

# Transversal

revista de cultura contemporània



## EL GENOMA: MEMÒRIA DEL FUTUR

núm 17. 2002. 6 euros

# MODIFICAR ORGANISMES

JOSEP M. CASACUBERTA I PERE PUIGDOMÈNECH

Des que l'any 1994 es va comercialitzar una primera planta transgènica fins ara, la percepció social d'aquests productes ha variat substancialment, especialment a Europa. De fet a Anglaterra es va vendre amb èxit un puré de tomàquet el principal reclam del qual era haver estat modificat genèticament i de fet era, pel que sembla, més espès i agradable. La bona acollida inicial ha anat canviant, en bona part per la pressió de grups que preconitzen una tornada als productes naturals o que veuen aquestes tècniques com una nova eina de poder de les multinacionals. La modificació genètica, en lloc de ser una tècnica per obtenir millors productes que han de complir unes normes perquè se n'autoritzi la comercialització, va esdevenir un argument de la lluita política comercial. Durant els darrers anys hem anat coneixent amb una creixent profunditat com són, com funcionen i com s'han format els genomes de diferents organismes incloent les plantes. Aquestes dades ens ofereixen un marc que pot donar una perspectiva nova a aquesta complexa relació que la nostra societat té amb les espècies de què ens alimentem.

Apart d'alguns estats dels EUA on el creacionisme es torna a ensenyar a les escoles, la majoria de societats modernes han assumit que les diferents espècies que poblen el planeta no van aparèixer sobre la terra tal com les coneixem, sinó que són el resultat d'una llarga evolució a partir d'espècies més primitives. L'origen comú de totes les espècies ens obliga a replantejar-nos les nostres actituds antropocèntriques i a mostrar un respecte més gran pels animals i les plantes, per la natura en general. Però si bé hem arribat a acceptar, no sense esforç, l'origen

dinàmic dels humans i les altres espècies, inconscientment seguim mirant la natura com un conjunt immutable d'espècies que podrien mantenir-se invariables per tota l'eternitat. Probablement per això les possibilitats de modificar de manera dirigida els genomes de plantes i animals que ens ofereix la nova biotecnologia són vistes per molta gent com un atemptat contra natura, com una violació de la vida i les seves lleis.

L'anàlisi dels genomes de les plantes i animals acabats de seqüenciar completament coincidint amb el canvi de mil·lenni, ens mostra fins a quin punt aquests són estructures dinàmiques i canviant, fins a quin punt la modificació genètica és inherent a la vida i essencial per a l'evolució. La imatge del programa informàtic que ens governa com una estructura perfectament optimitzada, construïda amb una lògica simple, com un sofisticat ordinador amb un munt d'informacions perfectament ordenades no s'acorda amb les dades que anem obtenint. De fet, si imaginem un ordinador atacat per un grapat de virus, que ara es multipliquen i ara desapareixen, reorganitzant amb la seva activitat els fitxers i les informacions, duplicant-ne trossos i perdent-ne d'altres, modificant, anul·lant o reescrivint moltes de les ordres i deixant-les, al final, perdudes en un mar d'instruccions sense sentit, estarem molt més a prop del que en realitat és un genoma complex. Tots els genomes són fruit de la modificació genètica i tots poden seguir modificant-se.

