



# HIDDEN NATURE

Tu espacio para la Divulgación Científica

Número 11 · 3T/2020



9 772331 040206  
PVP Recomendado - 1.50€

# Contaminación

Las muchas especies de seres vivos que pueblan el planeta, desde las ciudades hasta las llanuras abisales, no tienen más remedio que intentar sobrevivir a nuestra presencia en este planeta. Aunque existen procesos de contaminación naturales, la variabilidad y el paso del tiempo, junto a la selección natural, han hecho que los organismos estén adaptados a ellos. Estos procesos naturales de contaminación, en ocasiones repentinos y en otras distribuidos a lo largo de un tiempo mayor, han actuado de procesos selectivos, dejando a los más aptos en la Tierra. Pero el ser humano, en un tiempo relativamente corto, está provocando que sobre la biodiversidad del planeta operen procesos de selección muy fuertes: aire y masas de agua cargados de polución, metales pesados, hollín, drogas y fármacos, disruptores endocrinos; vertidos y plásticos en mares y océanos; ruidos y excesos de luz, etc. Todos estos procesos están ejerciendo una fuerte presión en los ecosistemas, llegando a un punto de no retorno que puede ser fatal para la vida en el planeta.

En este número queremos abordar diferentes temas como el desastre acaecido en Aznalcóllar que trajo consigo 20 años de recuperación de la zona y todo un corredor verde afectado, el Corredor Verde del Guadiamar. Y ante estas sustancias tóxicas presentes en el medio, la naturaleza, intenta luchar y paliar sus efectos para así poder sobrevivir ante la presencia de éstas, ya sea procesándolas, acumulándolas o eliminándolas. Incluso el ser humano aprovecha estos mecanismos de defensa para su propio beneficio y paliar la contaminación en determinados lugares. Además, la presencia de cada vez más compuestos plásticos en mares y océanos está amenazando no sólo a la vida en éstos, sino que apenas conocemos cómo afectan o afectarán, los microplásticos, a largo plazo en nuestros organismos o los de otros animales. Finalmente comentaremos los problemas de la presencia de estos contaminantes y que se transfieran en la

1. **Reflexiones sobre la contaminación, el modelo productivo y la crisis del COVID-19** - pág. 3
2. **El desastre ambiental del Corredor Verde del Guadiamar** - pág. 7
3. **La contaminación por nitratos en la agricultura y sus efectos en la salud humana: beneficios de una fertilización rica en cloruro** - pág. 10
4. **Infografía: Desastres ambientales en la península ibérica** - pág. 14
5. **El Museo en casa: Agentes contaminantes y tipos de contaminación** - pág. 16
6. **Contaminación por metales pesados** - pág. 18
7. **Las plantas no sólo limpian el aire...** - pág. 23
8. **Microplásticos** - pág. 25
9. **¿Podemos comer sin contaminar?** - pág. 28
10. **Colaboradores** - pág. 31

## Francisco Gálvez Prada

Socio fundador del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos - BioScripts. CEO en IguannaWeb y CTO en Hidden Nature.



---

cadena trófica, acumulándose conforme ésta sube de nivel.

Por eso te invitamos a que sigas leyendo y aprendas con nosotros la importancia de cuidar el medio ambiente y vivir en armonía con él, para un futuro mejor para todos.

# Reflexiones sobre la contaminación, el modelo productivo y la crisis del COVID-19

Cuando se aborda la contaminación, ya sea desde un punto de vista académico o desde un punto de vista más coloquial, divulgativo o periodístico, lo más normal es dar por sentado el carácter inherentemente dañina de la contaminación. No necesita demasiadas presentaciones, ya que es un concepto que a las generaciones del tiempo presente nos acompaña desde el principio de nuestras vidas. Muchos vivimos la contaminación a diario, especialmente en las grandes metrópolis. En Madrid, en los días calurosos de verano, se forma una boina de calima anaranjada (*smog*) que se deriva de los gases emitidos por el tráfico rodado, destacando los óxidos de nitrógeno. En el metro, en el Madrid suburbano, la contaminación

**Contaminación en Barcelona:** especialmente en los días soleados y calurosos con mucho tráfico rodado, se forma una calima de hollín y gases tóxicos (*smog*) que dificulta la visibilidad e incrementa el riesgo de padecer enfermedades (especialmente respiratorias).



El plástico es uno de los principales residuos y agentes contaminantes en la actualidad. En muchos casos, los envases, botellas y demás productos de plástico se encuentran en buenas condiciones, con posibilidad de ser reciclados y reutilizados, pero la propia forma en que concebimos su consumo (o nos hacen concebirlo en base a la forma de producción) dificulta esto. Se ha demostrado, sin embargo, que existen medidas eficaces que pueden reconducir su uso. Todo depende de las políticas de producción que se elijan.

de la ciudad desciende a lo largo del día en sus canales pobremente ventilados (así como de la abrasión de las ruedas de los vagones en contacto con los raíles, de las tareas de limpieza y de los trabajos de mantenimiento), acumulándose hasta volverse cinco veces superior que en el exterior, tal y como indica el estudio realizado por los químicos Carlos Pérez Olozaga y Jose Antonio Meoqui. En ciudades aún más grandes, como Tokio, Ciudad de México o Bombay, la contaminación del aire es tan abrumadora que a veces no se puede vislumbrar el horizonte. Y como no podemos verlo, no solemos darle al aire la importancia que tiene, pero a largo plazo se ha demostrado el impacto que tiene la contaminación respirada en problemas pulmonares, nerviosos y hormonales.

Al inicio de la crisis del COVID-19, a raíz de las medidas de confinamiento forzado y a la reducción de la actividad económica, se ha visto cómo parar la actividad industrial y el tráfico rodado en el planeta ha reducido los niveles de contaminación de los "países

desarrollados" en apenas unos días. El trabajo de Le Queré et al., publicado en *Nature Climate Change*, reveló una reducción del 17% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y añade que, precisamente, este descenso tan bajo para lo que podría esperarse, teniendo en cuenta que la vida cotidiana ha sido paralizada, es sólo temporal si no refleja cambios estructurales en la economía, el transporte y los sistemas de energía. Dicho de otro modo: la forma en que el mundo produce (y, en concreto, el mundo capitalizado) favorece la contaminación; las acciones civiles individuales son importantes, pero no son suficientes.

Contaminar es una consecuencia directa de explotar sin miramientos los recursos naturales, una idea propia del modelo capitalista actual, que necesita un crecimiento (y, por tanto, un ciclo de explotación y consumo) constante. No podemos parar la producción (nos moriríamos de hambre), pero, ¿los niveles de producción actuales son razonables en cuanto a las necesidades que tenemos? ¿Genera el modelo de producción

más necesidades de las que realmente nos ocupan? ¿Para reducir la contaminación es necesario reducir la producción o es la forma que tenemos de producir la que liga ambas cosas? Quizás, el problema venga de pensar que los ciudadanos estamos al servicio de la economía, en lugar de que la economía debiera estar al servicio de los ciudadanos.

Es imposible no generar residuos ni desechos en un proceso productivo como los que imperan a día de hoy, ya que no todas las partes del recurso se aprovechan y los procesos de extracción, procesamiento, transporte y compraventa generan muchos subproductos que destinamos al abandono porque no les encontramos utilidad o no nos paramos a gestionarlos. El principal problema subyacente a esto es que quienes realizan la actividad contaminante no son necesariamente los mismos que la sufren, fenómeno que conocemos en ecología y economía como “externalidad”. Algunas externalidades pueden ser beneficiosas para algunos grupos, como se ha visto en los vertidos de algunos ríos de la India, que ha favorecido el crecimiento de algas y bacterias que sirven de alimento para las poblaciones de flamencos. Pero, a nivel global, la contaminación es claramente un ejemplo de externalidad negativa por los problemas de salud y pérdida de biodiversidad global que genera.

Para disminuir las externalidades es necesario hacer que los agentes y sectores contaminantes dejen de ver rentable sus malas prácticas y/o vean como mejor opción aquellas más respetuosas. Sin embargo, esto no es en absoluto fácil. Efectivamente, existen las sanciones a las fábricas que vierten residuos a niveles por encima de lo permitido y/o sin tratar, pero hay varios inconvenientes en todo esto: el primero es que el control que se realiza no es constante ni infalible. Un aviso de inspección puede ser suficiente para que ese día la fábrica ajuste su trabajo para emitir por debajo del umbral permitido. El segundo punto es que pagar una sanción puede llegar a ser más rentable en términos de ganancia económica que afrontar todo el gasto y la

apuesta que suponen los métodos menos contaminantes. El reto, pues, no es sólo concienciar a la población para que no contamine o buscar castigos más severos para las fábricas, sino desarrollar procesos tecnológicos más limpios a la par que eficientes, gestionar el espacio urbano desde el punto de vista de la habitabilidad (como se ha hecho en muchas ciudades limitando el tráfico o generando más zonas verdes) y construir modelos productivos que generen menos residuos o que estos sean más aprovechables. Un ejemplo de esto es la cada vez más conocida economía circular, donde las piezas de unos aparatos son reciclables e intercambiables por otras en lugar de hacer necesario desechar el producto entero. Con ello, reducimos la contaminación que genera el consumo, el transporte y la extracción de materias primas, al ser menos necesarias.

