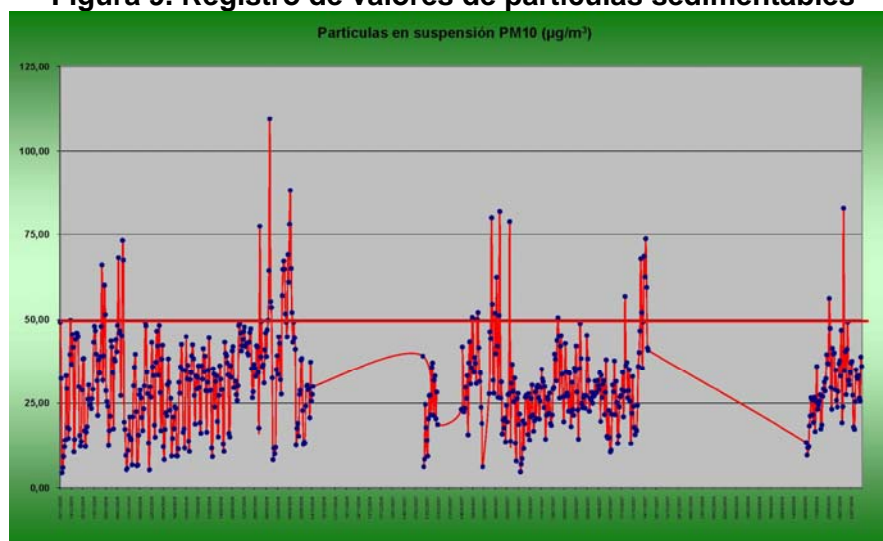
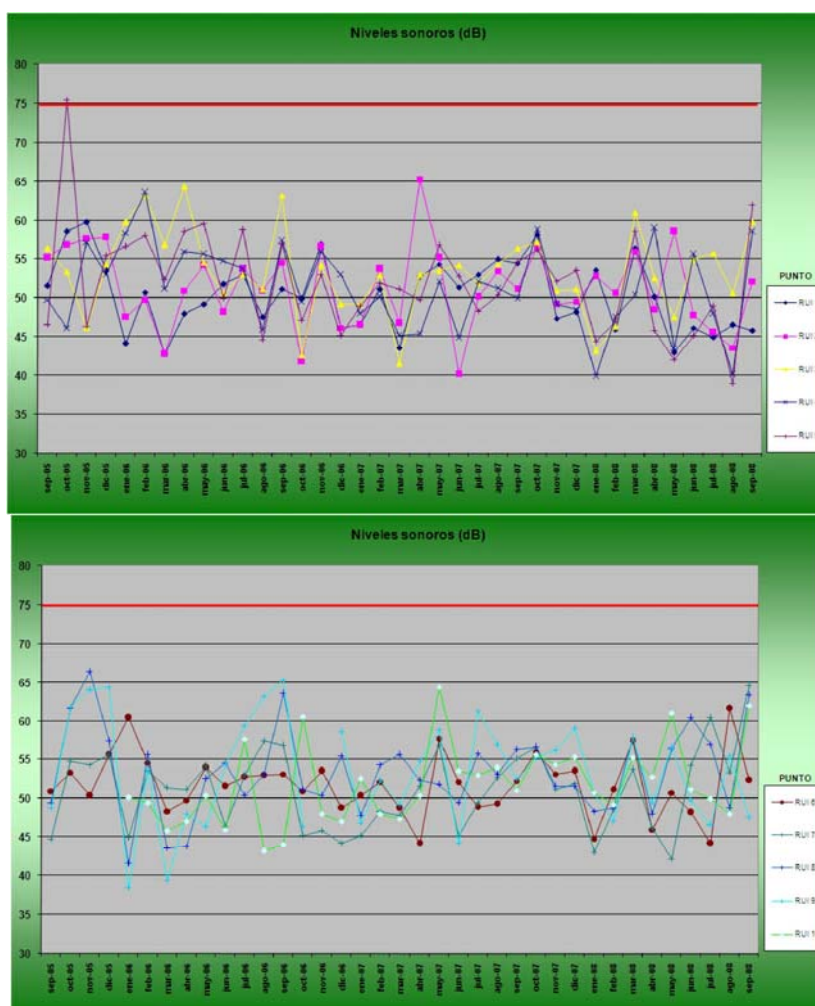


Figura 10. Registro de valores de partículas en suspensión



Figuras 11.1 y 11.2. Registro de valores de calidad sonora

Seguimiento de las afecciones sobre la biota

El seguimiento de la biota ha sido realizado sobre dos vectores principales, las comunidades vegetales presentes en el interior y alrededores del recinto de obra y las especies animales del entorno, incidiendo en este caso, en las variaciones etológicas que pudieran detectarse.