## Què ens diu l'estudi dels genomes?

L'evolució de la morfologia i de les altres característiques

T39

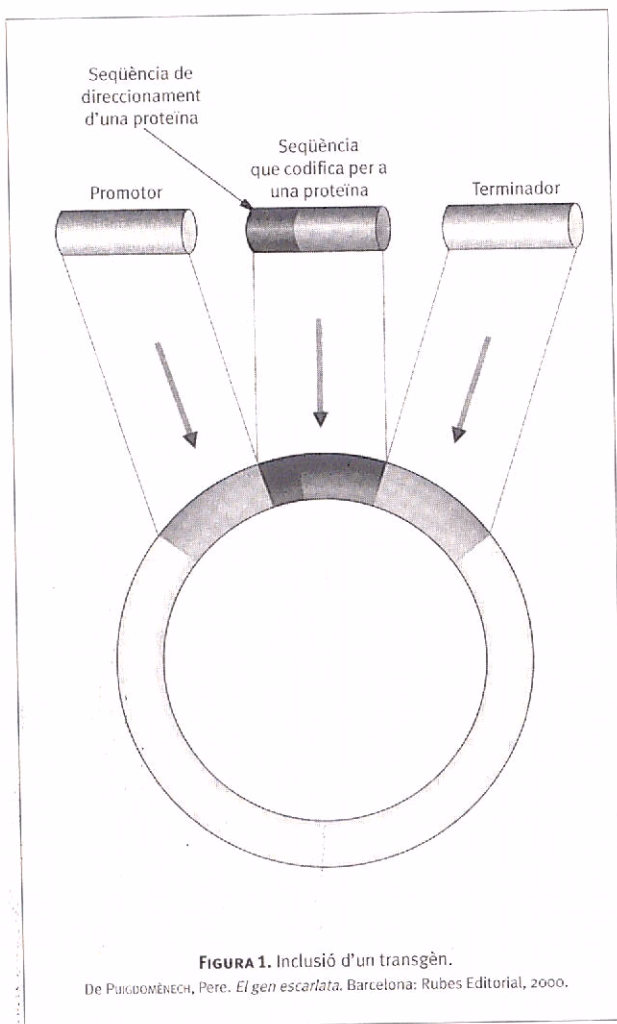
de les espècies és òbviamment fruit de l'evolució dels seus genomes. De les primeres molècules de RNA fins als genomes actuals hi ha un llarg camí fet essencialment de modificacions de genomes menys complexos, on poques coses han estat inventades de zero, i on la direcció ha anat variant en funció dels condicionants externs. Una evolució que es dona gràcies a les mutacions, fruit essencialment dels errors que es produeixen quan el genoma es replica durant la divisió cel·lular i de la interacció dels individus amb el medi extern, i que és dirigida per la selecció.

L'anàlisi i la comparació dels genomes seqüenciats han permès de constatar que tots ells presenten grans similituds malgrat les grans diferències de complexitat dels organismes estudiats. La complexitat d'un organisme no és doncs fruit d'una estructura particular del genoma, però tampoc no és el resultat d'un nombre més gran de gens. Sorprenentment el nombre de gens varia poc entre plantes i animals o entre organismes simples i complexos. L'ésser humà no té més que el doble de gens que un cuc i una mosca té menys gens que una mala herba que només té un 30% menys de gens que l'espècie humana. Per una altra banda, la majoria de gens presents en tots els organismes són molt semblants. Més del 60% dels gens humans es troben també en algun altre dels organismes seqüenciats. Sembla doncs que la complexitat s'obté més de modificar i afinar la regulació dels gens, de provar noves maneres de combinar les eines que es tenen, que no pas d'inventar gens nous.

De fet, una de les sorpreses més grans que ens ha portat l'estudi dels genomes és el poc espai que ocupen les seqüències codificants. Un dels titulars més sorprenents dels que es van publicar en referència a la seqüenciació del genoma humà deia: «El 95% del genoma humà són deixalles». L'article en qüestió es referia al fet que només aproximadament un 5% del genoma humà porta informació traduïble directament en proteïnes. Això no vol dir, evidentment, que el 95% del genoma sigui sobrer. Una part molt important conté precisament les seqüències reguladores dels gens. Unes seqüències reguladores que en els genomes complexos sovint es poden trobar a distàncies molt grans dels gens que regulen. L'estructura poc rígida de les regions reguladores dels gens és doncs al mateix temps el resultat i la causa d'una evolució que s'ha donat gràcies a la introducció de petites modificacions a l'atzar, més fàcils fora que dins de les seqüències codificants. Però tot i així, encara queda un percentatge molt important del genoma al qual no podem atribuir una funció definida.

