



CAPÍTULO 9

Retos y oportunidades después de la catástrofe ambiental de Aznalcóllar

TEODORO MARAÑÓN

INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES Y AGROBIOLOGÍA DE SEVILLA, CSIC

RESUMEN: la catástrofe ambiental provocada por la rotura de la balsa de residuos mineros de Aznalcóllar fue un gran reto para el medio natural de la cuenca del río Guadamar y para la economía de la zona. La recuperación del accidente también ofreció nuevas oportunidades. En este capítulo se han recogido los principales retos y oportunidades que se discutieron en la mesa redonda final de la jornada del 26 de abril 2018. Entre los retos a corto plazo destacó la recuperación de los suelos contaminados; a largo plazo, se consideró fundamental mantener la vigilancia y el monitoreo de la zona contaminada. Un reto importante es transmitir a los habitantes de la zona afectada que los riesgos de toxicidad, aunque reducidos, siguen presentes. La consolidación del corredor ecológico que conecte Doñana y Sierra Morena es un reto a medio y largo plazo; esta función ecológica debe ser compatible con el uso múltiple del Corredor. Un reto preocupante es la reapertura de la mina, que debe ser compatible con el mantenimiento de la calidad ambiental y el estado favorable de los ecosistemas. Se recordó el reto pendiente: el que ha contaminado, que pague.

La oportunidad más relevante surgida después del accidente minero fue el impulso enorme de la investigación ambiental relacionada con la recuperación de los suelos contaminados por elementos traza, y la evaluación de los efectos de estos elementos sobre plantas y animales. El Corredor Verde del Guadamar ha sido un gran laboratorio natural donde ensayar diversas medidas de recuperación y seguir la dinámica de los contaminantes. La localización privilegiada del río Guadamar brindó la gran oportunidad de conectar las poblaciones aisladas de Doñana con el gran territorio natural de Sierra Morena. Al mismo tiempo, se ha abierto un nuevo espacio natural para actividades recreativas y de ecoturismo. Una oportunidad futura para el complejo minero de Aznalcóllar es el desarrollo de nuevas tecnologías más limpias y sistemas más fiables.

INTRODUCCIÓN

Después de una catástrofe natural, como un terremoto, incendio o inundación, surgen retos que la sociedad debe enfrentar para paliar los daños ambientales y económicos, sin contar con la irrecuperable pérdida de vidas humanas. Estos retos pueden ser sociales, ambientales o económicos. Al mismo tiempo, la catástrofe puede cam-



biar las condiciones primitivas del sistema y abrir nuevas oportunidades durante la recuperación. Estas oportunidades pueden ser ambientales, con la creación de ecosistemas emergentes; sociales, con la revitalización y transformación de comunidades más resilientes; y económicas, con el desarrollo de nuevas tecnologías y nuevas redes de comunicación (Miller y Rivera, 2016).

El objetivo de la gestión del riesgo de desastres es reducir los factores subyacentes de riesgo y preparar una respuesta inmediata en cuanto ocurra el desastre. Las nuevas tecnologías pueden ayudar a prevenir o mitigar los daños causados por los desastres naturales. Por otra parte, los desastres pueden constituirse en oportunidades para construir nuevas y mejores prácticas para el desarrollo, de modo que las comunidades dispongan de mayor resiliencia frente a futuras amenazas (Baas *et al.*, 2009).

En este capítulo se presentan los principales retos a los que se enfrentó la sociedad cuando colapsó la balsa de residuos mineros de Aznalcóllar (en abril 1998) y contaminó con lodos tóxicos unas 4.000 ha de suelos agrícolas y pastizales. También se discuten las nuevas oportunidades que se abrieron como consecuencia de la catástrofe, con la experiencia de los veinte años discurridos desde entonces. Estos retos y oportunidades se debatieron en la mesa redonda que tuvo lugar al final de las *Jornadas de Investigación del XX Aniversario del Accidente Minero de Aznalcóllar* (26 abril 2018) y, a continuación, se recogen las aportaciones más relevantes, los consensos y también las discrepancias.