Respecto a las comunidades vegetales, en primer lugar se cartografiaron, inventariaron y valoraron aquellas especies que potencialmente podrían verse afectadas de forma indirecta por las obras de actuación, detectándose tres unidades ambientales dignas de ser protegidas: eucaliptal, tarajal y vegetación de ribera. Las áreas que incluían estas comunidades y que no solapaban con elementos constructivos del proyecto, fueron consideradas como Zonas Sensibles, siendo jalonadas y protegidas desde el comienzo de las obras. A estas Zonas Sensibles se incorporaron algunas áreas adicionales que debido a su composición específica (aunque no se han detectado comunidades objeto de protección), grado de naturalidad o importancia para el ecosistema fueron consideradas significativas para la sostenibilidad ambiental del entorno. Ejemplo de ello fue la vegetación de ribera de la zona próxima a la esclusa actual, importante no sólo por las

especies vegetales presentes en el tramo en cuestión sino por albergar la mayor parte de los nidos de rapaces que se reprodujeron en el lugar, concretamente uno de busardo ratonero (*Buteo buteo*) y dos de milanos negros (*Milvus migrans*). Otro ejemplo digno de ser comentado es la conservación de la zona de tarajes localizada en la zona central del recinto de obra. Al igual que en el caso anterior, el proyecto original contemplaba su desbroce ya que se tenía proyectada como vaciadero. Sin embargo, gracias a la colaboración de todos los entes que participan en el proyecto, constructora, asistencia técnica y ambiental y la misma Autoridad Portuaria de Sevilla, se han podido conservar aproximadamente unos 150.000 pies, haciendo compatible su uso como vaciadero con la conservación de este bosque monoespecífico.



Figura 12. Tarajal conservado dentro de la zona de obras

Por otro lado, la vegetación que debía ser objeto de desbroce para albergar los elementos estructurales y/o auxiliares propios de la actuación, está siendo eliminada a medida que resulta necesario. Ello ha permitido mantener durante varios años algunas masas arbóreas que, de no haber sido así, hubieran sido taladas al comienzo de las obras, con los consiguientes efectos de desestructuración derivados de la exposición directa del suelo a los agentes atmosféricos (soleamiento, escorrentías, etc.), además de no contribuir a la reproducción y cría de determinadas especies de rapaces como las nombradas anteriormente.

Respecto al seguimiento de la etología de las especies animales presentes en el entorno de la obra decir que no se han detectado comportamientos anómalos en ninguna de ellas, es más algunas de ellas han aprovechado las sinergias en lo que respecta al hábitat, viéndose potenciada la reproducción y cría de determinadas especies. Así, como se ha hecho referencia anteriormente, en la zona de vegetación de ribera que, según proyecto, debía ser desbrozada y que fue jalonada *a posteriori* como resultado del estudio de replanteo realizado, anidaron una pareja de busardo ratonero (*Buteo buteo*) y dos de milanos negros (*Milvus migrans*). En concreto, los milanos han anidado en los mismos lugares desde 2.005 hasta este mismo año (2.008), restaurando los nidos que existían antes del periodo prenupcial. Esto supone la no alteración de los hábitos

reproductivos de esta especie en el lugar, siendo por ello la afección de las obras sobre este particular nula o poco significativa.

Otro aspecto singular a destacar ha sido el aumento de puestas y crías de especies ornitológicas asociadas a zonas inundadas. Así, estas especies aprovecharon las aguas someras de los vaciaderos (2.006-2.007), la vegetación que cubre sus motas y la tranquilidad que le brinda la zona para reproducirse en el interior de estos recintos. A modo de ejemplo caben citarse especies como la cigüeñuela (*Himantopus himantopus*), el chorlitejo chico (*Charadrius dubius*), el ánade azulón (*Anas platyrhynchos*), la gallineta común (*Gallinula chloropus*) y la focha común (*Fulica atra*), éstas dos últimas exclusivamente en el vaciadero denominado “Tarajes”, recinto especialmente prolífero debido a la conjugación de la elevada densidad de tarajes (150.000 pies) y a la inundación del mismo al ser utilizado de vaciadero.



Figura 13. Nido presente en uno de los vaciaderos

Control y seguimiento arqueológico

Si bien la DIA tan sólo hace referencia al control y vigilancia arqueológica referida a los dragados de la ría del Guadalquivir (concretamente en esta Fase I: Esclusa, referido al tramo que ofrece actualmente acceso al Puerto de Sevilla), desde esta Asistencia Ambiental se consideró oportuno ampliar el seguimiento a la totalidad de los movimientos de tierra como la excavación del recinto, la construcción de vaciaderos, etc. Todo ello fue consensuado con la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, con la que se ha



colaborado estrechamente en todo el proceso de diseño y elaboración de las medidas cautelares aplicadas.

Al margen de esto, y a fin de dotar a todo el proceso con las máximas garantías técnicas y científicas, se ha firmado un convenio de colaboración con el Departamento de Historia II de la Universidad de Huelva a través del cual, miembros de éste, están participando activamente tanto en el diseño como en el desarrollo del control y vigilancia arqueológica de la presente actuación. La importancia de esto radica en el conocimiento exhaustivo y detallado que algunos de los miembros del citado departamento tienen de la evolución de la llanura aluvial de la ría del Guadalquivir, la cual ha sido objeto de diferentes tesis doctorales y numerosos artículos y exposiciones en congresos y reuniones técnicas.

Las acciones de monitorización desarrolladas en este ámbito pasan desde la prospección arqueológica superficial previa a cualquier movimiento de tierra (terrestre o marino) hasta el control y seguimiento una vez se ejecuten las actuaciones previstas. Para el primero de los casos, se están utilizando técnicas avanzadas para la localización anticipada de posibles restos arqueológicos no catalogados como la fotointerpretación, para las zonas terrestres, o como la ejecución de estudios indirectos con sonda multihaz para las zonas submarinas. En ambos casos, se están obteniendo resultados muy satisfactorios, ofreciendo una información de partida imprescindible para el posterior diseño y elaboración de las medidas cautelares y de vigilancia asociadas a un sector determinado. Por otro lado, llegada la hora de desarrollar el control y seguimiento arqueológico se está realizando un control visual apoyado en un registro fotográfico, el cual queda incluido en un diario de campo donde se especifican todos aquellos aspectos que pudieran ser interesantes para catalogar adecuadamente el hallazgo en cuestión.

