

## Presentación

**E**L Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es la principal institución pública dedicada a la investigación en España, y una de las más relevantes en Europa. Cuenta con ciento veinte Centros de Investigación repartidos por las diferentes Comunidades Autónomas, y más de once mil personas dedicadas no solo a investigar, sino también a gestionar la investigación, difundirla, y transferirla. Según su Estatuto (artículo 4), tiene como misión «el fomento, coordinación, desarrollo y difusión de la investigación científica y tecnológica, de carácter pluridisciplinar, con el fin de contribuir al avance del conocimiento y al desarrollo económico, social y cultural, así como a la formación de personal y al asesoramiento de entidades públicas y privadas en esta materia». Para cumplir el objetivo de desarrollar y promover investigaciones en beneficio del progreso científico y tecnológico, el CSIC está también abierto a la colaboración con otras entidades españolas y extranjeras.

El conocimiento y experiencia que atesora la plantilla investigadora y técnica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que abarca prácticamente todas las áreas del conocimiento, le confiere la capacidad de movilizar los efectivos humanos necesarios cuando la sociedad demanda atención ante un problema determinado, que requiera estudios científicos de alto nivel. Todas las personas que nos dedicamos a la investigación científica nos hemos visto alguna vez cuestionados por las personas de nuestro entorno, con la frase «¿para qué sirve tu investigación?». Quizás después de leer las páginas de este libro, todos entiendan mucho mejor que el trabajo esforzado, continuo, muchas veces silencioso y, otras, poco valorado, de la plantilla del CSIC es la mejor garantía de tener una respuesta a los retos de nuestra sociedad, como se ha podido observar ante circunstancias acaecidas en diferentes momentos de nuestra historia reciente. Como ejemplo se puede recordar la investigación llevada a cabo por personal del CSIC en episodios tan tristes como el del síndrome por aceite desnaturalizado de semillas, vendido para el consumo humano a principio de la década de los años ochenta del pasado siglo XX; en la catástrofe del Prestige, a principios de este siglo XXI; o en el curioso caso de los «aerolitos» que cayeron en

diferentes puntos de España en enero de 2000. El CSIC también es referente en estudios más cotidianos y menos anecdóticos, y así, por ejemplo, desde uno de sus Centros se da soporte científico-técnico al sector de la construcción a través de sus servicios de asistencia técnica y sus trabajos de certificación y acreditación de materiales, productos y sistemas para la construcción y la edificación. También se puede destacar la colaboración de personal investigador del CSIC en la elaboración, durante muchos años, del Ecobarómetro de Andalucía, con el objetivo de analizar la percepción, el comportamiento y la actitud de la ciudadanía en materia de medio ambiente y su evolución con el paso del tiempo, análisis que permite desarrollar políticas ambientales alineadas con los aspectos que más preocupan a la ciudadanía.

El libro que tenemos entre las manos, en el que también colabora personal investigador de otras instituciones como la Universidad de Sevilla, es también un claro ejemplo de esta respuesta del personal científico ante una necesidad de la sociedad. Las investigaciones desarrolladas por un grupo de investigadores de algunos de nuestros Centros, a lo largo de sus carreras científicas, les situaron en una posición ideal para dar una respuesta inmediata a la catástrofe medioambiental y socioeconómica que supuso la rotura del dique de contención de una balsa de residuos de la mina de los Frailes, en las proximidades de Aznalcóllar la madrugada del 25 de abril de 1998. Como se expone en los diferentes capítulos de este libro, las investigaciones realizadas han servido no solo para recuperar la zona del accidente y hacer un seguimiento de los niveles de contaminación que siguen persistiendo en la zona, sino también para diseñar y ensayar estrategias de remediación de contaminación por metales, aplicables a otros espacios contaminados.