RETOS

Cómo recuperar los suelos contaminados

El principal reto del *día después* del accidente fue cómo recuperar las casi 4.000 ha cubiertas por aquel lodo negro. Había que actuar con urgencia y con la incertidumbre añadida de no saber exactamente el nivel de toxicidad del vertido y sus posibles efectos sobre la salud humana y los ecosistemas (Quirós, 2020). Los primeros análisis químicos del lodo confirmaron sus niveles elevados de *elementos traza* potencialmente tóxicos, como arsénico, cadmio, mercurio, plomo y talio, que justificaban su retirada inmediata (Cabrera, 2020).

Un reto importante fue la falta de antecedentes en la recuperación a gran escala de suelos contaminados; en palabras de Francisco Cabrera «lo tuvimos que inventar todo». Desde el punto de vista de la química del suelo, la medida más clara fue —después de la remoción de los lodos— la «aplicación de enmiendas; no se podía hacer otra cosa», según Cabrera. Así, siguiendo las recomendaciones de los expertos, se aplicaron enmiendas ricas en carbonato cálcico, en óxidos de hierro y en materia orgánica. Como también suponía un reto científico y de nuevos conocimientos, en paralelo se llevaron a cabo diversos experimentos para estudiar los efectos de las enmiendas sobre la disponibilidad de los elementos traza en el suelo (Cabrera, 2020).

El reto era ganar la carrera contra el tiempo, por lo que la rapidez de actuación fue clave. Se detuvo el avance de las aguas ácidas mediante diques. Se retiraron los

lodos y parte del suelo contaminado antes de la llegada de las lluvias de otoño. Emilio Galán afirmó en la mesa redonda: «sigo admirado con qué velocidad se actuó, para paralizar el vertido, controlarlo, limpiarlo, recuperarlo, etc. Aquello fue magnífico, un ejemplo a seguir».

Dificultad en la comunicación entre Ciencia y Sociedad

Los elementos químicos potencialmente tóxicos, como arsénico, cadmio o plomo, pueden estar presentes en el agua, el suelo, las plantas o los alimentos, pero son invisibles, difíciles de percibir por nuestros sentidos. Sin embargo, sabemos que su ingesta produce efectos adversos sobre la salud y en dosis elevadas pueden ser mortales; se estima que cada año mueren unas quinientas mil personas en el mundo por causas de la contaminación por metales pesados (Landrigan *et al.*, 2018).

Paula Madejón destacó la dificultad en la transmisión de los resultados científicos a la sociedad. Los habitantes de los pueblos vecinos no entienden por qué un espacio recuperado como el Corredor Verde, con una vegetación exuberante (veinte años después del accidente minero), no puede aprovecharse para usos ganaderos, ni se deben consumir alimentos procedentes de esa zona, como gráficamente lo expresó Francisco Cabrera: «el Corredor Verde está tan verde que nadie puede imaginar lo que hay por debajo». No es fácil convencer a los vecinos de que los niveles de arsénico, cadmio y plomo siguen siendo relativamente altos en suelo, plantas y animales, y que se debe continuar con las medidas cautelares de prevención (Madejón *et al.*, 2020a).

Un reto diferente de (in)comunicación es la necesaria transferencia de resultados científicos —generalmente publicados en revistas en inglés de difusión limitada— a los gestores que puedan aplicarlos y, en general, a la sociedad. Otra cuestión diferente es que ya se disponga de la información pertinente y que se transfiera por varios medios a las autoridades competentes, pero no se actúe en consonancia por falta de voluntad política o por presiones económicas, como alertó Irene Mendoza. De hecho, en el caso de la balsa siniestrada, se contaba con información abundante sobre las filtraciones y el riesgo de inestabilidad que suponía, por lo que se enviaron informes a instancias judiciales y políticas pero no se tuvieron en cuenta, y el accidente anunciado terminó ocurriendo (Martínez, 2008; Ferrer, 2020). Con un cierto fatalismo, se lamentó Francisco Cabrera: «para que te hagan caso, tiene que ocurrir una catástrofe».