Las principales conclusiones obtenidas de la vigilancia, tanto de los movimientos de tierra como de los dragados, han sido las siguientes:

- El control visual ha dado un resultado negativo en lo que se refiere a hallazgos de restos arqueológicos de especial relevancia, tan sólo en el seguimiento de los dragados realizados se detectaron restos de ánforas romanas, algunas tejas árabes y restos óseos de macrofauna.
- No hay en la zona ningún indicador de existencia de yacimiento arqueológico que pueda verse afectado por las obras.
- Destacar por último, en la zona del recinto de excavación que albergará la esclusa, el hallazgo de una tubería de barro orientada transversalmente a la orilla de la ría. Tras activarse todo el procedimiento de alerta, señalizando la zona, incorporando un área de cautela suficiente y paralizando la actividad, se comprobó por parte del personal especializado que la estructura encontrada no contaba con ningún interés científico, datándose aproximadamente a principios del s. XX.

MEDIDAS ADICIONALES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL



Como se desprende de la exposición realizada hasta el momento, las labores de vigilancia, control y seguimiento han sido diseñadas, no sólo para cumplir con los trámites establecidos en las diferentes normativas sectoriales, sino para que realmente se configuren como una herramienta eficaz que permita compatibilizar la construcción y desarrollo de un proyecto de especial relevancia y envergadura con la conservación del entorno que lo acoge. Para su consecución se ha planteado, desde su comienzo, como principal criterio en el diseño de la vigilancia ambiental, la minimización de las afecciones sobre el medio ambiente, actuando sobre los criterios constructivos establecidos, los plazos de ejecución u otros factores que puedan llegar a incidir significativamente sobre la conservación del medio natural.

No obstante, el hecho de tener controlada la situación y de contar con resultados parciales bastante satisfactorios, en algunos casos mejores a los previstos, ha posibilitado que se planteen medidas adicionales de conservación, resultando en algunos casos acciones cuyos beneficios no repercuten directamente sobre el entorno afectado sino más bien actúan sobre terrenos aledaños a las obras de construcción. De esta manera, se está avanzado en los conceptos de conservación y sostenibilidad entendidos dentro del ámbito global en el que debe enmarcarse la protección del Medio Ambiente. Con ello, se pretende dar un primer paso que afiance las bases de una nueva concepción de vigilancia y monitorización ambiental en obras, a fin de evitar la vertebración del territorio y la formación de “islas” y/o fronteras divergentes donde los valores naturales difieran sensiblemente dentro un ámbito territorial relativamente reducido.

A continuación se presenta una serie de medidas de sostenibilidad ambiental establecidas de forma adicional a lo que habitualmente se contempla en un seguimiento y vigilancia convencional. Estas medidas están dirigidas sobre diversos factores como el de potenciar la monitorización sobre algunas variables ambientales, controlar la evolución del entorno cercano que rodea a la actuación objeto de vigilancia, establecer sinergias con otros proyectos cercanos o mejorar algunas de las actuaciones futuras incluidas en el proyecto original de obra.

Acciones sobre la monitorización de la calidad atmosférica

Como se desprende de la monitorización rutinaria de la calidad atmosférica que se está desarrollando mediante el control de partículas sedimentables en diversas estaciones de control repartidas por el recinto de obra (ver apartado de Calidad Atmosférica en Avances Relativos a las Labores de Vigilancia y Monitorización), en determinadas ocasiones y coincidiendo con los movimientos de tierras de mayor relevancia, se ha superado el valor imperativo que recoge la normativa de aplicación. Como resultado de ello, se potenciaron y pusieron en marcha determinadas medidas correctoras y de minimización del efecto sobre esta variable, como los riegos de caminos, el control de velocidad de la maquinaria, etc.

Visto esto, cuando llegó el momento de instalar las dos plantas de hormigón, focos potencialmente contaminadores de la atmósfera, se planteó la puesta en marcha de una serie de medidas de pre-alerta adicionales debido a que los efectos de éstas podrían verse acumulados a los ya monitorizados en la zona. Para ello, en primer lugar se realizó una inspección de ambas plantas a fin de comprobar de primera mano los elementos de protección medioambiental con los que contaban estas instalaciones. Así, se inspeccionó y comprobó la existencia y correcto funcionamiento de los siguientes elementos:

- Los filtros de mangas previstos en los aireadores de los silos para reducir la generación de polvo en suspensión durante la carga de cemento están correctamente colocados en su lugar y operativos.
- Las cintas transportadoras de áridos cuentan, en toda su longitud, con su capota correspondiente de material sintético para evitar la resuspensión y emisión de partículas provenientes de los áridos en el momento de ser transportados hasta la amasadora.
- Previsión de un sistema de regado por aspersion de los áridos acopiados a pie de fábrica, mediante una red de tuberías que cubrirán todas las áreas de acopios de áridos.



