

Situación medioambiental del Corredor Verde del Guadiamar 6 años después del vertido de Aznalcóllar

J.M. Arenas, F. Carrascal

Oficina Técnica del Corredor Verde del Guadiamar. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Hoy, el Corredor Verde del Guadiamar ha dejado de ser un proyecto que nació de una emergencia -la catástrofe minera de Aznalcóllar-, para convertirse en un nuevo espacio protegido dentro de la RENPA (Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía). Este profundo cambio comenzó a fraguar en abril del año pasado, cuando -una vez culminados los trabajos de restauración- el corredor verde fue declarado como primer Paisaje Protegido de Andalucía, completando así el elenco de figuras de protección recogidas en la Ley 2/89 del Inventario de Espacios Naturales de Andalucía. Una vez integrado como un nuevo espacio protegido, los objetivos inmediatos de la Consejería de Medio Ambiente se orientarán, de manera paulatina, a conseguir que el Corredor Verde alcance funcionalidad desde una doble perspectiva: como corredor ecológico, vigilando la evolución de los ecosistemas y los procesos de recolonización; y desde una perspectiva social, mediante la potenciación del uso público.

Situación actual de los ecosistemas del Guadiamar

La información sobre el estado actual de los ecosistemas del río Guadiamar (**Fig. 1, Fig. 2**) procede de los estudios desarrollados en la segunda fase del PICOVER (Plan de Investigación del Corredor Verde), entre los años 2002 y 2003. Tras la evolución favorable que habían presentado los indicadores de calidad ambiental hacia una clara tendencia a la normalización medioambiental, con el consenso de los responsables científicos del programa se acordó un reajuste de los objetivos de investigación en cuanto a objetos de estudio, nº de parámetros y frecuencia de controles, dado que no tenía sentido continuar un seguimiento tan pormenorizado como el que se había venido realizando desde el momento inmediatamente posterior al accidente.

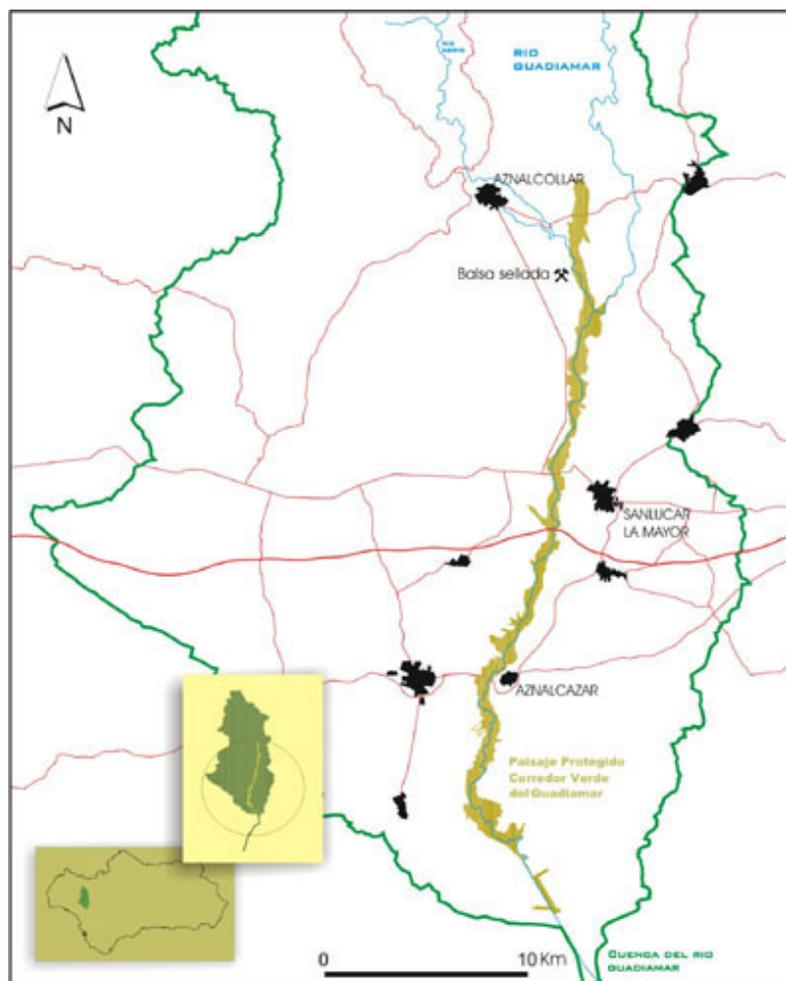


Figura 1. Localización geográfica del corredor verde del Guadiana.