Es importante destacar, pues, que contaminar no es generar basura ni desperdicios ni residuos tóxicos, sino expeler estos al ambiente, sin hacer nada para paliar el daño que puedan causar. Por ejemplo: los tubos de escape de los coches tienen, por ley, un instrumento catalizador que transforma los óxidos de nitrógeno y el monóxido de carbono (gases muy nocivos) en nitrógeno molecular, dióxido de carbono y agua (que forman parte de la composición normal de la atmósfera). Se trata de un buen ejemplo en el que la química trabaja para reducir el impacto de una actividad que, de forma intrínseca, genera residuos peligrosos. También hay medidas que reducen la producción de residuos sin vida útil: en Alemania, por ejemplo, es muy normal que las botellas vacías sean devueltas por el consumidor a la cadena de producción a cambio de la devolución de unos pocos céntimos que van incorporados en el precio de la botella llena. Algo tan aparentemente insignificante permite reconducir los vidrios y plásticos de forma ordenada al sistema sin convertirlos en basura nada más se acaba el contenido de la botella.

Por supuesto, hay muchas formas de contaminación natural: los volcanes, por

## « CONTAMINACIÓN »

ejemplo, expulsan gran cantidad de óxidos de azufre, gases de efecto invernadero y material particulado a la atmósfera. No en vano debemos recordar que, primitivamente, la atmósfera terrestre era tan irrespirable como la de otros planetas vecinos y sólo con la aparición de las bacterias fotosintéticas comenzó a tener oxígeno respirable, pues estas lo producían justo como producto desechable. Curiosamente, en el momento en que el oxígeno comenzó a producirse, él fue el principal contaminante del aire, pues las formas de vida existentes por entonces (todas microscópicas, hasta donde sabemos) no lo podían soportar y morían al mínimo contacto con él. Con todo, las múltiples maneras en que los humanos contaminamos son mucho más variadas: vertemos aguas residuales cargadas de excrementos, fertilizantes y pesticidas agrarios, productos tóxicos, medicamentos y drogas, metales pesados; llenamos de ruido y luz los núcleos urbanos; levantamos islas de múltiples tipos de plástico; construimos poblados químicos en zonas próximas a reservas de la biosfera y otros espacios protegidos (como se hizo en la marisma de Doñana), etc.

La crisis del COVID-19 ha demostrado que una medida tan sencilla como reducir el tráfico motorizado puede bajar los niveles de contaminación en las ciudades, pero si estamos dispuestos a aprender de la historia, debemos estar alerta. Ya ha coincidido una bajada de los niveles de emisiones y compuestos tóxicos con otras crisis precedentes, como la pasada recesión económica del 2008-2012. Y a tales crisis suele seguir un efecto rebote en el que se alcanza o incluso se superan los niveles anteriores en poco tiempo, ya que hay un intento inercial por parte de los sectores económicos de recuperar pérdidas a toda costa. Por supuesto, es necesaria la contribución ciudadana, pues a día de hoy se ha visto también una gran cantidad de plásticos, mascarillas y guantes desechados en ambientes donde no deberían estar, como el mar y las costas. Sin embargo, ¿es sólo la falta de concienciación ciudadana lo que provoca

que haya mascarillas en el mar? ¿Habría alguna forma de motivar que ese material clínico no fuera desechado a su suerte? En definitiva, ¿vale más concienciar o incentivar? Ninguna empresa deja de contaminar por amor a la naturaleza y respeto al medio, sino por beneficios. Nadie renuncia a coger su coche si las comunicaciones urbanas son malas, si no hay medidas que limiten el tráfico o los transportes comunitarios no salen más rentables que el gasto de gasolina. Y da igual que haya personas o incluso países enteros que no emitan niveles de contaminación elevados, porque el modelo productivo de los países más capitalizados contamina lo suficiente como para que el impacto se distribuya a sus vecinos. Dependerá de la investigación seguir desarrollando técnicas más limpias, pero es responsabilidad política de los gobiernos decidir por qué tipo de modelos productivos apostar y en cuánto nos enriquece invertir en investigación, desarrollo e innovación. Y es responsabilidad política de los ciudadanos saber qué exigir a sus gobiernos y qué medidas restrictivas debemos aceptar por el bienestar común y la salud ambiental. Mientras estemos en un sistema de producción donde la contaminación es una consecuencia aceptable y las vidas humanas valen menos que la cifra del PIB, no podemos esperar beneficios ni bondades a ningún plazo.

### Juan Encina

Graduado en Biología por la Universidad de Coruña y Máster en Profesorado de Educación Secundaria por la Universidad Pablo de Olavide. Colabora en proyectos de divulgación científica desde 2013 como redactor, editor, animador de talleres para estudiantes y ponente.



# El desastre ambiental del Corredor Verde del Guadiamar



Agencia EFE



El Corredor Verde del Guadiamar (CVG) es un paisaje protegido formado por el río y sus riberas haciendo de enlace de unión entre Sierra Morena, donde nace en El Castillo de las Guardas, y su camino hacia el sur hasta el Parque Nacional de Doñana en las Marismas del Guadalquivir, en un recorrido con un paisaje diverso y humanizado entre las provincias de Sevilla y Huelva. Sus aguas han alimentado al Río Guadalquivir (siendo su último afluente por el margen derecho) y a las múltiples civilizaciones que se han asentado a lo largo de la historia en el Aljarafe sevillano durante siglos.

El CVG se puede dividir en tres tramos, (i) partiendo desde un panorama abrupto en los antiguos territorios de Sierra Morena a través de paisajes ganaderos (dehesas de encinas y alcornoques, matorrales y pinares). Seguidamente, (ii) se sumerge en un paisaje lineal de carácter agrario pegado al propio cauce del río, discurriendo por las Minas de Aznalcóllar y Entremuros hasta contactar con Doñana. Se pueden encontrar bosques de ribera y sotos, ofreciendo una bóveda natural

mutable según la estación donde se distinguen álamos, olmos, fresnos, sauces y adelfas. (iii) El tramo final se enmarca dentro de un ambiente marismeño, modificado para el desarrollo de la agricultura intensiva, hasta llegar al Parque Natural y Nacional de Doñana. En la marisma, la vida se adapta a la influencia marina con una escasa profundidad, gran cantidad de nutrientes y una circulación constante de agua, dotándolo de una gran fertilidad y riqueza biológica.

La presencia humana es temprana. Nuestros ancestros cubrieron sus necesidades aprovechando los recursos naturales del río y su cuenca, a la vez que comenzaban a modificar el paisaje. Ha sido ocupada por fenicios, romanos, tartesos, turdetanos, omeyas, árabes, muladíes y visigodos (entre otros) que se dedicaron principalmente a la metalurgia, el comercio, la edificación, la agricultura y la ganadería. En el siglo I a.C. se



construye el Acueducto de Itálica, con origen en Gerena. Durante la ampliación de la ciudad romana se construye posteriormente otro acueducto con origen en Tejada y que sustituye al primitivo por su mayor caudal y mejores aguas. Por aquel entonces, el río Guadiamar recibía el nombre de *Maenoba*, en la mención a una ciudad llamada *Maenobora*, situada al sur de Hispania. En tiempos de los musulmanes recibió el nombre de Wadi-Amar, "Río de Príncipes", que con el tiempo se castellanizó hacia el actual nombre.

Las mayores modificaciones por presión humana sobre el paisaje han tenido lugar durante los últimos cincuenta años, en los cuales ha habido una pérdida progresiva del bosque mediterráneo, bosques de ribera y vegetación de marisma natural. Además, el cauce ha servido como vía de desechos de vertidos agrícolas, urbanos y mineros mermando su calidad hasta el gran desastre acaecido el 25 de abril de 1998, cuándo se rompió la balsa minera de Aznalcóllar, que provocó la salida de más de **seis millones de litros** de aguas y lodos piríticos contaminantes que anegaron y sedimentaron los primeros 40 km de recorrido. La inmensa mayoría de la fauna acuática pereció debido a la fina granulometría de los lodos, que generó anoxia, pH ácido (3,5) y elevados niveles de hierro (Fe), cobre (Cu), plomo (Pb), zinc (Zn) y arsénico (As).