Figura 15. Plantas de hormigón

Al margen de esto, se agudizaron significativamente los controles ambientales asociados al funcionamiento de éstas. Para ello, se incorporaron nuevas estaciones de control ligadas a estas instalaciones, desarrollándose una vigilancia individualizada de estos nuevos elementos, al margen de la que de forma rutinaria se realiza para el resto de la obra. Por otro lado, se aumentó significativamente la periodicidad de los controles reglamentarios con los que deben contar instalaciones de esta tipología. Si bien la normativa establece una medida inicial y controles cada tres años, debido a la sensibilidad que está mostrando este parámetro (partículas sedimentables) se decidió realizar controles trimestrales, a fin de poder incidir sobre las medidas correctoras en el caso que así se precisase. Esto se hizo extensivo a la monitorización de la calidad



sonora, aunque ésta, como ha podido comprobarse, no está ofreciendo resultados anómalos en el proceso de monitorización.

Con todas estas medidas adicionales tanto de control como de minimización de los efectos derivados de la actividad, se está logrando incidir significativamente sobre la calidad atmosférica de la zona de obras y de sus alrededores, obteniéndose al día de hoy resultados claramente satisfactorios.

Sinergias con otras actuaciones ajenas a la construcción de la esclusa

Las Obras de Actuaciones de Mejora en Accesos Marítimos al Puerto de Sevilla, Fase I: Exclusa, contempla la restauración ambiental de determinadas áreas, algunas afectadas directamente por las obras y otras no. Entre las primeras caben destacarse la zona que queda confinada entre el vial que comunica a las instalaciones de la esclusa y la línea de ferrocarril (ambos de nueva creación), los taludes de estos viales y rotondas asociadas y el frente del recinto de construcción de la nueva esclusa que linda con la ría del Guadalquivir. Respecto a las segundas, se pretende integrar paisajísticamente la zona de antepuerto (acceso a la nueva esclusa) y actuar sobre unos terrenos que se localizan en la margen izquierda de la ría, justamente en el lado opuesto a la zona donde se encuentra la esclusa en construcción. En esta última se proyecta aumentar significativamente la franja de bosque de ribera, incluyendo nuevos pies de sauces, chopos y algunas arbustivas como zarzas y otras plantas autóctonas.

No obstante, las que deben ser resaltadas, por su significatividad dentro de las actuaciones de sostenibilidad ambiental, son las primeras que han sido nombradas.

Los motivos que hacen de esta restauración algo singular son dos fundamentalmente. El primero de ellos radica en el hecho de acometer las labores de restauración a medida que se van finalizando las actuaciones sobre cada uno de los sectores implicados. Es decir, lo que se intenta es minimizar al máximo el tiempo que transcurre entre la alteración y la restauración, haciendo que las cicatrices ocasionadas por las labores de construcción, en este caso concreto, de los viales de acceso y el ferrocarril desaparezcan lo antes posible. Con ello, se logra que la manifestación de determinados procesos sobre variables ambientales tan relevantes como el propio suelo sea la mínima posible, reduciendo los efectos que su presencia prolongada puede llegar a generar si no se actúa de forma rápida y eficaz, como la pérdida del perfil fértil del mismo debido a escorrentías, meteorización química o mecánica o el arrastre eólico que puede sufrir.



Figura 16. Zona a restaurar entre los viales del ferrocarril y que ofrecerá acceso a la esclusa

El segundo de los aspectos a resaltar, considerado aún más importante que el anterior, es el hecho de aprovechar otras actuaciones que se están desarrollando en terceras ubicaciones para cumplir con el doble objetivo de restaurar las áreas que se tienen proyectadas en el marco de las actuaciones que nos ocupan y, por otro lado, minimizar la incidencia que esa obra, ajena a ésta, genera sobre su marco territorial directo. En concreto, la Autoridad Portuaria de Sevilla se encuentra ejecutando la urbanización de determinados sectores dentro de los terrenos portuarios a fin de habilitar nuevas zonas de operaciones portuarias e incrementar la superficie de zona de actividades logísticas e industriales. Para ello, se tiene previsto acometer una serie de viales que afectan a parte de los tarajales que se localizan dentro del espacio portuario. Los pies de tarajes afectados, más de 400, en lugar de ser talados se tiene proyectado su trasplante a zonas de restauración previstas en las obras de la nueva esclusa. Para ello, ha sido preciso modificar los proyectos originales de restauración, aumentando incluso su superficie original (se cuenta con más pies de los necesarios en primera instancia), e incluso alterar sensiblemente el periodo en el que se tenía previsto acometer las actuaciones de restauración ya que se consideró necesario retrasar la saca de estos tarajes fuera del periodo de reproducción de algunas especies de paseriformes, en concreto para otoño de 2.008 (tras la visita a los tarajales que debían ser trasplantados se observó multitud de nidos activos en sus ramas). Como puede comprobarse, para posibilitar estas sinergias ha sido necesario coordinar ambas acciones, tanto en el ámbito territorial como temporal, además de incidir directamente en la evolución y desarrollo de ambos proyectos de actuación. Lógicamente, esto ha ocasionado una serie de trastornos puntuales en el discurrir habitual de los proyectos, afectando a algunas partidas del cronograma. No obstante, el hecho de optimizar los recursos naturales que el entorno nos ofrece (no talando sino trasplantando y utilizando recursos propios para la restauración, no siendo necesario la incorporación de recursos externos, como plantones de viveros) justifica sobradamente este tipo de incidencias, demostrándose, con ello, que es posible ofrecer viabilidad de actuación sinérgica sobre distintos escenarios e incluso en obras de diferente naturaleza y no interrelacionadas.