Figura 2. Vista aérea del corredor verde del Guadiana.

Es por ello que las investigaciones en estos dos años se centraron en la continuación del seguimiento de aquellos compartimentos del medio natural que podrían ser receptores o canalizadores de la contaminación residual. Así se han continuado los estudios sobre suelos, aguas, plantaciones, y microorganismos del cauce, se han estudiado los procesos de

recolonización por la fauna y se ha realizado un seguimiento de determinadas comunidades biológicas, sobre todo pertenecientes a ecosistemas acuáticos (nutria, peces, macroinvertebrados, plancton, perifiton, etc).

De forma paralela y complementaria, la Consejería de Medio Ambiente ha venido manteniendo durante estos años el dispositivo de vigilancia de aguas y sedimentos que funcionaba desde el año 1998 y que comprende, hoy, un total de 17 estaciones situadas a lo largo de todo el cauce del río Guadiamar, desde la mina hasta las marismas de Entremuros, en las que se han realizado mediciones con una periodicidad semanal.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que hoy en día el problema de la contaminación del vertido minero sólo persiste, aunque de manera puntual, en los primeros cinco kilómetros de los 60 que resultaron afectados, entre la balsa y la unión del río Agrio con el río Guadiamar, cuyos efectos ocasionalmente pueden llegar a manifestarse en las aguas hasta el puente de las Doblas. En el resto del área los efectos del vertido están por lo general superados o sólo existen a un nivel que no suponen peligro para la recuperación de los ecosistemas naturales.

Evolución de los parámetros relativos al medio físico

Suelos

Después de las labores de limpieza y las enmiendas calizas y férricas, de los informes de caracterización (Calvo de Anta y Macías, 2004) se desprende que estas medidas correctoras resultaron efectivas y disminuyeron considerablemente el contenido de metales pesados de los suelos, confirmando que los problemas de contaminación residual quedaban relegados al tramo que resultó más contaminado: el tramo norte, entre la mina y el puente de las Doblas.

En términos generales, la evolución de los parámetros físico-químicos analizados ponen de manifiesto una recuperación efectiva del estado de los suelos, hecho que se manifiesta de manera clara en una reducción de los contenidos de azufre pirítico, a niveles lo suficientemente bajos como para que la posible acidificación del medio pueda ser controlada por la propia capacidad natural de amortiguación de los suelos. Esta circunstancia es clave, ya que esta posible acidificación es la que determina la capacidad de movilización de los elementos traza (en suelos y aguas) y su consiguiente biodisponibilidad para los seres vivos.

El contenido en metales de los suelos ha descendido considerablemente desde que se produjo el vertido minero, estando por debajo de los valores de referencia recomendados por la Junta de Andalucía como límites de intervención en la mayor parte del territorio. Sin embargo, debido a la extraordinaria heterogeneidad del estado de los suelos por la compleja historia de toda la comarca desde tiempos inmemoriales y la capacidad de respuesta de los mismos, aparecen localizaciones puntuales donde existe alguna contaminación residual.

Aguas

El problema de la calidad del medio acuático no sólo es el derivado de la actividad minera y del accidente del año 1998, ya que a partir del puente de las Doblas adquiere importancia el hecho de que el río Guadiamar reciba otras fuentes de contaminación de origen agrícola, urbano e industrial.

En los seis kilómetros más próximos a la mina el agua presenta puntualmente (Toja et al., 2003) determinadas concentraciones de metales pesados, aunque a partir del Puente de las Doblas pueda decirse que la contaminación minera es prácticamente inapreciable. Las concentraciones registradas durante el año 2003 ya son del orden de la mitad de las del año anterior. Hay que tener en cuenta que en el momento en que se produjo el vertido se alcanzaron concentraciones de cadmio en agua de 0,263 mg/l, mientras que en el año 2003 no se superó el valor de 0.005 mg/l, el cual representa el límite admitido para las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano con distinto grado de tratamiento. En cuanto al zinc, que después del vertido alcanzó niveles de hasta 463 mg/l, durante el año 2003 el 63% de los muestreos estuvieron por debajo de 2 mg/l, mientras el resto no superó los 20 mg/l. El resto de los metales analizados en aguas reflejan claras tendencias hacia la normalización ambiental (**Fig. 3 y 4**).