El vertido tóxico tuvo consecuencias letales sobre los ecosistemas acuáticos (carpas,

albures, barbos, ranas y cangrejos), por el grave episodio de anoxia derivado de las partículas disueltas y en suspensión, que imposibilitó la vida en las aguas afectadas de los ríos Guadiamar y Agrio. Se ha observado, a lo largo del tiempo transcurrido desde 1998 a través de las estaciones de seguimiento, una variación de parámetros ambientales como los niveles de pH, conductividad eléctrica, reserva alcalina o la concentración de elementos traza. Aún es observable el efecto de los residuos mineros en las aguas de la mina hasta el puente de las Doblas en Sanlúcar la Mayor, aunque en un modo muy atenuado. Desde este punto hacia el sur, los niveles de pH se encuentran cerca de la neutralidad y la concentración de elementos traza disminuye paliativamente. Se observa desde 2002 una tendencia de pH a converger en todas las estaciones, ajustándose el rango hacia la normalidad.

De acuerdo con el proyecto de restauración ambiental del CVG por la Junta de Andalucía, fue preciso en un principio retirar los lodos, la fauna y flora contaminada, remediar y acondicionar el suelo. Una vez superadas las fases iniciales se asumió el criterio de mantener un escaso nivel de intervención en el medio natural, dando un papel especial de protagonismo a la autorregulación de los sistemas naturales. Es destacable la dimensión del trabajo que incumbe a más de cuatro mil hectáreas, y la celeridad de las primeras fases de trabajo que dieron como resultado más de

una década después, un paisaje de enorme interés científico, ambiental, pedagógico y recreativo. Cabe destacar que las medidas de restauración tomadas han servido para frenar los problemas derivados de la transformación que la zona venía sufriendo y que habían convertido al Guadiamar en un río muy alterado.

El desarrollo vegetal que se está produciendo, parece reflejar de forma significativa, el resultado positivo de muchas de las medidas acometidas para paliar los efectos ambientales del vertido de lodos. Se han estudiado las relaciones de las plantas con el suelo, y se determina que la acumulación de elementos traza en plantas superiores, puede ser muy diferente según el elemento, especie y órgano vegetal; observado en los árboles y arbustos empleados durante la reforestación. Los valores resultaron significativos en árboles adultos como el álamo blanco (*Populus alba* L. subsp. *alba*) y el sauce (*Salix alba* L. y *Salix atrocinerea* Brot.) para la acumulación de cadmio (Cd) y zinc (Zn). En la familia *Brassicaceae* se acumula talio (TI) en las estructuras reproductoras a unos niveles muy altos, aunque depende de la humedad del suelo; para el caso de la familia *Plantaginaceae* se acumulan altas concentraciones de arsénico (As), plomo (Pb) y talio (TI) en las hojas y espigas florales. También, a lo largo del desarrollo de limpieza y recuperación de suelos, se aplicaron enmiendas orgánicas que tuvieron un efecto positivo limitando la acumulación de tales elementos en las plantas herbáceas. A pesar del buen avance del proyecto, en la porción norte del CVG existe un grado de recuperación más lento si nos referimos al crecimiento de la vegetación, situación que con seguridad se vaya corrigiendo con el paso del tiempo.

En 2013 nace el proyecto **RECARE**, una iniciativa europea que trata de reunir los puntos en común de los diferentes desastres ambientales en Europa, y trazar modelos para la efectiva predicción, remediación y restauración de dichos ecosistemas. Para ello se nutre de científicos y técnicos de campo de



múltiples países e instituciones abarcando diecisiete casos de estudio y once peligros ambientales: erosión por agua y por viento, salinización, compactación, sellado, desertificación, inundación, pérdida de materia orgánica en suelos minerales y en suelos orgánicos, contaminación y pérdida de biodiversidad del suelo. Las entidades participantes están en Sevilla y son Evenor-Tech S.L. (Dra. María Anaya-Romero), y el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (CSIC, Dr. Teodoro Marañón). La puesta en común de todos estos investigadores durante los años 2013 al 2018 ha originado una gran producción científica. En España el caso de estudio principal es el CVG.

La importancia que tiene el CVG es que se trata de un modelo actual de un pasillo formado por un río y su ribera, regenerada por la mano humana tras un accidente grave, que debe ser tenido en cuenta como modelo para futuros accidentes en otros puntos de la geografía española o internacional. La mayor pretensión es recuperar las relaciones entre los paisajes naturales de la sierra y los del litoral, siendo a la vez compatible con el desarrollo de la agricultura, gestión de recursos naturales, la mejora ambiental y el fomento del conocimiento y contacto con el medio, lo que viene a ser poner de acuerdo a la naturaleza y al ser humano.

**Juan de Dios Franco Navarro**  
 Licenciado en Biología (US), Máster en Genética Molecular y Biotecnología Vegetal (US) y Doctorando en Biología Integrada (IRNAS-CSIC-US).



A blue tractor with a large green and blue fertilizer applicator is shown in a field. The tractor is moving from left to right, and the applicator is spraying a fine mist of fertilizer onto the green grass. The background shows a line of trees under a grey sky.

# La contaminación por nitratos en la agricultura y sus efectos en la salud humana: *beneficios de una fertilización rica en cloruro*

Franck Barske (Pixabay)

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas terrestres, clasificándose como macronutriente debido a que las plantas lo requieren y acumulan en sus tejidos en altas cantidades. Su gran importancia para las plantas se debe a que forma parte de moléculas como las proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas, coenzimas, etc. El nitrato, cuya fórmula química es  $\text{NO}_3^-$ , constituye la forma más importante de nitrógeno que es absorbida por la mayoría de las plantas, mejorando altamente el rendimiento de los cultivos. La creciente demanda de alimentos provocada por el aumento de la población mundial, ha llevado durante décadas al uso descontrolado de nitratos por los agricultores. Esto ha generado un aumento del uso de fertilizantes químicos nitrogenados de bajo coste, lo que causa serios problemas ambientales como la contaminación del agua, perjudicial tanto para la naturaleza como para la salud humana.

El nitrato tiene una alta solubilidad en agua, por lo que resulta muy móvil en el suelo de los campos de cultivo. Esto tiene un especial impacto en los cultivos de regadío, donde los nitratos se filtran hacia zonas más profundas (proceso llamado lixiviación), causando la contaminación de acuíferos o pozos. Otro problema ambiental que genera el riego con altas concentraciones de nitratos es la contaminación de las aguas superficiales, por el riesgo de que el agua producida por la escorrentía se vierta directamente a los ríos o canales de riego. Esto puede ocasionar serios problemas de eutrofización, con un enorme desarrollo de las especies vegetales que crecen junto a los cauces o, incluso, la muerte por asfixia de los animales acuáticos por el crecimiento descontrolado de algas. Este fenómeno es conocido en España por causar un gran daño a la fauna del Mar Menor (Murcia), con fuertes denuncias de organismos como la Asociación de Naturalistas del Sureste



Marcial Guillén (Agencia EFE)

(ANSE) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) para que se realicen actuaciones urgentes de conservación y recuperación por parte de las administraciones públicas. Además, este excesivo uso de nitratos también se ha relacionado con el cambio climático, provocando un aumento de la degradación de la capa de ozono y del efecto invernadero.

La presencia de altos contenidos de nitratos en las hortalizas se considera también una seria amenaza para la salud humana. Aunque el nitrato por sí mismo no es perjudicial para los humanos, el peligro viene cuando es ingerido a través de los alimentos (principalmente verduras) y se transforma en compuestos tóxicos como el nitrito, las nitrosaminas y el óxido nítrico, gracias al efecto de enzimas que se encuentran en la saliva y provenientes de las bacterias que viven en el tracto gastrointestinal. La alta acumulación de estos compuestos en el cuerpo humano puede originar serios problemas de salud como el cáncer gástrico o de vejiga, así como la metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul que afecta principalmente a los niños. Cuando el nitrato entra en el flujo sanguíneo transforma la hemoglobina en metahemoglobina, ya sin

capacidad para transportar el oxígeno a los pulmones. Si más del 70% de glóbulos rojos presentan la hemoglobina en forma de metahemoglobina, los bebés se asfixian y mueren. Esto tiene un mayor impacto en países en desarrollo como Filipinas, donde en 2007 Greenpeace denunció 6.000 muertes prematuras anuales de bebés por culpa de la contaminación con nitratos de las aguas que usaban para los biberones, mediante una hilera de treinta muñecos azulados con la frase



publico.es

## « CLORURO »

"dame agua limpia" a las puertas del Ministerio filipino de Medio Ambiente, o recientemente afecta a Gaza en Palestina.