Figura 17. Nido de verdicillo localizado en la zona de saca de tarajes



Mayor control sobre la turbidez de la ría del Guadalquivir

Tal y como se hizo referencia anteriormente, en noviembre de 2.007, la ría del Guadalquivir comenzó a manifestar unos incrementos significativos de sólidos en suspensión en sus aguas. Esta situación, aún no aclarada por las administraciones competentes, ha obligado a incrementar las medidas cautelares respecto a este particular a fin de mitigar cualquier tipo de efecto sinérgico y/o acumulativo que el desarrollo de las actuaciones de construcción de la esclusa pudieran ocasionar sobre la calidad hidrológica de la ría (cabe reseñarse que, en esta fecha, las obras de la esclusa no contaban con ninguna actuación que pudiera llegar a incidir sobre la calidad hidrológica de la ría ya que en esta fase se desarrollaban en seco dentro de un recinto cerrado y completamente impermeabilizado). Las medidas cautelares, de monitorización y mitigación tomadas para controlar la presencia de este incremento de la turbidez han sido de diversa naturaleza. A continuación se exponen aquellas de mayor repercusión y calado que, como podrá comprobarse, no se han limitado a las zonas más próximas a las obras de construcción, sino que algunas de ellas han sido dirigidas a un ámbito territorial mucho más amplio.

La primera de estas actuaciones se centró en conocer las características fisicoquímicas y microbiológicas del material en suspensión. Esto resultaba de vital importancia para garantizar el óptimo desarrollo de las obras de la esclusa ya que, una vez sedimentasen los sólidos en suspensión causantes de la turbidez, éstos podrían modificar la calidad de los sedimentos que debían ser dragados en fases posteriores de la actuación. Como se expuso en el apartado correspondiente de esta comunicación, los sedimentos a dragar fueron caracterizados en su momento, no detectándose episodios de contaminación relevantes en ninguna de las zonas objeto de dragado. Para solventar esta situación, se tomaron varias muestras de agua, cargadas de sólidos, en diferentes tramos del canal que conecta con la actual esclusa. Estas muestras se mantuvieron en reposo facilitando con ello la decantación de este material fino el cual fue extraído mediante filtración y analizado siguiendo las Recomendaciones de Gestión para los Materiales de Dragado en Puertos Españoles (RGMD) descritas por el CEDEX en 1994. El resultado fue positivo, siendo todo el material caracterizado como de Categoría I, con lo que se descartó su incidencia sobre los futuros dragados. De esta manera también se determinó el tipo de efecto que estas plumas de sedimentos en suspensión podían llegar a generar sobre las comunidades ícticas de la ría. Al no detectarse concentraciones relevantes de metales, PCB's ni de indicadores microbiológicos, el efecto que podría manifestarse sobre ellas sería puramente mecánico y en ningún caso químico ni microbiológico.

Visto esto, e independientemente de los estudios que las administraciones estaban y están desarrollando en la zona, se decidió dar un paso más en aras de intentar conocer algo más de la presencia anómala de estos materiales en suspensión. Con tal objetivo, se diseñó una campaña de muestreo consistente en la realización de un perfil longitudinal de turbidez a lo largo del eje principal de la ría. Para ello, se instaló en una embarcación una sonda multiparámetro de medición en continuo a la que se acopló un GPS con objeto de localizar las mediciones tomadas. Al margen de la turbidez se monitorizaron otros parámetros como temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad y potencial redox. Partiendo desde Sanlúcar de Barrameda, lugar donde da comienzo el canal de navegación del Puerto de Sevilla, se inició con las mediciones, previendo que el muestreo recogería información de un ciclo de marea completo, aspecto éste de vital importancia tal y como se hará referencia seguidamente. Los resultados estuvieron precisamente muy ligados a la influencia mareal, detectándose un aumento significativo del material en



suspensión en los momentos en los que la marea se encontraba en bajamar. Esto nos hizo plantear la hipótesis de que en la ría los niveles de marea se habrían visto modificados por razones hoy en día no aclaradas, dando como resultado pleamares más altas y bajamares más bajas. Estas bajamares de menor nivel pondrían en suspensión materiales del cauce antes no influenciados por los efectos mareales, generando el consiguiente aumento de la turbidez.

No obstante, no es nuestro fin determinar las causas de estos episodios anómalos sino conocer su funcionamiento a objeto de integrarlo en nuestras labores de control y vigilancia de las obras de construcción de la esclusa. Así este factor ha sido fundamental a la hora de plantear el plan de emergencia ligado a la construcción del vaciadero denominado "Sur 1". Este vaciadero será construido en la margen izquierda de la ría, constituyéndose como parte del antepuerto que comunicará con la esclusa en construcción una vez ésta se encuentre operativa. Para ello se dispondrá material conformando la mota de cierre del citado vaciadero, donde posteriormente se verterán materiales de dragados ganando de esta manera tierra a la ría que verá modificada su cauce en ese tramo. El vertido del material que conformará la mota pondrá en suspensión parte del mismo, lógicamente el más fino, el cual deberá ser controlado para que no ocasione plumas de turbidez que pudieran derivar aguas abajo. Para ello se han dispuesto cortinas antiturbidez que confinan el material fino puesto en suspensión, acompañada esta medida con un exhaustivo seguimiento de la turbidez en las zonas aledañas a la actuación. Los resultados obtenidos son comparados con los que se obtienen en una estación blanco, tomada ésta cada vez que se realizan estas labores de monitorización. Ella nos ofrece el estado de la ría respecto a este parámetro en el momento de la monitorización, aspecto importante si se tiene en cuenta su variabilidad en la ría.