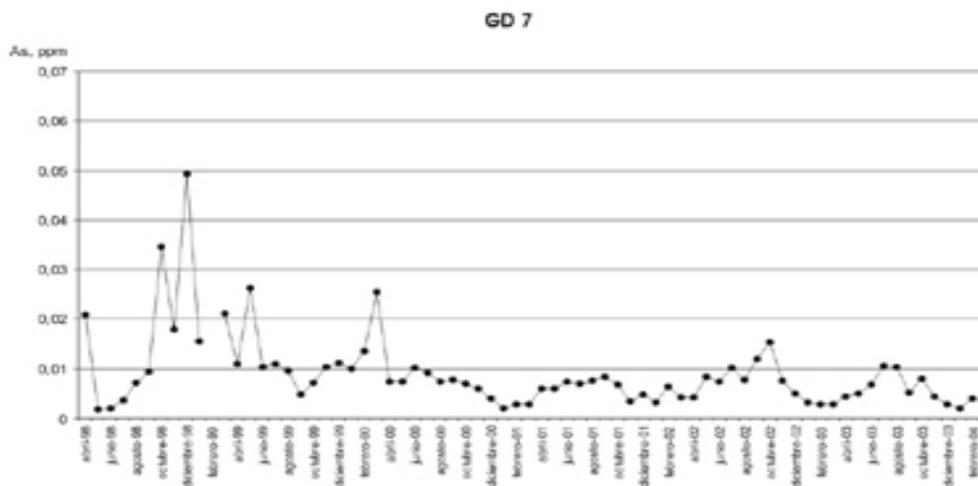
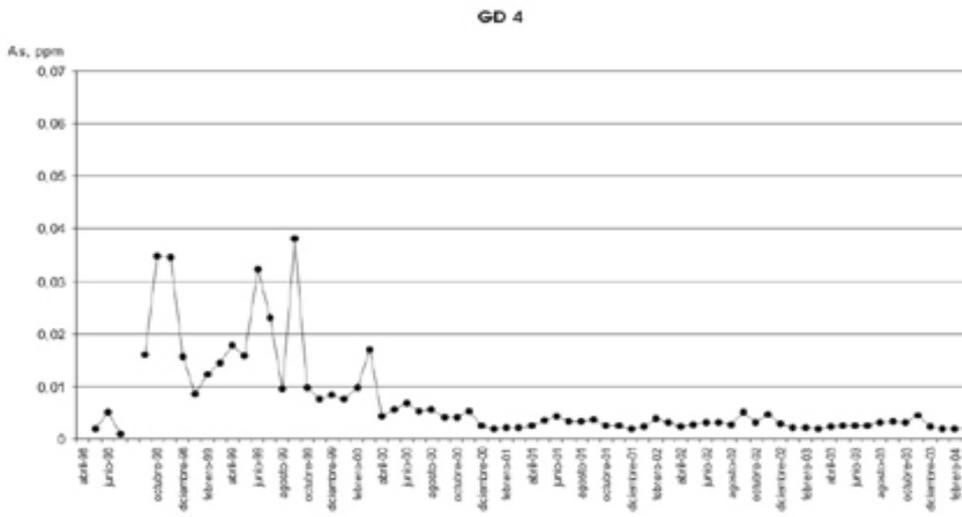
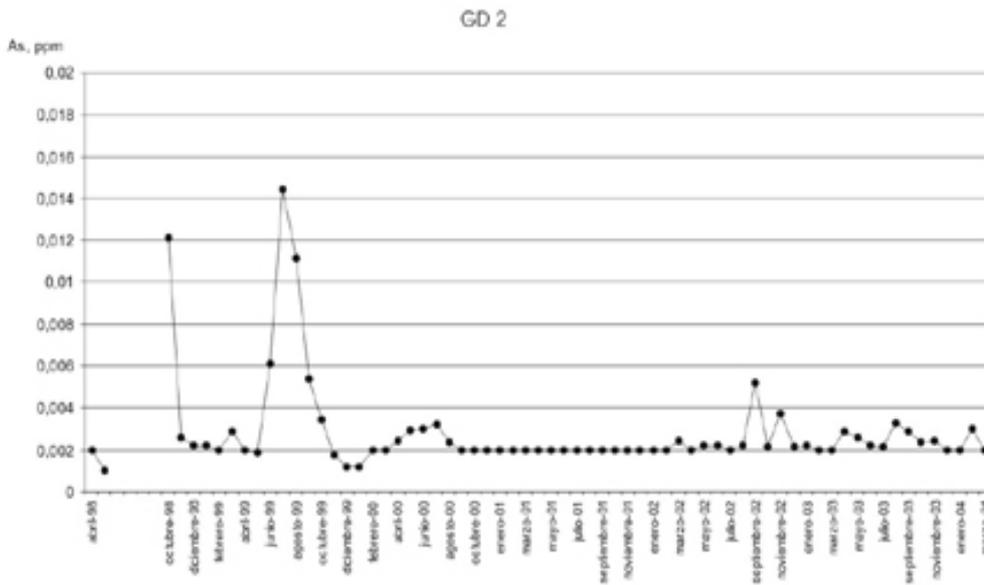