Para superar este reto y que la información científica sea efectiva es fundamental, según Miguel Ferrer, «aliarse con la prensa». Ferrer defendió la importancia que tiene la transferencia del conocimiento: «la divulgación de la Ciencia no es solo poner en valor nuestro trabajo, sino que, además, nos convierte en una sociedad más libre y crítica», y terminó especulando que «si no hubiera sido por los medios de comunicación, jamás se habría limpiado el Guadiamar».

Mantener la vigilancia y el monitoreo de la zona contaminada

La aplicación de la «recuperación natural asistida» en los suelos afectados por el vertido ha conseguido superar el reto de la catástrofe con éxito. Siempre teniendo en

cuenta que los elementos traza no se eliminan, como advertía Francisco Cabrera «posiblemente la solución no es total. Los suelos siguen contaminados, pero por lo menos los tenemos estabilizados». Esta persistencia de la contaminación potencial justifica la necesidad de un monitoreo periódico de los elementos traza en el sistema, que sería la tercera fase obligatoria de un proceso de fitorrecuperación (Madejón *et al.*, 2020b).

A pesar del éxito general en la recuperación de los suelos (que todo el mundo admitió), siguen existiendo zonas puntuales como las orillas del río y parches de suelo desnudo cerca de la mina (unas 200 ha) donde la contaminación de arsénico, plomo y otros elementos traza es elevada (Martín Peinado *et al.*, 2015; Domínguez *et al.*, 2016). Cuando se publicaron estos datos científicos objetivos, el Consejero de Medio Ambiente admitió «que en algún punto haya contaminación es posible, y vamos a actuar en esos puntos» (EP, 2016). Unos de los retos pendientes, veinte años después del accidente, es precisamente «finalizar la restauración del Guadiamar en las zonas afectadas por contaminación residual grave», como propuso Francisco Martín Peinado. Ferrer añadió otros dos retos pendientes: el retranqueo del río en el borde de la balsa y la conversión del nuevo espacio protegido en un corredor funcional. Desde la perspectiva de la Administración, Francisco Quirós reconoció que las mismas jornadas representaban una oportunidad para reactivar el tema y completar las tareas de restauración pendientes, dentro de lo posible.

Consolidar el corredor ecológico

En estos veinte años se han superado los retos a corto plazo de la catástrofe ambiental mediante la limpieza y recuperación de los suelos contaminados. Además, se ha creado un nuevo espacio natural que conecta Doñana con Sierra Morena. El reto de la conectividad ecológica es clave para que este nuevo espacio natural realmente funcione como un *corredor verde*, formando parte de una red más amplia. En palabras de Alejandro Rodríguez, el reto es «lograr que el Corredor Verde del Guadiamar sea funcional para la conservación de la biodiversidad en el paisaje agrícola del valle del Guadiamar y que, junto con la conservación de otros elementos estructurales del paisaje, mejore la conectividad entre ecosistemas forestales a escala regional para organismos dependientes de la vegetación leñosa».

El reto a largo plazo en la gestión del nuevo espacio natural consiste, según Francisco Quirós, en «consolidar el corredor ecológico para la conservación de la biodiversidad con la potenciación de los servicios ecosistémicos, especialmente los de regulación y culturales» (Quirós, 2020). Es decir, combinar su función de conservación en una zona especialmente rica en biodiversidad con la provisión de servicios que contribuyen al bienestar humano (Domínguez, 2020).