En Europa existen normas muy exigentes con respecto a la regulación del contenido de nitratos, tanto del agua de consumo humano como de vegetales y alimentos procesados, especialmente dedicados a la producción de productos alimentarios para grupos susceptibles como los bebés, ancianos, vegetarianos y veganos. Con esta finalidad, la Unión Europea ha establecido una serie de normas estrictas (Reglamento CE 1881/2006, modificado por UE 1258/2011) que determinan una serie de umbrales del contenido de nitratos en las verduras más consumidas (como la espinaca y lechuga), y especialmente en alimentos para bebés con límites mucho más estrictos, donde incluso se recomienda evitar el consumo de determinadas hortalizas en bebés antes del primer año de vida y su limitación en niños de 1 a 3 años. A nivel medioambiental, la Unión Europea creó en 1991 la Directiva de Nitratos, para proteger la calidad del agua en toda Europa, evitando que los nitratos procedentes de fuentes agrícolas contaminen las aguas superficiales y subterráneas, y fomentando el uso de buenas prácticas agrícolas.

Recientemente, en nuestro grupo de investigación "Regulación Iónica e Hídrica en Plantas" del IRNAS-CSIC, liderado por el Dr. José M. Colmenero-Flores, y como parte de la Tesis Doctoral de Juan D. Franco-Navarro, hemos descubierto que la aplicación de cloruro a niveles típicos de un macronutriente (1-5 mM) en la solución de riego es beneficiosa para el crecimiento de las plantas, ya que induce una serie de funciones importantes que mejoran el estado hídrico, el uso del agua, la fotosíntesis. Además de estos beneficios, en nuestro último artículo científico publicado en *Frontiers in Plant Science*, hemos descubierto que la fertilización con cloruro también mejora la eficiencia en el uso de nitrógeno en plantas de cultivo muy diversas, como tomate, tabaco, lechuga, espinaca, acelga, olivo y mandarino. Estos efectos tienen un gran potencial especialmente en las hortalizas de consumo

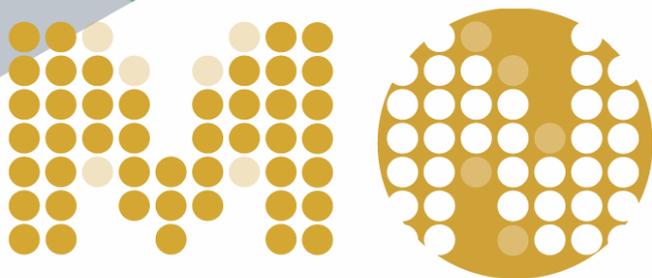
humano, ya que la fertilización con cloruro reduce la acumulación de nitratos en las hojas y, por tanto, los riesgos que esto genera en la salud humana. Además de esta mejora en la calidad nutricional, el uso de fertilizantes ricos en cloruro podría tener una aplicación relevante para la agricultura por reducir el contenido de nitratos que se añade a los fertilizantes y, por tanto, la consecuente contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. El impacto de esta investigación ha llamado la atención de la Unión Europea, la cual financiará el proyecto **ChlorPlant** durante tres años, concedido al Dr. Miguel A. Rosales, para profundizar en cómo la nutrición de cloruro modula los efectos del manejo del agua sobre el desarrollo, el uso del agua y el nitrógeno, la producción y calidad de los frutos de tomate, así como la resistencia de esta planta a la sequía y su aplicación a la agricultura.

### Miguel A. Rosales Villegas

Doctor en Biología. Investigador en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



EXPOSICIÓN / EXHIBITION



**MUJERES**

**NOBEL**

**NOBEL WOMEN**

4 FEBRERO - 5 JULIO

MUSEO CASA DE LA CIENCIA-CSIC  
AVENIDA M<sup>a</sup> LUISA S/N. PABELLÓN DE PERÚ - SEVILLA

[WWW.CASADELACIENCIA.CSIC.ES](http://WWW.CASADELACIENCIA.CSIC.ES)



# Desastres ambientales en la Península Ibérica



Galicia

1970 - *Polycommander* - 15.000 t  
1976 - *Urquiola* - 100.000 t  
1978 - *Andros Patria* - 50.000 t  
1987 - *Casón* - 1.000 t productos químicos inflamables, productos tóxicos y corrosivos.  
1992 - *Mar Egeo* - 80.000 t

## 2002. Accidente del petrolero "Prestige" (Costas de Galicia y Portugal)

El petrolero transportaba 77.000 toneladas de crudo y tuvo un accidente cerca de la costa de Galicia. Se intentó alejar de la zona sin éxito hasta que terminó hundiéndose a 250 kilómetros. Un total de **64.000 toneladas de crudo** fueron vertidas, afectando a miles de kilómetros de costa española y portuguesa.

## 1970. Escape radiactivo en la Junta de Energía Nuclear (Madrid)

Durante un trasvase de 700 L radiactivos (Cesio-137, Rutenio-106 y Plutonio) se vierten entre 40 y 80 L al río Manzanares. Afectó al propio río y a los terrenos agrícolas circundantes. Las lecturas radiactivas daban valores entre 10.000 y 15.000 superiores a lo permitido.

Madrid



## 1998. Desastre de Aznalcóllar (Parque Nacional de Doñana)

Una balsa con 8.000.000 de metros cúbicos de **metales pesados** y sustancias tóxicas perteneciente a la empresa **Boliden** fueron vertidos con la rotura de la misma. Su daño recorrió más de 60 kilómetros hasta el río Agrio y luego afectando al río Guadiamar y el Corredor Verde que lleva el mismo nombre. La empresa se negó a pagar ningún trabajo de limpieza y las labores de recuperación las estamos pagando a día de hoy. Mas de 4.000 hectáreas quedaron contaminadas prohibiéndose pesca, pastoreo y recolección de cultivos o animales.

Aznalcóllar



Francisco Gálvez Prada

**2007. Incidente de la central nuclear de Ascó (Ascó, Tarragona)**

Un operario de la empresa vertió un bidón de agua contaminada, filtrándose parte por los sistemas de ventilación, llegando al exterior, y ocultándose esta acción hasta cuatro meses por la empresa responsable. Se vertieron 84,95 millones de bequerelios (un bequerelio o Bq, corresponde a una desintegración nuclear por segundo).

- **1989. Incidente en la central nuclear de Vandellós I (Tarragona)**  
Incendio en la zona de turbinas.

- **2007 y 2008. Incidente en la central nuclear de Vandellós II (Tarragona).** Problemas de corrosión en el sistema de refrigeración y un incendio en el edificio de turbinas.



**1966. Accidente nuclear en Palomares (Almería)**

Un bombardero estadounidense B-52 transportaba **cuatro bombas termonucleares Mark 28 de 800 kilogramos**, tres cayeron en suelo español y otra en el mar. A día de hoy después de labores de limpieza y retirada de tierras contaminadas, es una zona de interés turístico pero sus niveles de plutonio o americio (producto derivado de la desintegración del anterior), siguen siendo superiores a lo permitido en diferentes zonas.



Palomares

Los desastres ambientales que ocurren derivados de la actividad humana producen graves problemas en el medio ambiente que pueden afectar a grandes zonas y durante varios años, incluso décadas. A veces los desastres ambientales ocurren cerca de parques naturales o zonas emblemáticas, afectando así a flora y fauna autóctonas y trastocando ecosistemas completos, que tardan muchas décadas en recuperarse (o no se recuperan nunca).

# Agentes contaminantes



## RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Las ciudades generan grandes cantidades de residuos de diferente índole (orgánicos, papel, textil, mineral, vidrio o plásticos). Una de las prioridades es minimizar la cantidad de residuos generados y reducirlos con su reciclado. Esta tarea puede ser más compleja en países menos desarrollados.



## AGENTES QUÍMICOS

Existen miles de productos químicos sintéticos. Algunos de ellos conocemos sus efectos, pero de otros, desconocemos su impacto sobre el ecosistema a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos son fertilizantes, plaguicidas y herbicidas que pueden colarse por la tierra y contaminar aguas subterráneas. Otros son dioxinas o polifeniles (muy resistentes a la degradación) metales pesados, cianuro o detergentes.



## PETRÓLEO

Su propia presencia en el medioambiente es tóxica para los organismos. Las acciones realizadas para su extracción son altamente contaminantes para el medioambiente. Los productos derivados que se producen, los plásticos, contaminan aguas y suelos, incluso son tóxicos en formas microscópicas. La combustión del mismo emite productos nocivos a la atmósfera, sin mencionar los impactos derivados de su transporte.