Los estudios no pueden concluirse en este punto. Las sales metálicas inorgánicas que contaminaron los suelos del entorno de la balsa no se eliminan de forma natural, como podrían hacerlo los contaminantes orgánicos que afectaron, por ejemplo, las costas gallegas en el accidente del Prestige, sino que permanecen en el suelo, por lo que es necesaria su eliminación, bien por remoción (retirando físicamente la zona del suelo que las contiene, como se hizo en los días inmediatamente posteriores al accidente), o por inmovilización o fitorrecuperación (mediante uso de plantas y microorganismos asociados para rehabilitar suelos contaminados). Es preciso seguir trabajando en este entorno contaminado —ahora un corredor verde— que alberga una rica flora, gracias a los cuidados y esfuerzos por parte de las Administraciones Públicas, que supieron atender el asesoramiento del personal investigador, pero que aún muestra unos niveles de contaminación por metales que obliga a mantener una atención continua para que no se altere el equilibrio que mantiene a estos elementos en una situación de baja biodisponibilidad, con lo que se impide su incorporación a la cadena trófica.

Este reto, veinte años después, consiste no solo en evitar que puedan repetirse catástrofes de esta índole, sino también en permanecer alerta vigilante de los efectos a largo plazo. El CSIC, como siempre, está dispuesto a poner su saber y capacidades al servicio de las necesidades de la Sociedad.

MARGARITA PANEQUE SOSA  
Delegada Institucional del CSIC  
en Andalucía y Extremadura

El Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC) se encuentra en las proximidades del Parque Nacional de Doñana. No es de extrañar, pues, que entre los objetivos científicos de nuestros investigadores haya destacado el seguimiento y evaluación de posibles contaminantes que llegaban al Parque arrastrados por las aguas de los ríos Agrio y Guadiamar. Los cauces de ambos ríos, que no solo acogen a poblaciones e industrias –con sus correspondientes vertidos de aguas no siempre depuradas– han sido objeto, además, de actividades mineras y metalúrgicas que se han desarrollado durante siglos para la explotación del *Cinturón Ibérico de Piritas* sobre el que se asientan. Pablo Arambarri y Francisco Cabrera figuran entre los primeros investigadores del IRNAS que analizaron, desde 1978, concentraciones de metales pesados en las aguas, sedimentos, suelos y plantas de los ríos Agrio y Guadiamar, resultados que dieron lugar a diversas publicaciones. Le siguieron José Manuel Murillo, Encarnación Díaz, Luis Clemente y otros quienes generaron, igualmente, una notable producción científica. La rotura del dique de contención de una balsa de residuos de la mina de los Frailes, próxima a Aznalcóllar, en la madrugada del 25 de abril de 1998, produjo una catástrofe socioeconómica y ecológica sin precedentes en la zona. Ante tal situación, los investigadores del grupo SoilPlant del IRNAS incrementaron su dedicación a estudios que facilitarían una base científica sólida para la recuperación de los terrenos y aguas afectadas. Su responsable, Francisco Cabrera, resume en el capítulo 2 los estudios realizados por el grupo en las primeras dos décadas tras el accidente minero. El lector interesado puede consultar una revisión sobre este tema publicada recientemente por los investigadores de este grupo en *Science of the Total Environment*. En el capítulo 4, Paula Madejón, Marta Gil-Martínez y Teodoro Marañón explican las técnicas de fitoestabilización que diseñaron para la inmovilización de elementos traza en el suelo contaminado por el vertido que produjo la rotura de la balsa, y el seguimiento de dichos elementos en zonas del suelo donde la retirada de los lodos contaminados fue menos efectiva. Finalmente, en el capítulo 5, Paula y Engracia Madejón, M.<sup>a</sup> Teresa Domínguez y José Manuel Murillo analizan los riesgos que los elementos traza –aún presentes en la zona– poseen al ingerirse por animales como caballos o caracoles, o asimilados por las especies comestibles de setas que crecen en la zona, y que de ahí pasen a la alimentación humana. Todos estos estudios ponen de manifiesto los beneficios de la ingente labor de limpieza y recuperación de los suelos afectados por el vertido, a la vez que alertan sobre la necesidad de monitorizar la evolución de zonas –afortunadamente reducidas– en las que persisten niveles altos de contaminación, así como de evitar que los contaminantes se incorporen a la cadena trófica, con el consiguiente riesgo para consumo humano. Los capítulos mencionados reflejan, en suma, la aportación del IRNAS a un reto social de elevado impacto como fue la contaminación producida por el accidente minero de Aznalcóllar, e ilustran la utilidad de la actividad científica para la solución de problemas que afectan a la Sociedad.

