

# La bioremediació o com reinventar el planeta Terra

Bertran Salvador Mata

*Pseudònim: Rosalind Franklin*

Succeeix a vegades que descobriments que en el moment en què van ocórrer podien semblar intrascendents acaben convertint-se en catalitzadors d'una gran revolució científica. Mendel no podia imaginar la rellevància que arribaria a tenir la genètica en el segle XXI, ni Leeuwenhoek, quan començà a identificar microorganismes al microscopi, es plantejava el gir que això causaria a la microbiologia, a la medicina i, en fi, a la mateixa existència humana. La inflexió és un tret característic d'aquestes revolucions que marquen un abans i un després. Un exemple paradigmàtic és Internet al mòbil: fa trenta anys ningú ho hagués ni tan sols imaginat, i avui no sabríem viure'n sense; es tracta per tant d'un punt de no retorn. De la mateixa manera, avui en dia no podríem pensar en la medicina sense Mendel ni Leeuwenhoek. Si bé les revolucions són difícils de preveure, aquí ens agradaria treballar sobre la hipòtesi que postula que la biorremediació es podria arribar a convertir en una via per reiventat l'ecosistema terrestre i, per tant, esdevenir la propera gran revolució científica.

El terme *bioremediació* fa referència a la utilització d'eines biològiques –des de cèl·lules o enzims fins a bacteris o organismes modificats genèticament...– amb la intenció de remediare una situació climàtica o geològica determinada. Així, obre un ventall de possibles usos: des d'utilitzar còctels de microorganismes i nutrients per remediare desastres ecològics com vessaments de petroli o de metalls pesants al medi, fins a dissenyar genèticament línies d'organismes que permetin canviar el paradigma de relació energètica i productiva de l'ésser humà amb l'ecosistema terrestre, l'aspecte més radical i revolucionari d'aquesta tècnica.

En un sentit ampli, els primers intents de bioremediació es remunten a anys enrere, quan es van començar a emprar bacteris –típicament *Pseudomonas*– i fertilitzants microbacterians per intentar degradar els hidrocarburs de vessaments petrolífers a les costes dels EUA, com és el cas de l'*Exxon Valdez*, un desastre ocorregut a la costa d'Alaska. També s'utilitzen espècies vegetals capaces d'acumular en la seva biomassa metalls pesants per eliminar-los del sòl, com ara la *Silene vulgaris*

o *Thlaspi caerulescens*, que eliminen metalls com el cadmi a partir de reaccions basades en el glutatió. Altres possibilitats involucren combinacions de bacteris i fongs que són capaços de desenvolupar-se en les illes de plàstic oceàniques, tot formant biofilms, i així degradar en part aquest compost de difícil reciclatge. Còctels de fongs micorrizes poden subministrar-se a diferents espècies vegetals per afavorir el seu creixement en ambients en vies de desertificació, ja que milloren la captació d'aigua.

Aquestes aproximacions es basen en l'estudi dels microorganismes i la utilització de les seves capacitats per revertir situacions locals, i actualment poden ser optimitzades a partir de l'edició genètica. Existeix, per exemple, una *Pseudomonas fluorescens* que, a principis dels noranta, va ser modificada genèticament per optimitzar el seu funcionament en el degradat d'hidrocarburs. Tot plegat ha permès l'obertura de diferents línies d'investigació que estan desenvolupant eines de remediació d'ecosistemes danyats. Tot i així, aquestes estratègies que s'han anat produint no deixen de ser d'ús local, sense causar efectes globals. La revolució, si es dona, es produirà quan es puguin escalar aquests processos a un nivell terrestre, reinventant les relacions amb el planeta.

Si això acaba sent possible serà, en primer lloc, gràcies als increïbles avenços en enginyeria genètica, amb tècniques com el CRISPR, i en microbiologia –Mendel i Leeuwenhoek han sigut, doncs, dos importants predecessors d'aquesta tècnica–. Els objectius a gran escala que es planteja per a un futur proper la bioremediació són, entre d'altres: produir energia a partir de microorganismes de manera que s'abandoni completament qualsevol combustible no renovable, degradar el diòxid de carboni atmosfèric a partir d'organismes fotosintètics i produir els productes de consum humà a partir de fàbriques biològiques. En definitiva: netejar el planeta i començar a produir els compostos necessaris en clau biològica; tot permetent "editar" les condicions de la Terra, alterar de manera artificial l'equilibri i "curar" el planeta de la desestabilització humana. Implicaria, doncs, una revolució mai vista fins al moment: en lloc de construir grans fàbriques funcionant a partir de combustibles fòssils i produint compostos a partir de l'explotació dels recursos de la Terra, es podrien tenir gegantines fàbriques que produïssin de manera biològica els compostos i l'energia per al funcionament humà.