## RESIDUOS RADIOACTIVOS

La presencia de sustancias radiactivas pueden producir efectos perjudiciales en la flora y fauna del lugar, así como a las personas expuestas. Ello puede dar lugar a diferentes enfermedades (como diversos tipos de tumores) y conducir incluso a la muerte. Algunos de estos compuestos tardan mucho en dejar de ser radioactivos, por lo que deben almacenarse en lugares especiales (cementeros nucleares), generándose el riesgo de posibles fugas y problemas derivados.



## GASES CONTAMINANTES

Los gases que producen o intervienen en el efecto invernadero son uno de los principales problemas actuales. Se pretende evitar su emisión para así preservar la capa de ozono y evitar el calentamiento global del planeta, efecto que puede llegar a producir consecuencias catastróficas. Además, la emisión de gases derivados de la industria moderna produce el llamado smog en grandes ciudades.

# Tipos de contaminación

## Contaminación Atmosférica →

Se trata de aquel tipo de contaminación que afecta a la calidad del aire presente en la atmósfera. Algunos de los compuestos emitidos son el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los clorofluorocarbonados (CFCs) y óxidos de nitrógeno (NOx).

## Contaminación Visual

## Contaminación Acústica →

## Contaminación Lumínica

## Contaminación Térmica

Otros tipos de contaminación son aquellas acciones que afectan a la visibilidad de un sitio o paisaje. O que provocan un exceso de sonido que perturba a la fauna. O la introducción de luz artificial que termina afectando al ecosistema. O si se altera la temperatura de la zona provocando un perjuicio.

## Contaminación Radioactiva

Presencia de sustancias radioactivas (radioisótopos naturales o artificiales) en el entorno.

## Contaminación Genética

Mezcla no controlada de organismos genéticamente modificados con otros no modificados

## Contaminación Hídrica →

Mares, océanos, ríos, aguas subterráneas, lagos... cualquier contaminante liberado a masas de agua que afecte a la flora o fauna de un lugar, incluido el ser humano, ya que si se realiza sobre una masa de agua potable, la convierte en agua no apta para su consumo.

Algunos ejemplos son los vertidos provenientes de industrias o desastres ambientales, detergentes, aceites de uso doméstico, insecticidas, plaguicidas, derivados del petróleo, etc.

## Contaminación del Suelo →

La presencia de sustancias químicas derivadas del uso de suelo por la actividad humana, que provocan una degradación de la calidad del mismo. Pueden ser sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso que afecten a la flora y fauna del suelo. Este tipo de contaminación puede derivar en contaminación hídrica por filtración. Algunos de los contaminantes son metales pesados, derivados del petróleo, herbicidas o plaguicidas, etc.

## Grandes acumulaciones de residuos sólidos urbanos

## Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

## Basura espacial →

Se tratan de objetos artificiales que han quedado en el espacio, principalmente en la órbita terrestre y que ya no tienen ninguna función.

*The Virtual  
Museum of Life*

# Contaminación por metales pesados



**Mina Grasberg (Indonesia).** Es la mina de oro más grande del mundo donde también se extraen cobre y plata. Es una mina a cielo abierto con un cráter de más de un kilómetro y medio de ancho en superficie (Fuente Wikimedia commons).

La contaminación es uno de los principales problemas ambientales a escala global. La mayor parte de los contaminantes provienen de actividades humanas, como la industria, la agricultura y las actividades domésticas. Y entre las diferentes sustancias o elementos contaminantes encontramos a los metales pesados.

El término metales pesados hace referencia a un grupo de metales y metaloides que a menudo causan toxicidad en los organismos, además de problemas ecológicos en el medio ambiente. En concentraciones altas, estos metales pueden causar problemas de toxicidad en humanos. La dosis es algo esencial para conocer el riesgo tóxico, ya que estos metales no son biodegradables y se van acumulando en nuestro organismo. Si los metales se empiezan a acumular en nuestro cuerpo, pueden comenzar a sustituir a otros elementos que sí necesitamos para vivir y alteran procesos fisiológicos básicos pudiendo desembocar en diferentes enfermedades. Los

elementos más tóxicos para los humanos y animales son el mercurio, el plomo, el cadmio, el cromo y el arsénico; mientras que para las plantas son el cobre, el níquel, el cobalto y el cinc.

Los metales pesados se encuentran de manera natural en los suelos, normalmente en bajas concentraciones. Estos son extraídos del suelo mediante las actividades mineras que se desarrollan por todo el mundo. Con ellos fabricamos numerosos productos, como pueden ser pesticidas, pinturas, baterías, motores, cables, etc., que durante su extracción y fabricación, y también tras su uso, como basura, contaminan los suelos.

Por lo tanto, los metales pesados han contribuido al desarrollo industrial y tecnológico pero conlleva unos daños importantes en la naturaleza: destrucción de la superficie terrestre, contaminación, efectos en los ecosistemas, daños en animales y plantas y riesgos para la salud humana.



Estado del Corredor Verde del Guadiamar en 2017. Vista desde la balsa donde se originó el vertido.

De entre todos estos daños, vamos a hablar de la contaminación por metales pesados y conoceremos un caso de riesgo para la salud humana.

Los metales pesados pueden contaminar la atmósfera, el suelo y el agua. El mercurio, el arsénico y el selenio, a altas temperaturas pueden convertirse en gases y liberarse al aire. El principal problema de estos gases es que pueden depositarse en diferentes lugares según las corrientes y contaminar otros sistemas o ser respirados. El mayor impacto de una mina sucede en el agua, ya que necesita grandes cantidades durante la actividad minera y genera mucha agua contaminada. En una mina es esencial recoger todas las aguas que tienen contacto con la mina, como ríos, arroyos o el agua de lluvia, y depurarlas antes de soltarlas en el medio ambiente. También hay que controlar que no haya filtraciones de aguas contaminadas de las balsas donde se

apilan los desechos de la minería. Las aguas de minas, aparte de estar cargadas de metales pesados, son normalmente ácidas. Si estas aguas son liberadas contaminan las aguas superficiales y subterráneas que se encuentran en su entorno. Esta contaminación puede matar a animales como peces y crustáceos de río, al ganado que ingiere esas aguas, pudiendo destruir los suelos y la vegetación de la ribera del río y los cultivos.

Uno de los casos más relevantes de contaminación por metales pesados en España y Europa sucedió en el actual Corredor Verde del Guadiamar, cuando en 1998 se produjo el desastre minero de Aznalcóllar (Sevilla). La balsa donde se recogían los residuos mineros sufrió una rotura, vertiendo sobre el río Guadiamar y en los terrenos de cultivo cercanos grandes cantidades de lodos tóxicos y aguas ácidas.

## « METALES PESADOS »



A la izquierda seta de la especie *Volvopluteus gloiocephalus* y a la derecha seta de la especie *Laccaria laccata*.

Tras este desastre, se empezó a trabajar rápidamente en la restauración de toda la zona afectada que llegó hasta las puertas de Doñana. Se eliminaron los lodos, se recuperó el suelo y se plantaron millones de árboles creando un nuevo ecosistema natural. Todo ese trabajo ayudó a recuperar la zona pero todavía hay restos de contaminación, ya que no puede ser degradada. Los metales pesados o bien son desplazados a otros ecosistemas o son almacenados en el propio suelo y en los seres vivos que allí habitan.

El último estudio realizado en la zona persigue conocer cómo estos metales pesados pueden ser acumulados en las setas silvestres. Las setas son los cuerpos fructíferos de los hongos los cuales viven bajo tierra y realizan tareas importantes de descomposición de los restos de plantas y animales. Ya se conoce que las setas acumulan grandes cantidades de metales pesados, por lo que este estudio cuantificó la concentración de metales pesados en dos setas comestibles: *Volvopluteus gloiocephalus* y *Laccaria laccata*.

En el suelo donde crecen estas setas se midieron valores de cobre, plomo y cinc mayores a los de suelos no afectados, indicando que hay restos de contaminación. Mientras que en las setas se descubrió una

acumulación de cadmio y cobre. El riesgo de toxicidad por el consumo de estas setas se calculó y se conoció que un consumo moderado de estas setas al día cubriría la cantidad de cadmio máxima recomendada por consumo. Por lo tanto, podría existir un riesgo de toxicidad por consumo humano de estas setas. Se recuerda la importancia de seguir vigilando las zonas contaminadas por metales pesados años después del evento contaminante y mantener las prohibiciones sobre el aprovechamiento de recursos naturales para su consumo.

### Marta Gil Martínez

Investigadora en ecología con especial interés en la restauración de ecosistemas terrestres para la recuperación de la biodiversidad.