Figura 3. Evolución temporal del arsénico en aguas de los tramos superior, medio e inferior del río Guadiamar.

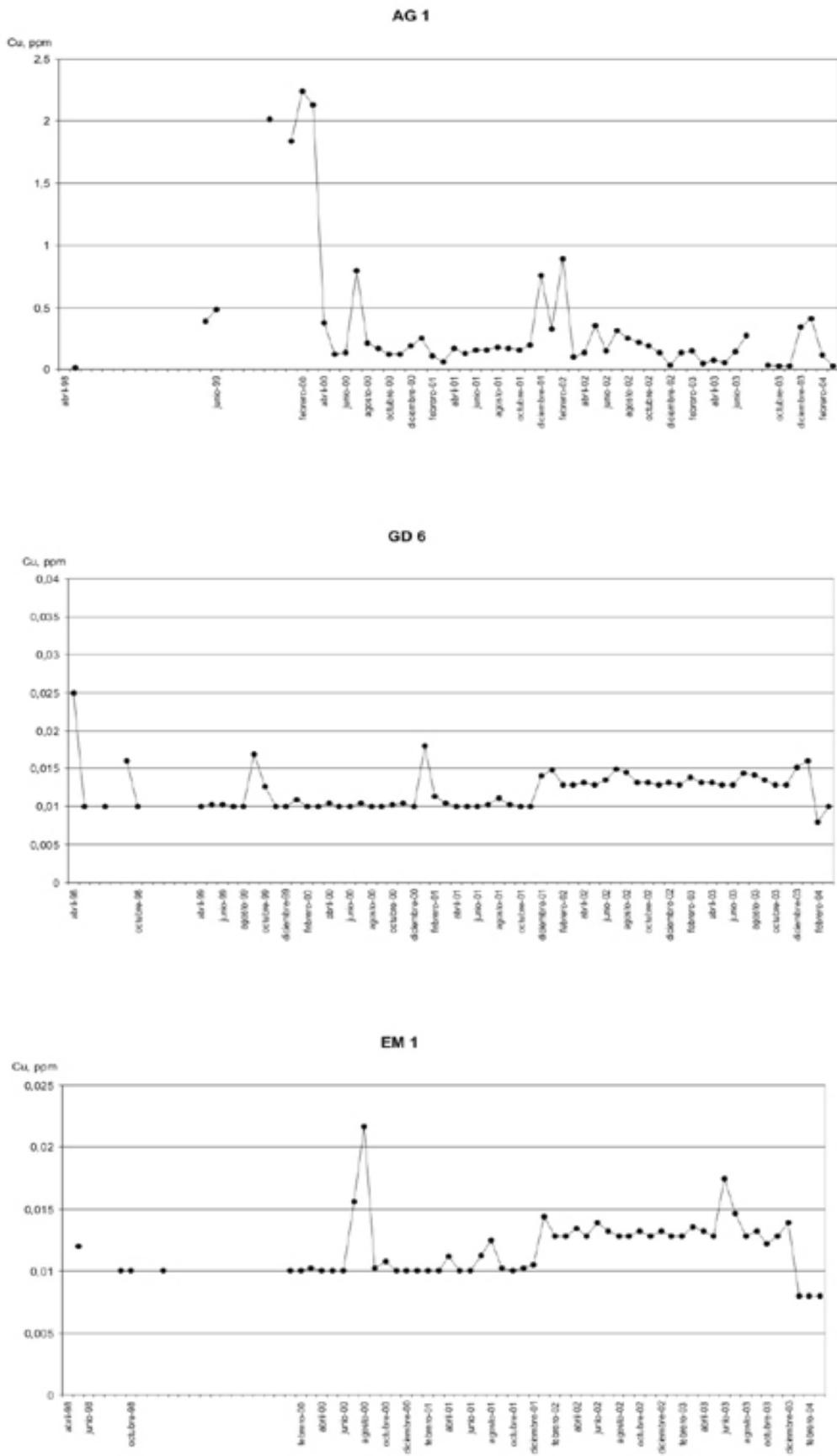


Figura 4. Evolución temporal del cobre en aguas de los tramos superior, medio e inferior del río Guadiamar.

Evolución de los parámetros de seguimiento de los seres vivos

En cuanto al seguimiento de los efectos del vertido en los seres vivos hay que considerar dos cuestiones fundamentales: sus posibles efectos a nivel de individuo y a nivel de poblaciones.

Microorganismos del suelo: Nematodos

Los nematodos libres del suelo y aquellos que son parásitos de las plantas son buenos indicadores de las alteraciones en este medio, por lo que el estudio de estas comunidades permite evaluar las condiciones ecológicas o biológicas del mismo.

Durante la primavera de 2003 se identificaron en la cuenca del río Guadiamar (Peña et al., 2003) un total de 51 especies diferentes de nematodos. Resultados que avalan un aumento importante en la riqueza específica total respecto a los últimos datos recogidos en otoño de 2002, y que confirman una recuperación significativa de esta comunidad en el medio suelo.

Plancton y Perifiton

Aunque en las comunidades analizadas el contenido metálico sigue siendo en general más alto (Toja et al. 2003), que en las zonas no afectadas (empleadas como blanco de referencia), se ha observado en estos organismos una disminución en el contenido de metales, con un gradiente espacial (el contenido en metales disminuye en cuanto nos alejamos de la balsa) y otro temporal (para una misma localización el contenido disminuye con el tiempo).