Conflictos en el uso múltiple

La expropiación de las tierras afectadas por la Administración representó una oportunidad para los gestores: «La oportunidad que se brinda de que casi la totalidad del Corredor Verde sea de titularidad pública, facilita en gran parte la gestión de este

espacio natural, en donde habrá que compaginar el uso público, el servicio al ciudadano, la educación ambiental, con la conservación y recuperación de su biodiversidad» (Serrano y Molina, 1998).

El reto actual de la gestión es precisamente regular el uso múltiple del espacio natural y solucionar los posibles conflictos que surjan. Alejandro Rodríguez defendió que se debe «mantener la prioridad del espacio protegido para conservar procesos ecológicos a escala local y de paisaje en un contexto hostil». Entre las condiciones adversas que dificultan la funcionalidad de esa conectividad ecológica, Rodríguez identificó la intensificación de la agricultura en el entorno del corredor, la creciente actividad recreativa, la falta de regulación y control de ganado y la reanudación de la actividad minera. Según Rodríguez (2020), la actividad humana en el corredor debe regularse para garantizar que cumpla su función de conector regional para la biodiversidad.

El que ha contaminado, que pague

La Ley de Responsabilidad Medioambiental de 2007 establece el principio «quien contamina paga». Para María Teresa Domínguez, el reto es que se cumpla ese principio y que la empresa Boliden pague los gastos de restauración de la zona afectada por el vertido. Sin embargo, hasta la fecha esto no ha sido posible por varias razones: la legislación ambiental en 1998 era más laxa, la empresa Boliden clausuró la mina, cerró su filial española, y todavía está pendiente de resolver una reclamación judicial de casi noventa millones de euros por parte de la Junta de Andalucía (Planelles *et al.*, 2018). Según María Teresa Domínguez, la explotación minera de Aznalcóllar sería «un ejemplo de actividad que produce beneficios privados y externalidades (negativas) públicas».

Compatibilizar minería y medio ambiente

El cierre de la actividad minera de Aznalcóllar como consecuencia indirecta del vertido tuvo un impacto importante en la sociedad y la economía de la zona. Por otra parte, la creciente demanda global de metales ha aumentado el valor de los recursos mineros. El yacimiento de Aznalcóllar se estima en unos ochenta millones de toneladas de sulfuros polimetálicos (cobre, plomo y zinc, además de oro y plata); «probablemente unos de los mejores lugares del mundo para obtener metales», comentó José Antonio González. Varios asistentes a las jornadas coincidieron en que un reto importante, actual y futuro, es hacer compatible la explotación de esos recursos mineros —es decir, los intereses económicos y sociales de los habitantes de la zona— con el mantenimiento de unos niveles aceptables de salud y calidad ambiental.

Para Cinta Barba el reto es que, antes de emprender cualquier actividad minera, se evalúen los riesgos ambientales y geológicos por un comité científico de expertos que sea ajeno a la Administración y a la empresa, lo que debería considerarse una medida preventiva obligatoria. Varios asistentes coincidieron en ese reto que la legislación y las políticas preventivas deben impedir que se vuelva a producir una catástrofe semejante. María del Carmen Florido remarcó la importancia de las in-

fraestructuras de prevención; por ejemplo, muros dobles de contención que impedirían el vertido en caso de rotura de la balsa. Aunque Miguel Ferrer fue tajante —«prohibiría la tecnología industrial que genera balsas de este tipo»—, añadió que hay más de cien balsas de residuos (algunas con cianuro) distribuidas por la *Faja Pirítica* que son bombas de relojería. Sin embargo, en el análisis de riesgos ambientales de esas balsas habría que tener en cuenta la «vulnerabilidad del sistema», como señaló Rafael Cuevas; no es lo mismo que las aguas viertan a Doñana que al río Tinto.