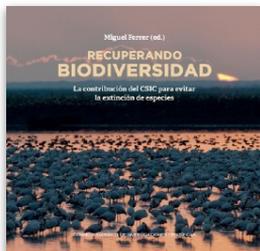
Investigo los suelos para conocer de qué manera son capaces de sustentar vida. Actualmente trabajo en el IRNAS-CSIC de Sevilla donde estudio las comunidades microbianas en diferentes tipos de suelos y las relaciones de simbiosis que realizan los microorganismos con las plantas.



# ¿Qué te recomienda leer?

EDITORIAL

CSIC



40,00€

## **Recuperando biodiversidad. La contribución del CSIC para evitar la extinción de especies** por Miguel Ferrer Baena

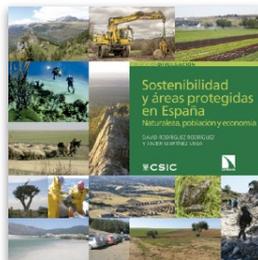
2019. Consejo Superior de Investigaciones Científicas

La intención de este libro es mostrar la contribución del CSIC a la recuperación de especies amenazadas de extinción y dar a conocer las investigaciones que han contribuido sustancialmente a la mejora del estado de conservación de las especies en cuestión. Se han seleccionado para ello proyectos innovadores de conservación activa de vertebrados, dada su mayor capacidad de impacto social y mediático. La conservación de la biodiversidad no solo consiste en salvar de la extinción a un bonito lince o águila, es sobre todo la lucha por asegurar un hábitat adecuado para nuestra propia especie. No tenemos ningún otro sitio donde ir, al menos de momento, que no sea nuestro planeta Tierra, así que más vale que aprendamos a gestionarlo para mantenerlo lleno de vida o puede que nos quedemos sin hogar. En este libro se muestran magníficos ejemplos de hasta qué punto, incluso con nuestro nivel actual de conocimientos, somos capaces de cambiar las cosas si así nos lo proponemos.

## **Sostenibilidad y áreas protegidas en España. Naturaleza, población y economía** por David Rodríguez Rodríguez y Javier Martínez Vega

Colección Divulgación, 29. 2019. Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la Catarata.

Concebidas como paradigmas de la sostenibilidad, las áreas protegidas tienen como objetivo prioritario la conservación de la biodiversidad. Son diversos y variados los procesos que amenazan a estos espacios naturales. Con el tiempo, la consideración ambiental de dichas áreas se ha ido ampliando hasta incorporar nuevas funciones de tipo social, económico e institucional. Junto con la dimensión ambiental, esta obra aporta un enfoque socioeconómico, original y complementario, con el que se propone evaluar globalmente la sostenibilidad de estos espacios y su diversidad, así como los efectos que ha tenido la declaración de áreas protegidas en España. De este modo, ofrece una sólida base para reforzar la colaboración entre investigadores y planificadores territoriales, gestores de áreas protegidas y decisores públicos para orientar una gestión territorial sostenible.



18,00€



25,00€

## **El mercurio. Sus fuentes de emisión, usos e impactos** por María Antonia López Antón y María Rosa Martínez Tarazona

Colección Divulgación, 27. 2018. Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la Catarata.

Conocido antiguamente como "plata líquida", "azogue" o "hidrargiro", el mercurio es un metal que destaca por sus propiedades singulares y su belleza, pero también por su alta toxicidad. Desde la Prehistoria y hasta la actualidad, ha sido utilizado con diversos fines: en los pigmentos de las pinturas rupestres, en ungüentos medicinales (se le ha atribuido incluso el poder de prolongar la vida), en la minería artesanal de oro y plata y en distintos procesos industriales. Su presencia se puede rastrear en multitud de objetos y productos hasta hace poco de usos cotidianos, como termómetros, lámparas fluorescentes, empastes dentales o desinfectantes como la mercurina. Aunque los peligros derivados de su utilización no eran completamente ignorados en el pasado, solo en fechas más recientes se han comenzado a investigar y tomar medidas para el control de sus efectos nocivos en la salud humana y el medio ambiente, a raíz de las graves intoxicaciones que se produjeron en la bahía de Minamata a finales de los años cincuenta en Japón y posteriormente en Iraq. Este libro da una visión general sobre algunos aspectos básicos relacionados con la utilización del mercurio, su comportamiento y toxicidad, destacando el papel de las fuentes industriales de mercurio y las medidas de control de emisiones en dichos procesos.



12,00€

### **El ruido** por Pedro Cobo Parra y María Cuesta Ruiz

¿Qué sabemos de...?, 94. 2018. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Los libros de la Catarata)

Vivimos en un ambiente ruidoso. El ruido es uno de los agentes contaminantes más extendidos, sobre todo en las grandes ciudades, y afecta a un alto porcentaje de la población, produciendo efectos nocivos en la salud (pérdida auditiva) y en el bienestar (molestia). Los motores de los coches, trenes, aviones y en general de los sistemas de transporte producen ruido. Las plantas de generación eléctrica, los transformadores de potencia o los sistemas de calefacción y aire acondicionado de los edificios también lo causan. La maquinaria de movimiento de tierras en las obras públicas, las hormigoneras, las máquinas de corte y de elevación son una fuente constante de ruido. Paradójicamente, la actividad industrial que emplea a una gran parte de la población activa produce, como un subproducto, contaminación acústica. En esta obra se analizan los efectos que el ruido produce en el ser humano y aborda aspectos regulatorios, de evaluación y control del mismo

### **La envolvente energética de la vivienda social. El caso de Madrid en el periodo 1939-1979** por Ignacio Oteiza San José, Carmen Alonso Ruiz-Rivas, Fernando Martín-Consuegra Ávila, Juan Monjo Carrió, Mariam González Moya y Alberto Buldón.

Monografías del Instituto Eduardo Torroja, 428. 2018. Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Se presenta en esta monografía un estudio sobre la envolvente de las viviendas sociales de la periferia de Madrid, con vistas a su rehabilitación energética. Para el análisis en detalle se ha recogido información de una muestra de promociones que se organiza a través de fichas con detalles del tipo de edificación y sus sistemas constructivos. Con objeto de ofrecer un enfoque integrado, el estudio se aborda en tres escalas: desde la escala urbana, con indicadores que relacionan la construcción de las viviendas con criterios socioeconómicos; desde la escala de la vivienda, abordando la tipología edificatoria y las principales características implicadas en su comportamiento energético; y desde los elementos constructivos, detallando el comportamiento de los elementos de la envolvente, fundamentalmente de los sistemas constructivos de fachada.

Tanto la información recogida como el análisis propuesto suponen un aporte fundamental para conseguir alcanzar los grandes objetivos y retos ambientales a los que se enfrentan hoy las ciudades europeas. En el ámbito de la edificación, los dos objetivos clave que se abordan son la mejora de la habitabilidad y la reducción del impacto ambiental a través de la regeneración urbana integrada.



25,00€



12,00€

### **Las tierras raras** por Ricardo Prego Reboredo ¿Qué sabemos de...?, 99.

2019. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Los libros de la Catarata)

Los diecisiete elementos que componen las tierras raras empezaron a descubrirse a finales del siglo XVIII, pero no fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando se avanzó en sus aplicaciones. Ahora tenemos tierras raras en los billetes de euro para evitar falsificaciones y en los teléfonos móviles para que sean táctiles y emitan sonido y luz. En nuestra tecnificada cultura la lista de artículos que las contienen es muy extensa. Esta obra aborda el camino seguido desde el desinteresado descubrimiento científico de algunas tierras raras en la mina del pueblo sueco de Ytterby hasta hoy en día cuando se han convertido en costosos metales que son tecnológicamente críticos para nuestra sociedad.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN



CSIC





## *Las plantas no solo limpian el aire...*

Es sabido que las plantas captan dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de la atmósfera y liberan oxígeno ( $\text{O}_2$ ) cuando realizan la fotosíntesis con sus hojas. De esta forma, ellas obtienen su alimento y los animales podemos respirar. Pero ¿qué sucede en las raíces? A fin de cuentas, bajo el suelo las células de las plantas no pueden hacer la fotosíntesis, debido a la falta de luz.

El sistema radicular de las plantas tiene como funciones principales la absorción de agua y nutrientes minerales (fósforo, potasio, nitrógeno, hierro, etc.), sin los cuales no podrían sobrevivir ni realizar su función fotosintética. A cambio, el sistema vascular de la planta (que transporta esos minerales y el agua hacia las hojas) lleva el alimento a las raíces de vuelta. Este órgano vegetal representa el nexo de unión entre la planta y el suelo, y muchas veces entre el resto de seres vivos y el suelo, por lo tanto, somos directamente afectados por lo que en esta zona suceda.