De fet, més del 50% del genoma humà, i de molts altres genomes, està format per elements mòbils, és a dir, per seqüències de DNA que es mouen i es multipliquen pel genoma fent còpies d'ells mateixos. Tot i que sovint s'ha

T40



qualificat aquests elements com paràsits genòmics, el cert és que el seu moviment contribueix, i molt, a generar la variabilitat necessària per a l'evolució dels genomes complexos.

Les plantes constitueixen un cas particularment interessant des del punt de vista de la plasticitat del genoma. La grandària del genoma de les plantes, a diferència del que passa amb la majoria d'animals, és extraordinàriament variable. Les diferències de la longitud del genoma, fins i tot entre espècies molt relacionades, poden ser de més de 100 vegades. Moltes espècies provenen de l'encreuament de dues espècies diferents i han conservat la major part dels seus dos genomes, i la duplicació, o la multiplicació completa del genoma en algunes cèl·lules o tipus cel·lulars és un fenomen habitual en moltes plantes. Els genomes vegetals són, doncs, extraordinàriament plàstics, i la informació genètica útil no ocupa sovint més que una petita part, a causa en gran part de l'extraordinari èxit que han tingut els elements mòbils en la seva colonització.

De fet una de les diferències més clares que trobem entre els genomes coneguts de plantes i de l'home és que en les plantes els elements mòbils són més actius o ho han estat en temps més recents, mentre que l'espècie humana té elements mòbils però no tan actius. Potser les plantes que no tenen mecanismes de moure's o de defensar-se activament necessiten adaptar-se de forma més ràpida als canvis externs fent servir l'únic mecanisme que poden, que és la variabilitat dels seus genomes.

Aquesta variabilitat en els genomes de les plantes ha estat utilitzada pels humans en el curs de la seva evolució com a societat. En cada etapa de l'evolució de les societats humanes es troben canvis essencials en la manera com es relacionen amb les plantes i els animals que han domesticat per alimentar-se o per a altres usos. El canvi més essencial en les societats humanes va ser en el neolític quan grups d'humans identifiquen un petit nombre d'espècies vegetals (cereals, lleguminoses, alguns fruits) i animals (el gos, el cavall, la vaca, l'ovella, el porc, etc.) dels quals treuen aliment, vestit o que els ajuden al transport. Les eines de la biologia molecular ens permeten ara d'analitzar el treball pacient i intel·ligent d'aque-

lles societats primitives que de forma empírica van crear espècies com el blat o van transformar de forma radical espècies com el blat de moro o el gos creant una varietat de races que s'adaptaven a les seves necessitats. Aquest procés es completa amb l'època de les grans navegacions en les quals el paisatge de molts països del món es trasbalsa de forma probablement irreversible. Podem passar a una altra etapa quan a partir de Mendel i els seus pèsols sabem que els caràcters es transmeten seguint unes lleis precises, l'agricultura arriba a l'actual estat que, malgrat els problemes a llarg termini que té, permet que en els països desenvolupats un 2 o un 3% de la població alimenti el conjunt de la societat a uns nivells de quantitat i qualitat extraordinaris. És cert que tot això ens ha portat molt lluny de l'estat natural i que algunes de les nostres activitats són insostenibles a llarg termini. Però per prendre decisions hem d'analitzar allà on som de la forma més rigorosa possible.

#### Quines aplicacions en podem treure?

Conèixer el genoma d'una planta i com es regulen els gens, així com disposar de la tecnologia que permet aïllar, modificar i reintroduir un gen en una cèl·lula ens obre la possibilitat de modificar d'una manera dirigida, no aleatòria, la informació genètica d'un organisme. A més, el fet que el codi genètic sigui universal fa que una cèl·lula d'un organisme sigui capaç de llegir i interpretar correctament la informació genètica d'un altre organisme, permet de transferir caràcters entre organismes sense tenir en compte la barrera que representa l'aïllament sexual de les espècies.