Ante el reto de la reapertura de la mina, Julia Toja propuso que se formara un equipo de científicos para realizar una evaluación ambiental continuada, con un sistema de alerta temprana, y así poder verificar si la actividad minera es limpia. Como herramienta de control, Enrique Fernández propuso el establecimiento de un sistema de monitorización de riesgos ambientales mediante una red de sensores y registradores automáticos de datos que proporcionara en tiempo real información fiable y objetiva sobre el estado de las aguas, el aire y los ecosistemas en el entorno de la mina. Si se abre la mina, hay que controlar en todo momento lo que se está haciendo —exigió Emilio Galán— y que los gastos que acarrea su control lo pague la empresa explotadora de la mina. Ferrer comentó que hay que reconocer la importancia que supone el nivel de conocimiento adquirido a raíz del accidente de Aznalcóllar: «somos líderes mundiales» en estudios sobre los efectos que pueda tener la contaminación metálica en seres vivos, así como en las actuaciones y consecuencias de accidentes mineros.



Figura 9.1. Ponentes de la mesa redonda del 26 de abril 2018. Desde la izquierda: Teodoro Marañón (moderador), Miguel Ferrer, Emilio Galán, Paula Madejón, Francisco Cabrera, María Teresa Domínguez y Francisco Quirós.

No todos estaban conformes con la idoneidad de la reapertura de la mina. El reto para Miguel Medialdea era «definir qué Doñana queremos y cuáles van a ser los instrumentos, desde el ámbito de la gobernanza del territorio, para garantizar su supervivencia a medio y largo plazo». Según Medialdea, «la práctica minera a cielo abierto junto a una de las vías de agua que drenan en las marismas» es una amenaza potencial para Doñana, que no debería permitirse nunca por precaución.

OPORTUNIDADES

Impulso a la investigación ambiental sobre elementos traza

La actuación de la Administración pública para recuperar la zona afectada por la catástrofe necesitaba de una base científica sólida, y, por tanto, financió un programa de investigación de gran envergadura, en el que participaron casi trescientos investigadores y profesores, con un presupuesto aproximado de 4.800.000 euros (CMA, 2000). Se abrió así una oportunidad única para avanzar en el conocimiento con «el programa de investigación multidisciplinar aplicada más importante y de mayor alcance que se haya establecido en España para abordar desde una perspectiva científica un problema ambiental y social» (Montes y Borja, 2000).

Durante la mesa redonda, Emilio Galán insistió en esas oportunidades para la investigación: «se abrieron muchísimas líneas de trabajo y proyectos de investigación; gracias a ellos se tiene ahora un cuerpo de conocimientos que entonces no se tenía». «Si no hubiera ocurrido el accidente, estaríamos todavía discutiendo qué son los valores de fondo y qué son los niveles genéricos de referencia.» Previamente, Galán había explicado en su ponencia los avances para establecer criterios y estándares de contaminación del suelo a raíz del vertido y por encargo de las diferentes Administraciones (Galán *et al.*, 2020). Sin embargo, Martín Peinado lamentó que la sinergia que había existido al principio entre Ciencia y Administración se perdiera en algunos aspectos. Galán puso como ejemplo que los protocolos desarrollados para declarar un suelo *contaminado* –basados en programas con parámetros reales– que fueron financiados por la Junta de Andalucía (véase Galán *et al.*, 2020) no se han tenido en cuenta en la nueva legislación regional sobre suelos contaminados (CMAYOT, 2015). En este caso se trataría de una oportunidad perdida de colaboración entre Ciencia y Administración.

Mirando al futuro, Galán destacó la oportunidad que ha representado la investigación ambiental en el Guadiamar: «hemos preparado equipos enteros para que puedan seguir investigando estos temas en el futuro. Eso es una gran oportunidad, de cara al presente y al futuro».

Laboratorio para ensayar a gran escala la recuperación de suelos contaminados

El Corredor Verde del Guadiamar ha representado un gran laboratorio donde evaluar las diferentes medidas aplicadas para recuperar los suelos contaminados. La experiencia adquirida en los numerosos estudios realizados durante los veinte años

después del accidente tiene un gran valor científico como se puede comprobar en la revisión de Madejón *et al.* (2018a). Muchos de sus resultados son aplicables y ayudarán a los investigadores y gestores que se enfrenten a retos semejantes en otras zonas.