La contaminación de los suelos puede producirse por un aporte directo antropogénico por el uso masivo de fertilizantes y pesticidas químicos en agricultura, vertidos industriales o el desarrollo de vertederos, entre otros. Sin embargo, debemos ser conscientes de que toda contaminación que llegue a la atmósfera

podrá terminar antes o después en el suelo, ya sea porque se deposite por sí misma o con ayuda de la lluvia. En este sentido, hablamos de la contaminación provocada por metales pesados, que son elementos químicos con elevada toxicidad para la vida en general incluso a concentraciones muy reducidas. En



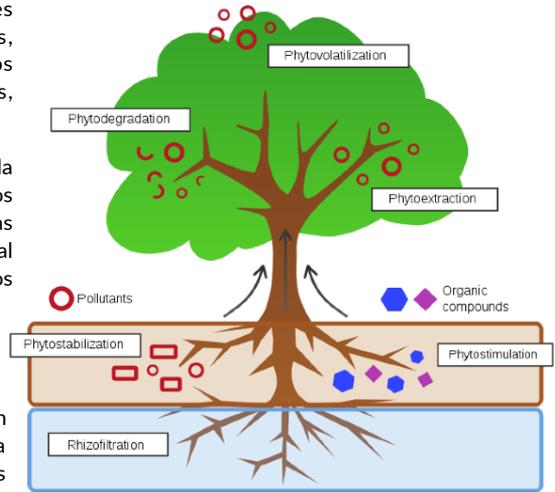
## « FITO Y LOS PROCESOS »

el caso de los humanos, los metales pesados son especialmente dañinos, alterando las funciones de numerosos tejidos y órganos y siendo, además, conocidos compuestos cancerígenos.

A pesar de la problemática que supone la presencia de metales pesados en los suelos para el medioambiente y la salud, las plantas pueden ser de gran ayuda, dando lugar al fenómeno biotecnológico que conocemos como **fitorremediación**. Básicamente estaríamos hablando de la descontaminación de los suelos mediante el uso de plantas. Pero ¿cómo lo hacen exactamente? La primera forma en que las plantas pueden ayudar a la descontaminación del suelo es a través de su capacidad de absorción de los metales pesados del suelo junto con el resto de sales minerales (**fitoextracción**). Si transportan esos contaminantes a sus hojas, simplemente recolectándolas ya se estaría eliminando el componente tóxico del suelo. Posteriormente, se pueden recuperar esos metales pesados y darles un valor interesante en diferentes procesos industriales (**fitominería**). En otros casos, la planta solo es capaz de mantener los contaminantes en sus raíces (**fitoestabilización**), al no ser tan fáciles de eliminar del suelo. Con todo, al menos dejan de estar accesibles para el resto de organismos.

Por otro lado, las plantas también son capaces de degradar esos contaminantes presentes en los suelos, a través de algunos procesos metabólicos propios donde intervienen enzimas que degradan o alteran el contaminante, neutralizando su toxicidad (**fitodegradación**). Estas enzimas pueden actuar sobre contaminantes absorbidos por las raíces o ser liberadas al suelo y que actúen fuera de la planta.

A veces, las plantas pueden transformar los tóxicos absorbidos en sustancias volátiles que liberan a la atmósfera a través de sus hojas (**fitovolatilización**). No es una estrategia de todo beneficiosa para el medio, pero al menos elimina los contaminantes del suelo. Una vez los compuestos tóxicos se encuentran dentro de las plantas, estas pueden transformarlos en



sustancias volátiles que liberan a la atmósfera a través de sus hojas. De esta forma, el contaminante pasaría del suelo a la atmósfera, algo que realmente no elimina el problema.

En conclusión, los procesos de fitorremediación pueden ser una estrategia de descontaminación eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Con todo, todavía está desarrollándose, pues no es tan sencillo como colocar una planta en un lugar determinado. Para que una especie pueda ser usada como agente fitorremediador es necesario que pueda tolerar los niveles de contaminación presentes, que su metabolismo sea el apropiado para el proceso de interés, que no genere otros problemas ambientales (como sería el caso de una especie con potencial invasor), etc. No obstante, este es un campo de investigación abierto y prometedor que puede ayudarnos a mitigar una buena parte del impacto ambiental que los humanos ejercemos.

**Jorge Poveda Arias**

Investigador posdoctoral en Misión Biológica de Galicia (CSIC).





# *La problemática de los microplásticos*

Los microplásticos son fragmentos de plástico de un tamaño menor a 5 mm. Estos pueden ser primarios, es decir, que llegan al medio como tales (productos manufacturados usados en la cosmética conocidos como microperlas) (imagen 1); o secundarios, esto es, que surgen por la fragmentación, a través de procesos físicos, biológicos y químicos, de elementos de plástico más grandes.

Una de las fuentes más importantes de la emisión de microplásticos es la ropa. Por cada prenda se desprenden aproximadamente 1900 fibras de poliéster y fibras acrílicas, lo que se traduce en que hasta el 80% de los microplásticos encontrado en las playas proviene de las lavadoras domésticas. Las fibras sintéticas se empezaron a producir en Estados Unidos en los años treinta y, tras la segunda Guerra Mundial, esta industria se extendió a Europa. Los organismos más afectados por este tipo de microplásticos son los filtradores bentónicos.

Los microplásticos se encuentran en todo tipo de ambientes marinos, desde el fondo marino

hasta las playas. Siendo contaminantes de origen antropogénico, no es de extrañar que suelen ser más abundantes en áreas urbanas. Aproximadamente el 80% de los residuos plásticos provienen de fuentes terrestres, por ejemplo, de plantas de tratamiento de aguas residuales donde los sistemas de filtración son incapaces de retener las microperlas, que llegan de esta forma al océano.

En 2015, en Estados Unidos se restringió el uso de las microperlas en los productos de higiene y cosmética, mientras que en Europa se están implantando leyes contra los plásticos de un solo uso que entrarán en vigor a partir de 2021. Aunque se tomen medidas contra los nuevos vertidos de plásticos, hay que tener en cuenta que aún se está investigando sobre la eliminación de los que ya hay en el medio. Una de las opciones que se están barajando es el uso de bacterias para la biorremediación, para lo cual se está estudiando si potenciar las enzimas implicadas en la degradación de plástico que naturalmente tienen estos microorganismos, mediante ingeniería

## « MICROPLÁSTICOS »



En la imagen podemos ver una fibra de microplástico al microscopio (Trabajo propio de M.Danny25, Wikipedia).

genética puede acelerar el proceso y hacerlo más eficiente.

El papel de los microorganismos en el problema del plástico puede traer tanto los beneficios comentados como efectos perjudiciales, ya que la superficie de los residuos plásticos ofrece un sustrato que pueden colonizar microorganismos patógenos para el ser humano y especies de algas perjudiciales (lo que ha recibido el nombre de *plasticfera*).

Otro de los problemas asociados a los microplásticos es su incorporación a la red trófica. Los animales que se alimentan de zooplancton confunden los microplásticos con estos organismos, aumentando de esta forma su dispersión a lo largo de los ecosistemas acuáticos. El hecho de que los animales

marinos ingieran microplásticos puede provocarles úlceras de estómago e infecciones y falsa sensación de saciedad, lo que puede afectar al crecimiento, así como a la producción de energía para reproducirse y seguir alimentándose. Aunque, actualmente, se sigue investigando el efecto de la toxicidad de los microplásticos sobre los seres vivos, se sabe que estos pueden absorber y acumular contaminantes orgánicos hidrofóbicos como los bifenilos policlorados (PCBs por sus siglas en inglés) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), además de los químicos que ya llevan incorporados, como estabilizadores o retardantes de llama.

Los PCBs son de los contaminantes más vigilados con respecto a su efecto en la salud. Se usaron mucho industrialmente en los años

cincuenta y los sesenta, pero su uso se restringió a partir de los años setenta. Aun así, actualmente se siguen encontrando en el medio marino. Están relacionados con el desarrollo de cáncer, problemas de piel, enfermedades crónicas y otros efectos toxicológicos.

Por otro lado, los polibromodifenil éteres (PBDEs) son polímeros mezclados con retardantes de llama. Se empezaron a usar a partir de los años ochenta, aunque se ha descubierto que pueden provocar daños en el hígado, en el sistema nervioso y en la capacidad reproductiva.

En cuanto a los seres humanos, hay que tener en cuenta que el consumo de peces y algas no es la única fuente de microplásticos de la dieta, se estima que en los suelos agrícolas se pueden llegar a acumular más microplásticos que en los océanos. Estudios demuestran que algunas plantas son capaces de incorporar los microplásticos presentes en el suelo donde crecen, pero aún se desconoce el mecanismo por el cual lo hacen.