JOSÉ ENRIQUE FERNÁNDEZ LUQUE  
Director del Instituto de Recursos Naturales  
y Agrobiología de Sevilla, IRNAS-CSIC

El accidente que ocurrió en abril de 1998 en las minas de Aznalcóllar podría producirse en cualquier explotación minera. De las grandes catástrofes siempre se aprende, y del desastre ecológico que supuso la rotura de la balsa de lodos tóxicos de Aznalcóllar se aprendieron numerosas «lecciones», como se pone claramente de manifiesto en los nueve capítulos del libro que se presenta a continuación. Sobre todo, se aprendió a vigilar más y mejor una explotación minera para que cumpliera con toda la legislación ambiental existente en Andalucía, en el resto del territorio nacional y en Europa. También se comenzó a conceder los permisos de explotación solo y exclusivamente cuando exista garantía de que la actividad minera no ofrece ningún tipo de peligro para los distintos ecosistemas en los que se ubica, ni para la población que directa o indirectamente se ve afectada.

A raíz de este desastre se organizó una intensa labor de investigación que fue financiada por distintas Administraciones. Se desarrollaron tres líneas de actuación: el Programa de Seguimiento de la Contaminación del Cauce y Mina, coordinado por la Administración del Estado, el Plan de Seguimiento de la Calidad Ambiental, a cargo de la Junta de Andalucía, y el Programa de Investigación del Corredor Verde (PICOVER) realizado por varios Centros de investigación y financiado por la Consejería de Medio Ambiente, además de diversos planes de investigación autonómicos, nacionales y europeos. Un ejemplo del gran trabajo de investigación realizado queda reflejado en los capítulos del libro que se presenta, donde se abarca desde las acciones llevadas a cabo para valorar y recuperar suelos y ecosistemas afectados, hasta la valoración de los logros alcanzados y los retos futuros.

Hay que tener en cuenta que solo el PICOVER contó con la participación de diecisiete universidades españolas y once Centros del CSIC. Se firmaron veinte convenios y cincuenta proyectos de investigación en los que participaron doscientos profesores e investigadores, y ochenta becarios. Fue un programa extraordinario, no antes proyectado por la Administración. Se extendió desde 1999 a 2002, y solo la Consejería de Medio Ambiente contribuyó con más de 4,8 millones de euros. En concreto, dentro de la Universidad de Sevilla participaron grupos de los siguientes departamentos: Antropología Social, Biología Celular, Biología Vegetal y Ecología, Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Geografía Humana, Historia Antigua, Microbiología y Parasitología, Prehistoria y Arqueología así como Teoría Económica y Economía Política.

Para mí es un honor participar en la presentación del libro, además de por la calidad del contenido científico, para destacar la labor realizada por el grupo de trabajo Mineralogía Aplicada de la Universidad de Sevilla, y en concreto por la magnífica coordinación y dirección de todos los trabajos realizados por Emilio Galán, mi maestro y profesor durante cuarenta años (fallecido el 29 enero 2019). Permittedme que desglose su importante aportación al «Estudio de suelos contaminados», junto al Grupo Análisis Medioambiental de la Universidad de Huelva. Realizó la evaluación de la contaminación y la evolución temporal de los elementos traza en la cuenca del Guadiamar trabajando en los proyectos titulados. «Evaluación de la contaminación por elementos traza (As, Cd, Cu, Pb y Zn) de una parte de la cuenca del río Guadiamar como referencia para la posible declaración como suelo contaminado» (1999-2001), y «Estudio de la contaminación provocada por residuos (As, Cd, Pb, Cu y Zn) en el Sector Norte de la cuenca del río Guadiamar

afectada por la rotura de la balsa de Aznalcóllar y evaluación de su estabilidad temporal» (2004-2007 y 2009).