La recuperación del Guadiamar ha tenido relevancia científica internacional. Por ejemplo, es uno de los diecisiete estudios de caso del proyecto europeo RECARE sobre prevención y recuperación de suelos degradados. Uno de los resultados del citado proyecto se recoge en el número especial de la revista *Catena* titulado «Testando la conservación de suelos», donde figura el artículo sobre la recuperación de suelos del Guadiamar (Madejón *et al.*, 2018b). También es relevante el artículo colectivo sobre la evaluación de los servicios ecosistémicos asociados al suelo (Schwilch *et al.*, 2018), en el que se incluyen algunos ejemplos del Guadiamar.

Una oportunidad pendiente sería, según María Teresa Domínguez, crear una infraestructura de investigación a largo plazo en el Corredor Verde del Guadiamar. Que contara con un repositorio de los datos generados, colecciones de muestras de suelos y una financiación continuada de la investigación. En el futuro podría integrarse en la red europea LTER (del inglés, *Long Term Ecological Research*) de emplazamientos donde se realiza investigación ecológica a largo plazo (Haase *et al.*, 2016).

Creación del corredor ecológico

Desde el principio los naturalistas y gestores consideraron en términos de oportunidad lo que supondría dar una respuesta integral al vertido de Aznalcóllar: «el accidente minero va a posibilitar la reconstrucción y recuperación de un río degradado y desarticulado» (Serrano y Molina, 1998). De hecho, el río Guadiamar en su tramo medio estaba bastante deteriorado en sus aspectos ambientales debido a la presión agrícola y a los vertidos urbanos. La creación de un Corredor Verde ocupando la zona afectada supondría, por tanto, recuperar la funcionalidad perdida de los sistemas fluvial y aluvial y, sobre todo, serviría de conexión o corredor entre las poblaciones de fauna de Doñana (condenadas al aislamiento) y las de Sierra Morena. En la mesa redonda, Francisco Quirós recalcó que el plan de restauración después de la catástrofe tuvo «un objetivo mucho más ambicioso, creando un espacio natural donde no lo había».

Un espacio recuperado para actividades recreativas y uso múltiple

La creación del «paisaje protegido» abre la oportunidad de un nuevo espacio para actividades recreativas en el territorio. Paula Madejón señaló que «también puede ser una oportunidad de negocio» para empresas que desarrollen turismo de naturaleza en la zona (senderismo, paseos a caballo, travesías del río en *kayak*, observación de aves, etc.).

Aunque sin olvidar que las actividades humanas en el espacio natural pueden interferir con la conectividad ecológica y la conservación de la biodiversidad, por tanto deben regularizarse (Rodríguez, 2020). Medialdea insistió en la gran oportunidad de alcanzar un equilibrio real entre desarrollo y conservación sin que lo pri-

Tabla 9.1. Participantes en la mesa redonda (ponentes y asistentes) que han contribuido al debate sobre los retos y oportunidades después de la catástrofe minera de Aznalcóllar

Participantes	Institución
<i>Ponentes</i>	
Emilio Galán	Universidad de Sevilla
Francisco Cabrera	IRNAS, CSIC
Francisco Quirós Herruzo	Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía
María Teresa Domínguez	Universidad de Sevilla
Miguel Ferrer	EBD, CSIC
Paula Madejón	IRNAS, CSIC
<i>Asistentes</i>	
Alejandro Rodríguez	EBD, CSIC
Carmen M. Navarro	IRNAS, CSIC
Cinta Barba	Universidad de Sevilla
Francisco J. Martín Peinado	Universidad de Granada
Irene Mendoza	Estación Biológica de Doñana, CSIC
Joaquín J. Quirós Priego	Delegación del CSIC en Andalucía
José Antonio González	IRNAS, CSIC
José Enrique Fernández	IRNAS, CSIC
Juan Miguel Medialdea	Veta La Palma
Julia Toja	Universidad de Sevilla
Margarita Ibáñez	Consejería de la Presidencia y Administración Local, Junta de Andalucía
María del Carmen Florido	Universidad de Sevilla
Marta Gil Martínez	IRNAS, CSIC
Rafael Cuevas	Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía
<i>Moderador</i>	
Teodoro Marañón	IRNAS, CSIC