Macroinvertebrados

Durante los dos años posteriores al accidente minero las comunidades de macroinvertebrados comenzaron a desarrollarse, llegando a ciertos niveles de biodiversidad, que sin embargo no alcanzaban a aquellos correspondientes a los de los puntos de control (no afectados por el vertido). A mediados del año 2000, nuevos acontecimientos marcaron una mejora en las condiciones del río (la retirada de las trampas de sedimentos, la relimpieza del cauce, y la aparición de las primeras avenidas desde 1998). Como consecuencia de esta evolución favorable (Solá et al., 2003), los resultados obtenidos en la primavera del año 2003 mostraron una mejoría importante de estas comunidades. Así, el río ha aumentado de manera importante la diversidad de hábitats, lo que a su vez ha tenido un claro reflejo en las comunidades de macroinvertebrados. La zona que ha presentado una mayor recuperación respecto al año anterior corresponde precisamente al tramo más problemático por la presencia de metales pesados: desde el río Agrío hasta el Puente de las Doblas.

Entre el puente de Aznalcázar y el Vado del Quema, a pesar de la incidencia de vertidos orgánicos, la riqueza de macroinvertebrados en el último año ha sido mayor respecto a la registrada en el 2002, en modo especial en aquellas zonas del cauce con mayor vegetación. La entrada en funcionamiento de las depuradoras puede ser una de las causas de esta mejoría. Por otro lado, en la zona de Entremuros la comunidad de macroinvertebrados es muy parecida a la de años anteriores.