Este plan de emergencia se configura como base fundamental para el desarrollo de la construcción del vaciadero en cuestión, incidiendo significativamente en el desarrollo de las obras asociadas. Así, en primer lugar, como medida principal se ha planteado limitar los vertidos de material en bajamar para así no generar efectos acumulativos y sinérgicos con los episodios de turbidez que se están manifestando en la ría. Por otro lado, la activación del plan estará sujeto a las mediciones de turbidez y a los resultados de los análisis en laboratorio de sólidos en suspensión de cualquiera de las estaciones de control establecidas cuando éstas superen en 1,3 veces (30%) la medida realizada en la estación blanco el mismo día de medición. Este criterio valorativo parte como referencia de la Orden de la Consejería de Medio Ambiente de 14 de febrero de 1997, por la que se clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas directamente afectadas por los vertidos. Si bien esta Orden no tiene establecido objetivo de calidad específico para la turbidez, se ha considerado oportuno emplear el mismo que la citada Orden establece para la concentración de sólidos en suspensión en aguas limitadas, cuyo valor es de 1,3 veces la media normal del medio. Lógicamente, este mismo criterio será igualmente utilizado para el control semanal de los sólidos en suspensión analizados en laboratorio, sirviendo así de certificación de los valores obtenidos mediante los equipos portátiles de medición in situ. En caso de superarse durante las operaciones de vigilancia del medio receptor los límites establecidos como objetivos de calidad en el medio receptor:

- Se verificará la disposición de la cortina antiturbidez, rectificándose su ubicación a fin de aumentar la eficacia del confinamiento establecido por la misma.



- En caso de no observarse una recuperación del medio se optará por recomendar la reducción del ritmo de vertido de material, pudiéndose llegar al paro absoluto si el medio no recupera sus parámetros naturales tras la puesta en marcha de las medidas establecidas. Esta situación deberá perdurar hasta alcanzar en las estaciones de monitorización los niveles de referencia tomados a partir de las mediciones realizadas en la estación blanco.

Por último, para poder ejercer un mayor control sobre la dispersión de los sólidos en suspensión durante las labores de construcción de la mota de cierre del vaciadero se recomienda acometer dicha actuación desde un único frente de vertido, lográndose de esta manera un único foco de dispersión.

Todo esto ha demostrado que, aplicándose con criterio todo lo recogido en el presente Plan de Emergencia, además de todas aquellas medidas correctoras, mitigadoras y de monitorización propuestas, los efectos derivados de la turbidez procedente de los vertidos de material para la construcción del vaciadero “Sur 1” han sido y serán de escasa relevancia (aún se encuentra en construcción), incluso han llegado a ser despreciables en determinados momentos, midiéndose valores superiores en la estación blanco que en las estaciones de control establecidas.

Modificación del proyecto de ajardinamiento

El Proyecto de Obras de Actuaciones de Mejora en Accesos Marítimos al Puerto de Sevilla, Fase I: Esclusa contemplaba, dentro de su apartado de Urbanización, el ajardinamiento de los terrenos que albergarán las futuras instalaciones. Estos jardines fueron diseñados de forma convencional, donde predominaban las praderas de césped y las plantas autóctonas de marcado carácter ornamental. Revisado el proyecto de ajardinamiento original se instó a la Autoridad Portuaria de Sevilla a la modificación sustancial del mismo, a fin de incorporar una serie de directrices que convirtiera estos jardines convencionales en jardines sostenibles desde el punto de vista medioambiental, primando la correcta utilización y protección de los recursos naturales y la incorporación de especies autóctonas que facilitarían el proceso.

Para la correcta exposición de los criterios que han sido contemplados para el nuevo diseño, éstos han sido ordenados en tres bloques de distinta naturaleza. En primer lugar se expondrán los criterios generales seguidos para el diseño de estas zonas verdes, para luego presentar las alternativas barajadas para la sustitución de las praderas de césped y finalizar con las condiciones de riego establecidas, aspecto éste muy importante si se tiene en cuenta el ámbito biogeográfico en el que se localiza la actuación, donde predomina el clima seco y caluroso.

Criterios Generales

El primero de los criterios que contempla el rediseño del proyecto de ajardinamiento ha sido la correcta distribución de las plantas, agrupando las especies según sus necesidades de agua. En este sentido se distinguieron dos niveles diferentes:

- Una zona seca, plantada con especies autóctonas donde casi no será necesario su riego, tan sólo algunos de apoyo en aquellos meses más secos (junio-agosto).
- Una zona de riego moderado donde se aportará ocasionalmente agua a las especies más exigentes y a las plantas capaces de formar tapices, que al principio necesitarán un poco de ayuda para extenderse más rápidamente.

Como se ha hecho referencia anteriormente, las plantas alóctonas de carácter ornamental han sido sustituidas por autóctonas, y dentro de este grupo, se seleccionaron aquellas más resistentes al stress hídrico. Las especies seleccionadas pueden consultarse en el Tabla 1.