mero constituya una seria amenaza para lo segundo. Propuso explorar nuevas alternativas económicas para los habitantes de la zona que no sean actividades de gran impacto.

Desarrollar una minería más limpia

Ya se ha mencionado que hacer compatible la explotación minera con la calidad ambiental del entorno es un reto importante. En ese aspecto, el accidente de Aznalcóllar fue un mal precedente por negligencia y malas prácticas. Sin embargo, esa experiencia negativa también puede representar una oportunidad. Según Miguel Ferrer, «la oportunidad es desarrollar una minería más limpia». Después de la catástrofe, la reapertura de la mina estará sometida a una estricta vigilancia ambiental y una constante presión social. La nueva empresa adjudicataria, Minera Los Frailes, asegura que su método es el más adecuado para minimizar la huella ambiental y la generación de residuos (Pérez Ávila, 2018). La experiencia del accidente debe servir como estímulo para el desarrollo de técnicas alternativas de tratamiento del mineral que eviten nuevas catástrofes ambientales. Ferrer puntualizó que solo si hay explotación minera y se genera riqueza se podrán desarrollar tecnologías más limpias y sistemas más fiables, sin balsas de residuos.

La trascendencia del accidente de Aznalcóllar puede convertirse en una oportunidad para el lugar. Se podrían desarrollar nuevas actividades económicas sobre la base de una minería más limpia, propia del siglo XXI. Según Marta Gil, se podría crear «un museo de interés turístico en el que se recuerde lo que pasó, para concienciar a la población».

Una propuesta más ambiciosa es la de Joaquín J. Quirós Priego: crear un Instituto de Investigación de Minería Sostenible (liderado por el CSIC) que desarrolle, por un lado, técnicas de minería más limpias y respetuosas con el medio, aprovechando las instalaciones de la mina, y, por otro, técnicas de regeneración de terrenos afectados por la actividad minera, aprovechando el Corredor Verde.

AGRADECIMIENTOS

Durante la preparación de este capítulo he recibido financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (proyecto INTARSU, CGL2017-82254-R). Gracias a los ponentes y asistentes a la mesa redonda por sus ideas y reflexiones; gracias a Paula Madejón, Francisco Cabrera, Marta Gil y Carmen Navarro por sus comentarios y sugerencias sobre versiones previas del capítulo.

Bibliografía

BAAS, S., RAMASAMY, S., PRYCK, J. D. DE y BATTISTA, F.: *Análisis de sistemas de gestión del riesgo de desastres. Una guía*. Roma. FAO, 2009.