Estos organismos siguen presentando acumulaciones de metales pesados en concentraciones más elevadas que en lugares no afectados por el vertido. A pesar de ello, la situación ha mejorado ostensiblemente, puesto que hay niveles de metales que ya no presentan diferencias con los puntos de control, y en general, las concentraciones medias han disminuido con respecto a años anteriores.

Reptiles

Los reptiles terrestres, por su limitada capacidad de movimiento, han sido uno de los grupos que presentan un mayor retraso en los procesos de recolonización del Corredor Verde (Ontiveros et al., 2003). Es por ello que los resultados de hasta hace un año confirmaban la escasez de estos vertebrados dentro del área afectada, así como la lentitud del proceso de recolonización. Las causas hay que encontrarlas tanto a las perturbaciones provocadas por las propias labores de restauración como a la ausencia casi generalizada de refugios naturales dentro del espacio.

Sin embargo, una vez terminadas las tareas de repoblación, con el menor trasiego de maquinaria, la situación ha cambiado significativamente. En los muestreos realizados durante 2003 en una serie de refugios instalados transversalmente entre el río y zonas limítrofes del corredor, donde existen manchas de bosque mediterráneo bien conservado que actúan como áreas fuente, se han obtenido unos resultados francamente sorprendentes, tanto por el número de individuos, como por la presencia de especies que hasta ahora presentaban una presencia muy limitada. Las principales especies detectadas por orden de abundancia han sido: la lagartija colilarga (*Psammodromus algirus*), el lagarto ocelado (*Lacerta lepida*), la culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*), la salamanesca común (*Tarentola mauritanica*) y la lagartija cenicienta (*Psammodromus hispanicus*).

La situación ha sido diferente en el caso de los reptiles ligados al medio acuático, cuyo proceso de recolonización ha sido mucho más rápido en especies como el galápago leproso (*Mauremys leprosa*) y la culebra viperina (*Natrix maura*), que cuentan con importantes poblaciones a lo largo de todo el río.

Peces

El vertido minero tuvo una incidencia drástica sobre la ictiofauna del cauce afectado, sin embargo se ha producido un efecto de recolonización muy favorable desde las poblaciones localizadas en los tramos de cabecera situados al norte de la balsa minera. La fase de recolonización aun se encuentra en desarrollo con poblaciones cada vez más numerosas, dominadas por el barbo (*Barbus sclateri*), aunque sin haberse alcanzado un óptimo poblacional. La presencia de la boga (*Chodrostoma willkommii*) es más limitada por ser una especie más exigente en cuanto a hábitats de aguas limpias, escasamente alteradas. De las especies introducidas, la más ampliamente distribuida y más abundante en el área afectada es la perca sol (*Lepomis gibbosus*), seguida de la gambusia (*Gambusia holbrooki*), mientras que el black-bass (*Micropterus salmoides*) parece restringirse actualmente a las zonas más próximas a las aguas de cabecera no afectadas por el vertido minero.

Hasta el momento, en la zona afectada, se han capturado un total de 20 especies (Fernández-Delgado et al., 2003), de las que 14 son nativas y 6 introducidas, lo que viene a representar el total de las especies que estaban presentes en el tramo fluvial y un elevado número de las citadas en la zona.

Durante la primavera y verano del 2003 se han capturado un total de 3376 larvas pertenecientes a 9 de las 20 especies que han recolonizado la zona, el escaso nivel de desarrollo larvario observado indica que estos ejemplares capturados han nacido en la propia zona.

Por otro lado, los resultados obtenidos de los análisis efectuados en diferentes tejidos de peces (músculo, branquias, riñón e hígado) reflejan una tendencia decreciente en la concentración de plomo y arsénico, que en los últimos muestreos los sitúa en convergencia con las encontradas en zonas no afectadas por el vertido. Sin embargo, para el cadmio se aprecia, sobre todo en riñón e hígado, un mantenimiento o un ligero ascenso de sus concentraciones.

