

Las bacterias dan la alarma

La bioremediación persigue mejorar las capacidades naturales de los microorganismos para su aplicación como técnica medioambiental

De las bacterias se conocen más los defectos que las cualidades, y sin embargo son indispensables para la vida. Es más, los investigadores están descubriendo en ellas un sinfín de insospechadas y útiles habilidades. Por ejemplo, su gran capacidad para adaptarse y obtener nutrientes del entorno podría convertirlas en estupendas «limpiadoras» del medio ambiente: simplemente, se comerían los contaminantes. La «bioremediación» es el área de la ciencia que estudia estas bacterias de usos medioambientales. A ella se dedica el grupo de Víctor de Lorenzo, en el Centro Nacional de Biotecnología (CSIC), en Madrid. Uno de sus proyectos consiste en desarrollar bacterias que alertan de la presencia de contaminantes en el medio, y ya hay una aplicación a la vista: biosensores para detectar minas antipersonas.

MÓNICA G. SALOMONE

«En realidad, el porcentaje de bacterias patógenas es ínfimo en comparación con el número de especies beneficiosas», asegura Víctor de Lorenzo, investigador del Centro Nacional de Biotecnología (CSIC). Las bacterias son las que permiten que haya vida, continúa. «Son los catalizadores biológicos que reciclan los recursos y que hacen que la biosfera funcione». De hecho, los microorganismos llevan 4.000 millones de años en el planeta; la vida en la Tierra empezó con ellos. «Si nos extinguiéramos ellos seguirían viviendo tan tranquilamente, adaptándose mejor que nosotros».

Es un preámbulo de De Lorenzo para explicar uno de los hallazgos que ha revolucionado la microbiología en los últimos tiempos. Tiene que ver con el amor propio de los científicos: durante décadas creyeron que conocían casi todos los microorganismos del planeta, y no sólo resulta que no es así, sino que «hay indicaciones de que más del 99% de los microorganismos de la biosfera no se conocen aún», dice De Lorenzo. Y es que la gran mayoría de esos seres no pueden cultivarse en el laboratorio con las técnicas conocidas hasta ahora. «Eso nos hacía creer equivocadamente que no existen, pero el hecho es que hay una gran variedad inexplorada». Ni siquiera se sabe cuántos tipos de microorganismos hay.

Ha bastado un atisbo en ese microuniverso inexplorado para descubrir organismos con habilidades sorprendentes. Por ejemplo, degradar petróleo. Una de las aplicaciones de la bioremediación es explotar, aumentándolas, estas capacidades naturales de los microorganismos.

Biosensores múltiples

Otra línea es el desarrollo de biosensores que detectan contaminantes, basados en bacterias que emiten luz. El grupo de De Lorenzo trabaja, en



Víctor de Lorenzo dirige el Grupo de Bioremediación del CNB.

La capacidad natural de algunas bacterias para degradar el petróleo se está empleando como agente descontaminante

concreto, en biosensores que alerten de la presencia de varios compuestos, no sólo de uno.

El grupo parte de un hallazgo básico: los microorganismos sólo expresan los genes responsables de degradar contaminantes cuando se encuentran con el compuesto en sí. Es cuestión de economía: «Tú no te esfuerzas en construir instrumentos para hacer una mesa si no tienes la madera, la materia prima». Ahora bien, ¿cómo detecta la bacteria que el contaminante está ahí? Pues gracias a ciertas proteínas, llamadas «reguladores transcripcionales», capaces de unirse al contaminante de la misma forma que una llave (el contaminante) entra en una cerradura (la proteína bacteriana). Así, cuando contaminante y proteína 'encajan', la proteína se modifica y al hacerlo activa los genes de la maquinaria degradativa de la bacteria.

Es decir, la proteína funciona ni más ni menos que como un sensor de contaminante. La idea de De Lorenzo es que además la bacteria emita una señal luminosa cuando lo reconozca, de forma que sirva de alerta a los humanos. Para hacerlo hay que recurrir a la ingeniería genética, la técnica para «cortar y pegar» genes, que son los que dirigen la síntesis de las proteínas.

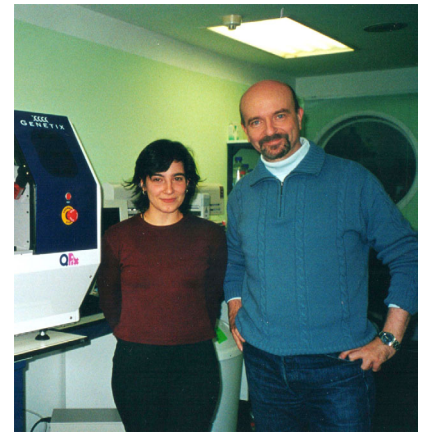
En este caso se trata de fusionar los genes de la proteína detectora del contaminante con otros que la bacteria no tiene naturalmente, y que la hacen emitir luz. Esos genes ajenos pueden proceder bien de los microorganismos que hacen brillar a los peces de las fosas abisales; o bien de las medusas, que también son fluorescentes.

Pero la cosa no queda ahí. El objetivo final es aún más ambicioso: un biosensor que detecte distintos tipos de contaminantes, y que además «te diga qué contaminante es». Equivale a crear una cerradura en la que caben muchas llaves.