Tabla 1. Especies consideradas en la modificación del proyecto de ajardinamiento de la nueva esclusa

Nombre científico	Nombre común
<i>Olea europaea</i>	Olivo
<i>Quercus rotundifolia</i>	Encina
<i>Populus alba</i>	Chopo
<i>Lavandula officinalis</i>	Lavanda
<i>Salix alba</i>	Sauce
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero
<i>Tamarix sp.</i>	Taraje
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Retama amarilla
<i>Retama monosperma</i>	Retama blanca
<i>Thymus vulgaris</i>	Tomillo
<i>Origanum vulgare</i>	Orégano
<i>Salvia officinalis</i>	Salvia
<i>Chamaerops humilis L.</i>	Palmito
<i>Sedum sp.</i>	Sedum

Por otro lado, se han suprimido las superficies o praderas de césped, con lo que se logra limitar el gasto de agua y reducir su mantenimiento (riegos, abonados, siegas, perfilados, aireados, escarificados, resiembras, control de plagas y hongos), minimizándose la generación de residuos, tales como restos de podas y la utilización de fertilizantes, siendo sustituido por acolchado y/o sotobosque y agrupaciones de arbustos.

Por idénticas razones, se ha evitado la siembra de setos y bordaduras, cuyo mantenimiento se estima igualmente elevado (deben ser recortados entre 2 y 5 veces al año). Al hilo de esto último, y como norma general en lo referido a la distribución espacial de las plantaciones, se ha propuesto la formación de masas arbustivas con especies resistentes como romero, lavanda, retama, palmito, etc.

En cuanto a las especies arbóreas y arbustivas seleccionadas decir que han sido en todos los casos de tipología perennes, para así evitar la recogida de hojas y la generación de los residuos antes comentados. De igual manera, se eligieron especies



que ofrezcan sombra para así facilitar el crecimiento de las especies localizadas bajo ellas.

Por otro lado, se ha planteado un diseño que limita, e incluso evita, el exceso de fertilizantes a fin de no favorecer una brotación muy tierna, lo cual hace que las plantas sean más propensas a ser afectadas por plagas de pulgones y/o ácaros. Igualmente se insta para que se tenga presente en fases posteriores, la elaboración de compost casero, reciclando los restos vegetales, como ramas de poda, hojas, etc.

En otro orden de cosas, se instalarán mallas antihierbas que resultan muy útiles para macizos de arbustos, rocallas, caminos de grava, etc. El acabado estético se consigue cubriéndola con cortezas de pino, gravas, etc.

Con respecto al uso de insecticidas, fungicidas y otros plaguicidas, decir que su uso será limitado al seleccionar, en todo caso, especies que repelan a las plagas de forma natural, como por ejemplo las aromáticas como la salvia, romero, lavanda, orégano y tomillo. En caso de ser necesaria su utilización, se elegirán aquellos que sean admitidos en agricultura ecológica. Ejemplo de ellos son el fungicida de cobre (Caldo Bordelés), fungicida de azufre, purín de ortigas, jabón de potasa, *Bacillus thuringiensis* (insecticida biológico), etc. E incluso se plantea ir más allá respecto a este particular ya que se está contemplando la posibilidad de favorecer el control biológico de plagas. Así, pequeños animales como pájaros, escarabajos o mariquitas son los mejores insecticidas contra orugas, pulgones y numerosos insectos y sus larvas, al tiempo que mantienen el equilibrio natural del jardín sin necesidad de recurrir a productos químicos. Para favorecer la presencia de estos depredadores se pueden colocar comederos, nidos artificiales para pájaros, puntos de agua y aprovechar la floración de las plantas seleccionadas.

Por último, para la iluminación de estos jardines se ha planteado la utilización de farolas y balizas fotovoltaicas que utilizan, lógicamente, la energía solar como fuente de energía.

Propuestas de alternativas a las praderas de césped

La alternativa planteada para la sustitución de la pradera de césped prevista originalmente en el proyecto, es el acolchado, que consiste en recubrir el suelo del pie de las plantas con distintos materiales, a modo de capa de 5 a 15 cm de espesor. Los beneficios que se esperan obtener son, por un lado, proteger la humedad de la evaporación y, por otro, evitar el crecimiento de hierbas no deseables y aportar nutrientes para las plantas (en el caso de los acolchados orgánicos).

Los materiales seleccionados para el acolchado de los jardines que nos ocupan han sido los que a continuación se enumeran:

- Plantas tapizantes. Las plantas tapizantes suelen crecer desparramándose por el suelo a modo de alfombra. Requieren muy pocos cuidados, empezando por un menor riego y ofrecen vistosas floraciones, aspecto este fundamental para mejorar su estética. Las especies seleccionadas para estos jardines han sido todas del género *Sedum*.



- Masas arbustivas. Por otro lado, se han diseñado grupos más o menos densos de arbustos, con lo que se logra cubrir, de esta manera, gran parte de la extensión del jardín.
- Cortezas de pino trituradas. Son múltiples las ventajas, al margen de la puramente estética, que han influido en la elección de este tipo de recubrimiento. Este tipo de acolchado es extremadamente eficiente para la conservación de la humedad, por lo que limita sensiblemente los riegos. Esto, en climas secos en los que llueve poco y las temperaturas en verano son muy elevadas, caso del valle del Guadalquivir, resulta un aspecto muy importante a tener presente. Por otro lado, este tipo de recubrimientos evita, de forma eficaz, la aparición de malas hierbas, con lo que disminuye el mantenimiento que debe ofrecerse a los jardines en los que se instalará. No obstante, a fin de incrementar su rendimiento respecto a este aspecto en concreto, se colocarán bajo las cortezas de pino unas telas de plástico, en concreto geotextiles, que dejan pasar el agua y evitan que rebroten hierbas no deseables. Por último, citar que su descomposición se realiza lentamente con lo que aporta humus de forma natural y continua al sustrato.
- Gravas y guijarros. Estos áridos, muy utilizados últimamente como recurso del paisajismo moderno, se extienden fácilmente, debiéndose colocar previamente sobre la tierra, una malla geotextil, idéntica a la planteada para el caso de las cortezas de pinos, siendo su función la misma que para el caso comentado (erradicación de malas hierbas). Para este caso se ha decidido usar grava blanca que recubrirá una extensión significativa de los jardines diseñados.