Mamíferos medianos

La perturbación producida por el vertido y las tareas de limpieza y recuperación también se tradujo en una merma importante de las poblaciones de mamíferos de mediano tamaño. Así, durante los tres primeros años después de la limpieza se procedió a estudiar la distribución de esta categoría de mamíferos, tanto en parcelas del interior como de los extremos sur y norte del Corredor Verde. Las especies prospectadas (Delibes et al., 2003) fueron conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y liebre (*Lepus granatensis*), nueve carnívoros (zorro *Vulpes vulpes*, tejón *Meles meles*, garduña *Martes foina*, turón *Mustela putorius*, nutria *Lutra lutra*, gineta *Genetta genetta*, meloncillo *Herpestes ichneumon*, gato montés *Felis silvestris* y lince ibérico *Lynx pardinus*), y dos ungulados (jabalí *Sus scrofa* y ciervo *Cervus elaphus*). Los resultados de estos estudios permitieron constatar una riqueza de especies inesperadamente alta, sobre todo en las unidades de muestreo más meridionales. Esto puede explicarse por varias razones. Una es la existencia de parches de hábitat forestado que podrían haber servido de refugio para ciertas especies durante la perturbación. La segunda razón es la elevada capacidad de recolonización que tienen algunos mamíferos (como es el caso de la nutria, la cual ha recolonizado la totalidad del Corredor Verde en una fase temprana). Y una tercera, la ausencia de predadores que precisan plantas leñosas para refugiarse como el gato montés o el lince.

Aves

Dado que las comunidades de aves de Doñana representan uno de los más destacados valores naturales de este enclave, desde el principio se incluyeron en el plan de seguimiento de modo que se pudiesen determinar los posibles efectos que sobre sus poblaciones pudiera tener el vertido tóxico. Tanto los datos obtenidos sobre la capacidad de acogida de aves invernantes en las marismas, como los de reproducción señalan que los efectos del vertido sobre las poblaciones de aves de Doñana apenas han tenido incidencia desde el punto de vista de la conservación. En total se han censado alrededor de 140 especies de aves en el Corredor Verde, de las que unas 62 son reproductoras.

Los análisis de sangre realizados (Tella et al., 2003) en las aves acuáticas durante la invernada ponen de manifiesto como la concentración de cobre en sangre tiende a disminuir en todas las especies muestreadas, mientras el arsénico se mantiene por debajo o rozando el límite de detección de los aparatos de medida. Por el contrario, aunque los niveles de zinc y cadmio parecen aumentar en las especies capturadas en la zona de marismas (**Fig. 5**), los niveles que presentan están casi un orden de magnitud por debajo de los que en humanos indican exposición a este metal, y en aves sugieren efectos subletales. El hecho de que en la zona afectada por el vertido, los niveles de plomo sigan siendo bajos, e incluso inferiores a los observados en invernadas anteriores, viene a confirmar que el plomo de las aves acuáticas analizadas no tiene su origen en el vertido sino en otras causas ajenas a éste.



Figura 5. Panorámica de la zona de Entremuros.

Plantas

Las concentraciones metálicas son por lo general más altas en las plantas de las zonas afectadas que en las de las zonas libres del vertido (Murillo et al., 2003), aunque generalmente, este mayor contenido es de un orden de magnitud moderado. En este sentido, el transcurso del tiempo y las actuaciones encaminadas a la recuperación de los suelos dejan notar su efecto, ya que los niveles de concentración están disminuyendo de manera clara. También en la vegetación del espacio protegido se puede apreciar la existencia de un gradiente de concentración residual de metales: el efecto es menor de Norte a Sur, y por otro lado, es menos importante cuanto más lejos del cauce se encuentren.

El seguimiento practicado a la vegetación reforestada pone de manifiesto un comportamiento normal en cuanto a los contenidos de fósforo, nitrógeno y micronutrientes esenciales, lo que sugiere un crecimiento que se ajusta a los patrones naturales. Por otro lado, las concentraciones de metales pesados se sitúan dentro de intervalos moderados; sólo las salicáceas (álamo y sauce) (**Fig. 6**) acumularon cantidades apreciables de cadmio y zinc (aunque no de cobre), que no llegaron en ningún caso a valores extremos (las concentraciones de cadmio en el sauce, la planta que más acumula, no superaron los 10 mg/kg).



Figura 6. Tramo del Guadiamar con bosque de ribera.