Minas antipersonas

El grupo de De Lorenzo ha encontrado ya una proteína procedente de una bacteria del suelo capaz de reconocer algunos nitrotoluenos, que son indicadores de la presencia de explosivos como el TNT. La proteína se llama Xyl-R. Este proyecto, financiado por la Comunidad Autónoma de Madrid, consiste en desarrollar en el laboratorio proteínas variantes de Xyl-R que detecten toda una variedad de contaminantes, incluyendo a los nitrotoluenos. Lo hacen a base de generar aleatoriamente millones y millones de proteínas que se diferencian en apenas unos cuantos aminoácidos –las piezas integrantes de las proteínas–; después se prueba la capacidad de esas variantes de Xyl-R para reconocer nuevos contaminantes. «Es decir: generas diversidad y luego seleccionas genéticamente las proteínas que funcionan», explica De Lorenzo. Un nuevo «robot» adquirido por el laboratorio agiliza muchísimo el proceso.

Ya han obtenido resultados: una proteína que reconoce 2,4-DNT, un componente muy frecuente de las minas antipersona. Así que uniendo esta proteína a un sistema de emisión de luz el grupo ha desarrollado un biosensor con potencial para detectar las minas.



Víctor de Lorenzo junto a una de sus colaboradoras en el laboratorio.

La apetencia de algunos microorganismos por sustancias peligrosas ha permitido desarrollar sensores de alerta para la localización de minas antipersona

[Ver ficha técnica](#)

«Las minas antipersonas no tienen carcasa metálica. Hemos demostrado ya que si ponemos nuestra bacteria [con el sistema detector y emisor de luz] en un suelo con residuos de explosivo la señal de fluorescencia es muy fuerte, mientras que si el suelo está limpio de explosivos no hay fluorescencia», explica. El sistema, que puede combinarse con un sensor de luz aéreo, permite detectar la presencia de 2,4-DNT. Aunque en realidad lo más interesante de este sistema es que dice dónde no hay minas, lo que reduce el área a examinar. «Los estudios demuestran que incluso con reducciones pequeñas se ahorra muchísimo tiempo y dinero en la recuperación de las zonas afectadas».

El grupo ha desarrollado ya cepas prototipo. Ahora están en la fase de estudiar la forma óptima de liberar las bacterias al medio. Uno de los problemas aquí es que las bacterias modificadas genéticamente –o sea, transgénicas– suelen morir rápido cuando son liberadas al medio. Una posibilidad es envolverlas en cápsulas que aporten algunos nutrientes como la glucosa y que las protejan durante unas horas, mientras ellas hacen su trabajo de detección; cuando consumen la glucosa quedan expuestas al medio y mueren.

Ecoingeniería contra las mareas negras

En el despacho de De Lorenzo hay un bote lleno de una masa negra pringosa y apestosa: chapapote del Prestige. Los investigadores intentarán buscar qué bacterias lo degradan mejor –de momento por pura curiosidad, porque este grupo de primera línea internacional en bioremediación no forma parte de ningún comité asesor relacionado con el Prestige. ¿Cómo pueden las bacterias alimentarse de un producto tan tóxico para otros seres vivos?

La respuesta es que ellas «se adaptan muy bien a condiciones ambientales nuevas». Si se les da una cantidad de tiempo razonable aprenden a obtener energía incluso de lo que para otras especies son contaminantes. «Los productos clorados, los pesticidas, los herbicidas... existen desde hace muy poco y por eso no han aparecido todavía microorganismos capaces de degradarlos». Pero con el tiempo, asegura, las bacterias se adaptarán a usar estos compuestos como fuentes de carbono, como nutrientes.

La bioremediación pretende explotar esta capacidad. El primer paso es aprender cómo lo hacen las bacterias. Después se intenta acelerar o mejorar el proceso, lograr que las bacterias aprendan antes a degradar el contaminante o que lo hagan más eficazmente. «Es decir, no tratamos de hacer algo que la naturaleza no hace, sólo intentamos que lo haga más rápidamente», afirma De Lorenzo.

La primera idea fue usar la ingeniería genética para crear microorganismos transgénicos más eficaces como biodegradadores. Pero

se ha visto que las bacterias así modificadas no sobreviven en el medio natural. La opción hoy considerada más prometedora es la ecoingeniería.

«Se trata de modificar racionalmente las condiciones físico-químicas del sitio que se quiere remediar, para hacer un nicho ecológico más fácilmente colonizable para las bacterias». El mecanismo consiste en modificar el pH, los nutrientes u otras condiciones para que, de forma natural, los microorganismos se sientan atraídos.

Para eso hace falta entender bien cómo los microorganismos perciben señales en su entorno, y cómo esa percepción se convierte en un estímulo para expresar la capacidad biodegradativa. De ese trabajo deriva el hallazgo de las proteínas que detectan la presencia del contaminante, que conduce a los biosensores.

FICHA TÉCNICA

Grupo de Bioremediación. Centro Nacional de Biotecnología, Universidad Autónoma de Madrid (Cantoblanco).

Director: Víctor de Lorenzo

Tel.: 91 585 45 36

Líneas de investigación:

Bioremediación