- CABRERA, F.: «Recuperación de los suelos afectados por el accidente minero de Aznalcóllar. Veinte años de estudios», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar*, Madrid, CSIC, 2020, pp. 39-69.
- CMA. *Programa de Investigación del Corredor Verde del Guadamar PICOVER. 1999-2002. Integrando investigación, conservación y desarrollo*. Sevilla. Consejería de Medio Ambiente, 2000.
- CMAYOT. «Reglamento que regula el régimen aplicable a los suelos contaminados», *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 38 (2015), pp. 31-64.
- DOMÍNGUEZ, M. T.: «Restauración y servicios ecosistémicos del Corredor Verde del Guadamar», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar*, Madrid, CSIC, 2020, pp. 131-149.
- DOMÍNGUEZ, M. T. *et al.*: «River banks and channels as hotspots of soil pollution after large-scale remediation of a river basin», *Geoderma*, 261 (2016), pp. 133-140.
- EP. *La Junta actuará en los puntos del Guadamar con alta contaminación*, Europa Press, 7 enero 2016.
- FERRER, M. «Aznalcóllar, veinte años aprendiendo», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar*, Madrid, CSIC, 2020, pp. 23-37.
- GALÁN, E. *et al.*: «Criterios para el diagnóstico y control de suelos contaminados por elementos traza. Aplicación a suelos del Guadamar», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar*, Madrid, CSIC, 2020, pp. 71-86.
- HAASE, P. *et al.*: «The long-term ecological research (LTER) network. Relevance, current status, future perspective and examples from marine, freshwater and terrestrial long-term observation», *Ecological Indicators*, 65 (2016), pp. 1-3.
- LANDRIGAN, P. J. *et al.*: «The Lancet Commission on pollution and health», *Lancet*, 391 (2018), pp. 462-512.
- MADEJÓN, P. *et al.*: «Soil-plant relationships and contamination by trace elements. A review of twenty years of experimentation and monitoring after the Aznalcóllar (SW Spain) mine accident», *Science of the Total Environment*, 625 (2018a), pp. 50-63.
- MADEJÓN, P. *et al.*: «Evaluation of amendment addition and tree planting as measures to remediate contaminated soils: the Guadamar case study (SW Spain)», *Catena*, 166 (2018b), pp. 34-43.
- MADEJÓN, P., GIL-MARTÍNEZ, M. y MARAÑÓN, T.: «Fitorrecuperación de suelos contaminados en el Corredor Verde del Guadamar», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar*, Madrid, CSIC, 2020b, pp. 87-106.
- MADEJÓN, P., MADEJÓN, E., DOMÍNGUEZ, M. T. y MURILLO, J. M.: «Riesgos para la cadena trófica en el Corredor Verde del Guadamar», en MADEJÓN, P. y MARAÑÓN, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadamar*, Madrid, Editorial CSIC, 2020a, pp. 107-129.
- MARTÍN PEINADO, F. J. *et al.*: «Long-term contamination in a recovered area affected by a mining spill», *Science of Total Environment*, 514 (2015), pp. 219-223.
- MARTÍNEZ, A. «La catástrofe de Aznalcóllar se pudo evitar y puede repetirse», *Diario de Sevilla*, 21 abril 2008.

- MILLER, D. S. y RIVERA, J. D.: *Community disaster recovery and resiliency. Exploring global opportunities and challenges*, CRC Press, 2016.
- MONTES, C. y BORJA, F.: «El Corredor Verde del Guadiamar. Un flujo de oportunidades», *Revista Medio Ambiente*, 34 (2000), pp. 36-37.
- PÉREZ ÁVILA, F.: «La mina de Aznalcóllar reabrirá en 2019 y estará activa durante 25 años», *Diario de Sevilla*, 25 abril 2018.
- PLANELLES, M., AUNIÓN, J. A. y MORA, A. J.: «Cuando el que contamina no paga», *El País*, 22 abril 2018.
- QUIRÓS, F.: «Veinte años no es nada, y sin embargo se ha hecho mucho», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadiamar*, Madrid, CSIC, 2020, pp. 175-188.
- RODRÍGUEZ, A.: «Conectividad ecológica del agrosistema del Guadiamar», en: Madejón, P., Marañón, T. (coords.), *Recuperación de suelos y provisión de servicios ecosistémicos en el Corredor Verde del Guadiamar*, Madrid, CSIC, 2020, pp. 151-174.
- SERRANO, J. y MOLINA, F.: «El Corredor Verde del Guadiamar. La conexión de la sierra con la marisma», *Revista Medio Ambiente*, 29 (1998), pp. 16-24.
- SCHWILCH, G. *et al.*: «Assessing impacts of soil management measures on Ecosystem Services», *Sustainability*, 10 (2018), 4416.