Per això, cal començar pensant en la Terra com una espècie de gegantí ecosistema en un equilibri

en constant canvi. Van ser Lovelock y Margulis qui per primera vegada van plantejar la hipòtesi Gaia: la Terra com una espècie "d'organisme viu" que es troba immers en un equilibri que implica tota la seva biodiversitat i les seves condicions climàtiques, físiques i químiques. Més enllà de la controvèrsia sobre la hipòtesi, és cert que una de les imatges creades –la Terra malalta per l'activitat humana– ha pres força fins al punt que resulta impossible negar, i témer, l'existència del canvi climàtic, entès com un element desestabilitzador i que es veu accelerat, bàsicament, per factors antropocèntrics. Tant és així, que grups internacionals de geòlegs han començat a parlar d'antropocè com a nova etapa geològica del planeta, evidenciant la responsabilitat humana en els canvis climatològics i geològics. Donat que la solució política no està donant efecte remediand aquesta situació, es fa necessari plantejar solucions científiques alternatives.

La primera línia d'actuació, possiblement, requereixi solucionar el desequilibri causat per l'ésser humà: un dels principals indicadors és el diòxid de carboni atmosfèric que, entre d'altres, contribueix a l'escalfament global, a la desertificació del planeta i a la consegüent pèrdua de biodiversitat, juntament amb fluxos migratoris i situacions de pobresa i manca d'aigua potable, vinculat a la impossibilitat d'habitar aquests deserts. Quant a això, hi ha un gran nombre d'organismes –des de bacteris fins a les plantes– que realitzen la fotosíntesi, el procés mitjançant el qual es fixa el carboni a partir del diòxid de carboni per sintetitzar compostos orgànics. Especialment rellevants per a la bioremediació són les cianobactèries, un conjunt de bacteries fotosintètiques que poden servir per revertir aquesta situació per dos motius: es poden reproduir amb molta facilitat i en un període curt, i a més el seu genoma es pot editar més fàcilment que el de les plantes. Així, és possible que en poc temps es pugui disposar de línies cel·lulars de cianobactèries de ràpida i fàcil reproducció i amb capacitats optimitzades de degradació de diòxid de carboni, que es convertiran en fàbriques purificadoras d'aire.

Hi ha diferents grups d'investigació que actualment estan intentant trobar una manera d'optimitzar o redirigir el procés fotosintètic per aconseguir aquest fi, com el del científic japonès Masahiro Kanno. Aquests grups estudien l'enzim RuBisCO, que és un dels factors limitants del procés fotosintètic: si funcionés de manera més eficient, es podria fixar més carboni i, per tant, retirar-ne més de la circulació atmosfèrica. Per fer-ho, es plantegen opcions que van des d'utilitzar l'enzim d'altres espècies fotosintètiques i inserir-lo en el genoma de les cianobactèries; o bé augmentar la seva

quantitat; o fins i tot alterar la seva estructura per intentar facilitar-ne l'acció.

De la mateixa manera, altres grups estan treballant a *redirigir* el procés per obtenir alcohols o altres derivats que puguin fer-se servir a mode de combustible. Així, s'eliminaria el diòxid de carboni atmosfèric i alhora es generarien combustibles de manera biològica, és a dir, sense minvar els exigits recursos terrestres i, a més, generant compostos menys contaminants. Aquesta segona línia d'investigació és, a la vegada, la que permetria culminar una verdadera revolució biològica, ja que obre la porta a la producció biològica de compostos i d'energia. En lloc de la producció industrial, marcada per la sobreproducció de residus i l'explotació de la Terra, es podrien sintetitzar enormes fàbriques biològiques que poden produir polímers que serveixin a mode de plàstic, o combustibles derivats de bioalcohols, o fins i tot produccions d'elements basats en metalls pesants que alguns microorganismes podrien realitzar, eliminant la toxicitat vinculada.

L'enormitat de la vida microbiòtica permet un ampli marge de possibilitats bioquímiques, fins al punt que amb la suficient investigació, i amb les eines d'edició que permeten "tallar i enganxar" gens entre espècies, es podria arribar a un punt on l'existència humana estigués fonamentada en la mateixa biologia productiva, acabant d'una vegada per totes amb la contaminació i l'exhauriment de recursos naturals. Evidentment, aquest món de possibilitats pot aplicar-se a altres camps: des de la medicina —des de fa dècades es produeixen fàrmacs en microorganismes, però actualment també s'està investigant la construcció dissenyada de microorganismes capaços de detectar i matar cèl·lules tumorals—, fins a la física o la química més bàsica —la majoria de reaccions que es produeixen en plantes de producció, de síntesi química—, es poden reproduir, amb algunes diferències, per via d'éssers vius.

La biologia ha esdevingut una branca del coneixement versàtil, una espècie de capsa d'eines que ens pot permetre solucionar diversos aspectes de la vida humana. Microorganismes modificats genèticament, enzims i fins i tot fàbriques biològiques de producció d'energia renovable i de catalització de processos químics de manera neta ja no són escenaris de ciència-ficció. El medi ambient és modificable a elecció per part de l'home, fins al punt que una completa revolució en el tipus de relació que estableix l'ésser humà amb el planeta és possible. Més enllà que existeixi una voluntat política per avançar en aquesta direcció, dues preguntes romanen sense resposta: quines conseqüències imprevisibles pot tenir la modificació de l'ecosistema terrestre? I, en un sentit més filosòfic: està legitimat l'ésser humà per modificar el conjunt de la biodiversitat amb l'únic objectiu de

preservar la seva existència en un planeta que ha maltractat?