Amb aquesta base ja s'ha començat a produir plantes transgèniques, genèticament modificades, que presenten característiques especialment interessants per a l'agricultura.

Per aquesta raó quan es va veure que es podia introduir amb èxit gens en plantes i aconseguir que aquests gens funcionessin correctament es va obrir l'expectativa d'un ventall enorme de possibilitats. Tantes eren que des de la comunitat científica es va cridar immediatament al seu aprofitament però també a la seva regulació. L'interès in-

dustrial de les plantes modificades genèticament va despertar l'atenció de les empreses de llavors o agroquímiques, que van identificar caràcters en les plantes de llavors més venudes com el blat de moro, la soja o el cotó que no existien en les varietats existents fins en aquells moments i que podien ser obtinguts mitjançant la transformació de plantes. D'aquí que les plantes transgèniques que han estat més extensament plantades hagin estat la soja tolerant d'herbicides que permet una aplicació agronòmica més fàcil o el blat de moro resistent al barrinador, una plaga molt freqüent en certes regions i contra la qual aquesta espècie no té defensa natural. El fet és que el conreu de plantes modificades genèticament ha anat creixent amb el temps arreu del món amb gairebé 50 milions d'hectàrees plantades l'any 2001 essencialment als Estats Units i Argentina, però també al Canadà, als països de l'Est i de l'Àsia del sud-est, incloent la Xina que és un dels països que inverteix més en aquestes plantes en aquest moment. A Europa, on l'opinió pública ha estat reticent a aquestes varietats i on ha estat establerta una normativa d'etiquetatge, es planta poc, principalment blat de moro resistent a insectes a Espanya, on aquesta plaga és un problema important en certes regions.

En els hivernacles i els laboratoris públics i privats d'arreu del món hi ha una llista impressionant de possibles aplicacions de les plantes modificades genèticament. Aquestes aplicacions inclouen noves espècies com l'arròs, el blat, la patata, la remolatxa, que interessin els països desenvolupats, o la mandioca, el cafè, el moniato o el plàtan, que interessin els països del Sud. En la llista hi trobem aplicacions interessants per al pagès com les

que han estat aplicades fins ara o per al consumidor com plantes que sintetitzen vitamines o que tenen un contingut predeterminat de lípids. Hi trobem plantes que produeixen vacunes, enzims d'interès farmacèutic o medicaments d'origen vegetal produïts de forma més pura o en més quantitat. Es preveu la síntesi de combustibles o plàstics. La seva aplicació dependrà de factors econòmics i tècnics però també polítics i aquí la manera com la nostra societat equilibri els diferents interessos en conflicte serà decisiva.

**Josep M. Casacuberta** (Barcelona, 1962) és llicenciat en químiques i doctor en bioquímica per la UAB. Des de 1986 ha treballat en biologia molecular de plantes al CSIC a Barcelona i a l'INRA de Versalles (França). Ha estat professor de la Universitat de París VII i actualment és científic titular del CSIC i treballa a l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona. A banda de la seva activitat de recerca, ha col·laborat en diferents mitjans de comunicació en temes de divulgació científica.

**Pere Puigdomènech** (Barcelona, 1948) és llicenciat en ciències físiques (Universitat de Barcelona, 1970) i doctor en ciències (Montpeller, 1974; Universitat Autònoma de Barcelona, 1975). Ha realitzat estades a França, Anglaterra, Itàlia i Alemanya. També és investigador del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) a Barcelona des del 1981. Actualment és professor d'investigació del CSIC, i director de l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona (CSIC). Treballa en biologia molecular de plantes i és membre de comitès científics europeus, com ara el Comitè Científic Director, i en el Grup d'Ètica de la Comissió Europea. Escriu regularment articles d'opinió sobre ciència i política científica, com també contes d'entorns científics. Cal destacar la novel·la de recerca-ficció: *El gen escarlata*, publicada per Rubes Editorial.