Las concentraciones de arsénico y plomo resultaron moderadas en la generalidad de los casos, no superándose, salvo casos muy puntuales, el valor de 1 mg/kg en el caso del arsénico (por debajo del intervalo de fitotoxicidad de 3-10 mg/kg), y dentro del intervalo normal de 2-5 mg/kg en el caso del plomo (muy por debajo del intervalo de fitotoxicidad de 30-300 mg/kg). Las concentraciones de cobre también son razonablemente moderadas en ambas especies, con un máximo primaveral de 23 mg/kg en el álamo, todavía por debajo del intervalo que se considera fitotóxico en plantas superiores (25-40mg/kg).

Referencias

- Arenas, J.M., Martínez, F.R., Mora, A., Montes, C. y Borja, F. 2003. *Ciencia y Restauración del Río Guadiamar. PICOVER 1998-2002*. Secretaría General Técnica. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Arenas, J.M., Montes, C., Borja, F. y Martínez, F. 2003. *Jornadas sobre la Restauración del Río Guadiamar después del vertido minero de Aznalcóllar*. Resúmenes de Ponencias y Conclusiones. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente.
- Calvo de Anta, R. y Macías, F. (dirección) 2004. *Estudio sobre el estado de los suelos del Corredor Verde del Guadiamar*. Convenio de colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Universidad de Santiago de Compostela.
- Delibes, M., Jiménez, B., González, M., Rivilla, J.C. y Narváez, M. 2003. *Informe sobre el seguimiento y evolución de diversas especies de la fauna silvestre del Corredor Verde del Guadiamar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Fernández-Delgado C., González, J.A., Saldaña, T., Arribas, C., Guarnido, P., Martínez R., Fernández-Borlán, A. y Pérez, R. 2003. *Caracterización ecológica de las comunidades de peces en el río Guadiamar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Martínez, F., Mora, A., Sánchez, J.L., Salas, J.M., Cantero J.C., Arenas, J.M. y Álvarez, F. 2003. *Corredor Verde del Guadiamar, del desastre ecológico a la declaración de un nuevo espacio natural protegido*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Montes, C., Borja, F., Arenas, J.M., Fraile, P. y Moreira, J.M. 2000. *Programa de Investigación del Corredor Verde del Guadiamar. PICOVER 1999-2002*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Secretaría General Técnica.
- Montes, C., Serrano, J., Álvarez, F. y Arenas, J.M. 2001. *Corredor Verde del Guadiamar. Abril 1998-Abril 2001*. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente.
- Murillo, J.M., Marañón, T., Moreno, F., Cabrera, F., López, R., Madejón, E. y Madejón, P. 2001. *Convenio de colaboración*

entre la Consejería de Medio Ambiente y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas para el seguimiento de la vegetación en el Corredor Verde del Guadiamar. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Ontiveros, D., Fernández-Cardenete, J.R. y Pleguezuelos, J.M. 2003. *Caracterización, restauración y conservación de las comunidades animales de la cuenca del río Guadiamar: seguimiento del proceso de recolonización de aves y reptiles*. PICOVER 1998-2002. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Peña, R., Guirado, J., Liébanas, G., Murillo, R., Abolafia, J. y Guerrero, P. 2003. *Estudio de seguimiento de la nematofauna en el Corredor Verde del Guadiamar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Sáenz, I., Forja, J.M. y Gómez-Parra, A. *Contaminación por metales pesados en el Estuario del Guadalquivir. Efectos del Accidente minero de Aznalcóllar sobre el medio físico y los organismos marinos*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Cádiz. Cádiz.

Solá, C. y Prat N. 2003. *Programa de seguimiento y monitorización de los ríos Agrío y Guadiamar en el marco del Corredor Verde. Macroinvertebrados, calidad de agua y metales pesados*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Tella, J.L., Baos, R., Jovani, R. e Hiraldo, F. 2003. *Efectos del vertido tóxico de Aznalcóllar sobre la cigüeña blanca, los anseriformes y el milano negro en Doñana*. Convenio de colaboración entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Toja, J., Martín, G., Alcalá, E. y Reyes E. 2003. *Seguimiento de las comunidades de plancton y perifiton del Río Guadiamar*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.