Condiciones de riego

Este aspecto es muy importante en una zona seca y cálida como la que nos ocupa, por lo que su diseño debe realizarse con especial cuidado. Es por ello, por lo que se ha estimado imprescindible la utilización de un sistema de riego automático con programador que permitirá regar de noche y evitar así la fuerte evaporación del día producida por el sol y el viento. El tipo de programador seleccionado cuenta con sensores de lluvia y de humedad, lo que evita riegos innecesarios en días de lluvia o elevada humedad. Por otro lado, para los casos que así lo han precisado, se ha dispuesto una red de riego por goteo, centrándose en aquellas zonas donde el diseño del jardín así lo ha permitido.

Como se hizo referencia anteriormente, las especies han sido agrupadas según sus necesidades de agua. Así, las especies xerófitas, es decir la que poseen cierta tolerancia a la falta de agua, han sido agrupadas, creando la zona denominada xerojardín. De igual manera, han sido agrupadas aquellas especies cuyas necesidades de agua es mayor, precisando de cierto riego regular. Con ello, se consigue maximizar el rendimiento de los riegos, no aportando agua en exceso en aquellas zonas donde se localicen plantas resistentes al stress hídrico.



Con este mismo objetivo, las plantaciones han sido diseñadas en grupos muy tupidos, creando microclimas que retienen humedad, ofrecen sombra al suelo que evitan la evapotranspiración excesiva, protegen las plantas pequeñas del viento y evitan malas hierbas.

Por otro lado, se estima conveniente, una vez se comience con el mantenimiento del jardín, que se acostumbre a las plantas a poco riego, por lo que, llegado el momento, debe estimarse la cantidad mínima necesaria. Así, dejar secar el suelo moderadamente entre un riego y otro, resulta extremadamente importante para estimular a que las raíces busquen agua a mayor profundidad. Igualmente, en lo referido al mantenimiento, se eliminarán periódicamente las malas hierbas, ya que éstas son consideradas como grandes competidoras del recurso hídrico con el que cuenta el suelo.

En lo relativo a los abonos, éstos deberán ser, en cualquier caso, de lenta liberación mejor que los muy solubles ya que perduran más tiempo en el suelo y se pierde menos en profundidad arrastrados por el agua, resultando, por ello, más económicos y menos contaminantes (no afectan a la calidad hidrológica de las aguas subterráneas). También se estima recomendable la aportación de abonos orgánicos en lugar de químicos, como estiércol, compost casero, turba, mantillo, guano, etc. Igualmente, se evitará el exceso de abonos, sobre todo los que contienen nitrógeno, ya que provoca un crecimiento excesivo con el consiguiente aumento en el consumo de agua.

Por último, en cuanto al momento de plantación, se ha estimado conveniente realizar estas labores en otoño, lo que posibilitará que las lluvias de invierno se ocupen del riego en este momento crítico en el establecimiento de las mismas.

CONCLUSIONES

La principal reflexión que se debe tener presente tras la exposición realizada atiende, principalmente, a la necesidad de implicación de todos los agentes involucrados en la construcción tanto a nivel de dirección de obra, como de ejecución de la misma o de vigilancia medioambiental. Esta implicación debe ser entendida dentro de un marco de responsabilidad y compromiso en el que el diseño, planificación y estructuración de estas actuaciones vayan más allá de lo que pueda quedar recogido en un estudio de impacto ambiental determinado, en una declaración de impacto ambiental o en el plan de actuaciones medioambientales correspondiente, avanzando firmemente en la conservación y protección del entorno en el que se actúa. Sin la acción coordinada de todos y cada uno de estos agentes los resultados esperados al final de proceso serán bastante pobres, tal y como queda demostrada en la gran mayoría de las actuaciones que se desarrollan en la actualidad, donde la vigilancia medioambiental y la toma de decisiones al respecto suelen considerarse un trámite más dentro del procedimiento.

No obstante, es digno reseñar los avances que, desde hace algunos años, se están logrando al respecto, trabajándose más y mejor en aras de la sostenibilidad ambiental asociada a las grandes obras de construcción. Sin embargo, nuestro horizonte debe contemplar un escenario dirigido, ya no a la minimización y control de los efectos sobre el Medio Ambiente, sino más bien a la potenciación e integración de mejoras significativas sobre el entorno, aprovechando nuestra presencia en el lugar. En esta línea se encuentran las actuaciones como las que se están desarrollando para la Autoridad



Portuaria de Sevilla, en las que se está incitando al cambio de la noción que, habitualmente, se ha tenido de los planes de vigilancia ambiental, ofreciendo una visión renovada y acorde con el nuevo concepto de desarrollo sostenible.