Pero la labor más importante del Profesor Galán fue su contribución para establecer los criterios para controlar y valorar la contaminación de suelos por elementos traza. A raíz del accidente de Aznalcóllar, la Consejería de Medio Ambiente, al igual que el Ministerio de Medio Ambiente, tomaron conciencia de que no contaban con los instrumentos necesarios para evaluar cuándo un suelo estaba contaminado. Ese mismo año, 1998, la Consejería encargó a cuatro grupos de trabajo (dos de la Universidad de Granada, uno de la Universidad de Huelva y otro de la Universidad de Sevilla) un Informe bibliográfico sobre suelos contaminados titulado: «Los criterios y estándares para declarar un suelo como contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación». En este informe se presentaron por primera vez los métodos y técnicas apropiadas para el muestreo y análisis de los suelos potencialmente contaminados, una revisión a nivel mundial de los valores característicos de elementos traza en suelos, una aproximación metodológica para la declaración de un suelo contaminado, así como los umbrales y valores de contaminación según uso para los elementos traza tóxicos más abundantes. Estos valores se consideraron durante años como la única referencia «oficial» para decidir sobre la posible contaminación de un suelo en Andalucía.

A la vista de las conclusiones del informe se detectaron una serie de carencias en la normativa ambiental respecto a suelos contaminados, como son la falta de conocimiento para definir los umbrales de contaminación y la necesidad de diferenciar el contenido natural (geogénico) del antrópico. Un primer paso de gran trascendencia fue encargar a los mismos grupos de trabajo antes citados, el Proyecto Elementos traza en suelos de Andalucía (1999-2002). Con un ambicioso plan de trabajo, se definieron por primera vez los niveles de fondo para los elementos traza más frecuentes en los suelos de Andalucía, de forma global y atendiendo a los distintos dominios geotectónicos; también se delimitaron las principales anomalías existentes. De esta forma se obtuvieron los valores objetivos y contextualizados para la Comunidad Andaluza, que pueden servir de referencia para la valoración de un emplazamiento supuestamente contaminado. En paralelo, la Consejería encargó también a estos grupos un proyecto sobre «Contaminación de suelos por compuestos orgánicos», donde se establecieron los *niveles genéricos de referencia* (NGRs) para los compuestos orgánicos más frecuentes y se describieron las mejores metodologías y técnicas de laboratorio para su determinación. También se desarrolló un proyecto para establecer los NGRs de los elementos traza, que se completó con una serie de procedimientos de evaluación de emplazamientos afectados por elementos traza. Y en la misma línea, ante una propuesta del grupo de la Universidad de Sevilla, la Consejería convocó un nuevo proyecto titulado «Desarrollo de nuevos procedimientos para la tramitación de estudios de calidad del suelo de emplazamientos potencialmente contaminados por metales pesados», que finalizó en 2012.

Por último, quiero agradecer el esfuerzo de todas las personas que han hecho posible la edición de este libro, ya que refleja los principales avances de los últimos veinte años en el Corredor Verde del Guadiamar. También quiero destacar la magnífica colaboración que existe entre investigadores del CSIC y el profesorado de la Universidad de Sevilla pertenecientes al Programa de Doctorado de Recursos Natu-

rales y Medioambiente de la Universidad de Sevilla, gracias a su esfuerzo se ha conseguido organizar estas jornadas con gran éxito y promover una investigación de alta calidad científica como queda demostrado en la excelente calidad de las tesis defendidas en los últimos años.

ISABEL GONZÁLEZ DÍEZ  
Directora del Programa de Doctorado  
Recursos Naturales y Medioambiente  
Universidad de Sevilla