Se estima que cada ser humano puede ingerir entre 74.000 y 121.000 partículas de microplásticos al año, 90.000 más en el caso de las personas que utilizan botellas de agua de plástico desechables. El efecto de los microplásticos en sí en los seres humanos aún se está estudiando, pero ya se han confirmado algunos efectos de compuestos como el bisfenol A (BPA), un aditivo plástico que se relaciona con problemas de obesidad, enfermedades cardiovasculares y reproductivas y cáncer de mama.

**Paloma Cabezas Blanco**  
Estudiante de Grado en Biología en la  
Universidad de Sevilla.



Descarga nuestra APP y lee ciencia donde quieras y cuando quieras.

A close-up photograph of a woman's face in profile, kissing a small globe of the Earth. Her eyes are closed, and her lips are pressed against the globe. The globe shows continents and oceans. The text '¿Podemos comer sin contaminar?' is overlaid in white, semi-transparent font across the middle of the image.

# ¿Podemos comer sin contaminar?

La agricultura y ganadería reciben con frecuencia críticas relacionadas con su contribución al deterioro del suelo, el despilfarro y contaminación del agua y la presencia de pesticidas en los alimentos que consumimos. Nadie duda de la necesidad de ambas actividades para producir el alimento, la fibra y los biocombustibles que necesitamos. ¿Cómo debemos juzgarlas, pues? La respuesta precisa a esta pregunta requiere un espacio mayor del que disponemos en este breve artículo, y por ello enfocaremos la cuestión, a modo de ejemplo, en un aspecto concreto: la contaminación del agua por el riego.

En las zonas civilizadas del mundo se produce suficiente alimento para satisfacer la demanda de la población, y sobra para exportar. Un éxito, debido en gran medida a lo que desde mediados del siglo pasado se conoce como Revolución Verde, un tipo de agricultura basada en el uso de variedades seleccionadas y de agroquímicos (fertilizantes y productos fitosanitarios), y en la aplicación de técnicas de manejo eficientes. El impacto negativo de este tipo de agricultura en el medio es, sin embargo, notable. Un ejemplo ilustrativo es la presencia de nitratos en las aguas de pozo. Los nitratos son sales solubles provenientes del uso de fertilizantes nitrogenados y de los purines del ganado. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un máximo de 50 mg/L de nitratos en el agua para consumo

humano, límite que se sobrepasa con frecuencia en muchas zonas regables.

Conjuntamente con los nitratos, muchos otros contaminantes son arrastrados desde la superficie hasta zonas más profundas del suelo, contribuyendo a la contaminación de aguas subterráneas que se necesitan para el consumo humano. El riego es un actor principal en este escenario, ya que dicha contaminación se produce, en gran medida, por el drenaje del exceso de agua de riego hacia capas profundas del suelo.

¿Debemos censurar, pues, el riego y otras actividades agrícolas y ganaderas? Lo comentado nos da argumentos para el capítulo de desventajas. En el de las ventajas podemos considerar que, gracias a la Revolución Verde, una familia modesta puede comprar alimentos variados y de calidad a un precio bajo y sin sufrir desabastecimientos. Y en lo que al riego se refiere, cabe destacar que, aunque tan solo se riega el 17% de la superficie total cultivada de nuestro planeta, esa pequeña fracción produce el 40% de la producción agrícola total. Parece, por tanto, que es una práctica de la que no podemos prescindir.

No hay que obviar que los agricultores y ganaderos, así como los sectores científico y técnico que les dan soporte, son conscientes del impacto negativo de sus actividades en el medio, e intentan poner remedio. En lo que a



Dron con cámara de infrarrojos para la evaluación del estado hídrico de un un olivar en seto de alta densidad (izqda.). El plástico negro en el suelo actúa de superficie de referencia para la temperatura. Fotografía tomada por el dron a 20 m de altura, con una resolución de 5 cm (dcha.; cortesía de los Drs. G. Egea y M. Pérez-Ruiz). La presencia del color rojo en parte de las filas de árboles denota un estrés hídrico excesivo ocasionado por una reducción drástica del riego.

la racionalización del riego se refiere, cabe mencionar tres grandes avances que se han hecho desde el inicio de la Revolución Verde: el desarrollo del riego localizado (años 50 del pasado siglo), de las estrategias de riego deficitario (años 80) y del riego de precisión (principios de este siglo). Cada uno de estos avances ha supuesto un gran paso adelante en la eficiencia del riego, dando lugar a una notable reducción del agua usada en esta práctica y, por ende, del drenaje excesivo. Esto último conlleva un menor impacto del riego en el arrastre de contaminantes hacia capas profundas del suelo.

Si miramos los avances realizados en los últimos años, el panorama no es menos prometedor en la actualidad. Se están desarrollando, por ejemplo, nuevas técnicas para la aplicación masiva de la Agricultura Intensiva Sostenible, con la que se busca aunar la producción de alimento suficiente para todos con el respeto al medio. En ella se enmarca la agricultura vertical, una modalidad impulsada por el desarrollo de las lámparas LED y mediante el cual se producen alimentos en lechos superpuestos. De esta manera, se eleva la producción por metro cuadrado de suelo a niveles impensables hasta hace poco. Otro ejemplo es la Agricultura 4.0, consistente

en el uso de la geolocalización, de imágenes de drones y satélites, y de la captación de datos por sensores en el campo. La transmisión de esta información casi en tiempo real, y su análisis, permite generar directrices para el manejo racional de la explotación agrícola o ganadera. El trabajo conjunto de empresas en electrónica y en telecomunicaciones, y el desarrollo de técnicas de inteligencia artificial, son pilares fundamentales para la implantación de estas nuevas tecnologías.

Hay razones, pues, para alabar el papel de agricultores y ganaderos, y de los sectores asociados, en la seguridad alimentaria que requerimos y en la preservación del medio natural. Cualquier actividad productiva conlleva un precio, en este caso el consumo y deterioro de recursos naturales. Pero la concienciación ambiental y el apoyo de la tecnología están ahí para ayudarnos a que ese precio sea cada vez menor.

**José Enrique Fernández**

Investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), director del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC), responsable del Grupo de investigación Riego y Ecofisiología de Cultivos y editor de Agricultural Water Management, una revista internacional especializada en el uso del agua en agricultura.



# Hazte socio

## Apoya la divulgación científica



Escanea el código para proceder a la suscripción.





### Colabora en próximos números

Si quieres colaborar en la revista, escribenos un correo a [revista@hidden-nature.com](mailto:revista@hidden-nature.com) y te enviaremos las normas de publicación para que puedas participar en futuras revistas.

## Colaboradores

### Juan Encina

Graduado en Biología por la Universidad de Coruña y Máster en Profesorado de Educación Secundaria por la Universidad Pablo de Olavide. Colabora en proyectos de divulgación científica desde 2013 como redactor, editor, animador de talleres para estudiantes y ponente.



### Juan de Dios Franco Navarro

Licenciado en Biología (US), Máster en Genética Molecular y Biotecnología Vegetal (US) y Doctorando en Biología Integrada (IRNAS-CSIC-US).



### José Enrique Fernández

Investigador científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), director del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC), responsable del Grupo de investigación Riego y Ecofisiología de Cultivos y editor de *Agricultural Water Management*, una revista internacional especializada en el uso del agua en agricultura.



### Marta Gil Martínez

Investigadora en ecología con especial interés en la restauración de ecosistemas terrestres para la recuperación de la biodiversidad. Investigo los suelos para conocer de qué manera son capaces de sustentar vida. Actualmente trabajo en el IRNAS-CSIC de Sevilla donde estudio las comunidades microbianas en diferentes tipos de suelos y las relaciones de simbiosis que realizan los microorganismos con las plantas.



### Francisco Gálvez Prada

Socio fundador del Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos - BioScripts. CEO en IguannaWeb y CTO en Hidden Nature.



### Miguel A. Rosales Villegas

Doctor en Biología. Investigador en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



### Jorge Poveda Arias

Investigador posdoctoral en Misión Biológica de Galicia (CSIC).



### Paloma Cabezas Blanco

Estudiante de Grado en Biología en la Universidad de Sevilla.



### Agradecimientos y atribuciones de imágenes

- Imagen portada y contraportada por *TheDigitalArtist* (Pixabay)
- Agradecimientos a Pixabay y Wikipedia.

## Revista Hidden Nature

Editado por Francisco Gálvez Prada en el **Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Científicos BioScripts** bajo el proyecto **Espacio de Divulgación Científica - Hidden Nature** en Avda. Reina Mercedes 31 Local Fondo, Sevilla, 41012 (España).

ISSN digital: 2531-0178 ISSN impreso: 2531-0402 Depósito Legal: SE 1592-2017

Con el apoyo de



**CSIC**

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Número 11 · 3T/2020



PVP Recomendado - 1.50€

