

IDEES. 8

Revista de temes contemporanis. Octubre/desembre 2000. 1.200 ptes. 7,21 euros



Concert d'idees per al segle XXI

Editorial

Per Àngel Castiñeira i Lluís Reales

Biosfera

L'emergència d'una societat sostenible, per Josep M. Camarasa i Ramon Folch

Les ciències i les indústries de la vida, per Pere Puigdomènech

¿Què ens fa por?, per Jaume Bertranpetit

Econosfera

Més enllà del pensament únic, per Lluís de Sebastián

Treball i ocupació en l'era de la informació, per Manuel Castells

¿Vers l'empresa ciutadana?, per Josep M. Lozano

Els canvis en la cultura del treball, per Carlos Obeso

Sociosfera

Per a una ètica de la immigració, per Joseph H. Carens

La demografia i el futur del sistema de pensions, per Anna Cabré

La recreació de les estructures familiars, per Lluís Flaquer

Dels marges al cor de la societat, per Anna Jolonch

Som uns altres: vida quotidiana i tecnologia, per Vicent Partal

Cratosfera

Globalització i ciutadania democràtica, per Chantal Mouffe

L'enfortiment de la cultura de la pau mundial i la seguretat col·lectiva, per Fèlix Martí

Una fractura recorre el món, per Alfred Bosch

La construcció d'un nou espai de comunicació, per Ramon Zallo

Noosfera

Assumir responsabilitats globals, per Adela Cortina

Diàleg intercultural i construcció europea, per Agustí Nicolau

El diàleg interreligiós en un món de conflictes, per Francesc Torradeflot

Una nova educació per a la societat del coneixement, per Eduard Aibar, Adela Ros i Miquel Strubell

Contra l'estètica, per Martí Peran

Ciència, ciutadà i incertesa, per Jorge Wagensberg

Tornar a pensar, per Ferran Sáez Mateu

Abstracts

Les ciències i les indústries de la vida

Pere Puigdomènech

La mecànica quàntica i la teoria de la relativitat van capgirar en el seu moment la nostra visió del món. El desenvolupament de la física ha modificat la vida quotidiana. Avui les ciències de la vida han pres el relleu: la qualitat de vida dels humans, l'alimentació, la nostra relació amb l'entorn dependran de forma cada cop més estreta de com utilitzem la gran riquesa de coneixement biològic que estem acumulant.

El segle que acabem d'abandonar ha proporcionat als nostres coneixements un canvi qualitatiu d'una enorme amplitud. Va començar amb la formulació d'idees revolucionàries per a la nostra concepció del món material. La pregunta sobre de què estan fetes les coses s'unia a les preguntes sobre la mecànica celeste i sobre l'evolució del planeta. La mecànica quàntica i la relativitat capgiren la nostra visió del món. Al mateix temps, les noves teories de la física donen lloc a unes propostes tecnològiques d'enorme abast. Hi ha, sens dubte, l'energia nuclear, però també l'astronàutica, l'electrònica i la seva conseqüència, la informàtica. I, si volem, també l'explosió de la química els anys cinquanta i seixanta, amb plàstics, nous materials, adobs o fàrmacs, es basa en la nova física. El nostre món no és el mateix després de Planck i Einstein i el conjunt de pensadors brillantíssims que van crear la física del nostre temps.

En tot això, fins ben avançat el segle, la biologia feia el paper de germà pobre de les ciències. El món dels éssers vius apareixia com un conjunt complex i inabastable a l'anàlisi rigorosa, al qual mancava una teoria bàsica i sobre el qual flotava el concepte de matèria viva com una cosa intrínsecament diferent de la matèria inanimada i, per tant, separada de la teoria física que dominava la ciència. El mateix concepte de gen apareix a principi de segle sense un lligam amb una base física determinada. Potser per això les dues grans aplicacions de la biologia, la medicina i l'alimentació, durant molt de temps no apareixen lligades a les ciències biològiques.

La raó d'aquesta situació relativament retardada no era conseqüència del fet que la biologia no hagués produït idees noves durant aquest temps. El segle XIX produeix idees clau per a la biologia, com els conceptes de cèl·lula o de química orgànica, que uneix la matèria inanimada i les substàncies produïdes pels organismes vius, o la consolidació dels conceptes essencials de la clas-



sificació de les espècies i del desenvolupament dels organismes. El segle va acabar amb l'extensió del concepte de cèl·lula al cervell, per Ramon y Cajal, i el redescobriment de les lleis de Mendel sobre la genètica, que encara no tenia aquest nom. Però a tot això li falta unitat i profunditat, i és això el que s'ha aconseguit des de 1953 amb el desenvolupament impressionant de la biologia molecular.

Curiosament, la biologia molecular és una disciplina que prové de la física. El seu origen més clar és en la idea, formulada essencialment per l'escola estructural de Cambridge, que coneixent l'estructura de les molècules en podem conèixer els mecanismes de la seva funció. Per això el

seu treball va consistir a resoldre l'estructura de molècules biològiques que tenen una complexitat creixent, utilitzant la tècnica més poderosa que tenim, la difracció dels raigs X. D'aquesta manera es va conèixer l'estructura d'un antibiòtic o l'estructura d'una proteïna. De fet, quan es va resoldre l'estructura de l'hemoglobina, es va poder interpretar en termes de canvis de l'estructura de la molècula el que passava en una patologia, l'anèmia falciforme, confirmant així la validesa de l'aproximació estructural.

Però, com se sap, el resultat més espectacular va ser la publicació

el 1953 d'una proposta per a l'estructura del DNA, basada en resultats de difracció de raigs X de fibres de DNA. Aquest model establia la base per interpretar alguns dels processos més característics dels organismes vius, com són els que es desprenen de la conservació i transmissió de la informació hereditària.

Els èxits de l'aproximació estructural de la biologia es van ajuntar a altres dades de l'experimentació en biologia bàsica, com eren les de la genètica de microorganismes o la bioquímica per anar descobrint els detalls del funcionament de la cèl·lula. Cal mencionar també els experiments que van demostrar que les molècules en les quals es basa la química de la vida es poden produir de manera espontània en les condicions de l'atmosfera que es pot suposar que tenia la Terra primitiva. A partir d'aquest moment, la vida apareixia clarament sustentada per les lleis de la química i la física, i podíem formular hipòtesis de com la vida havia pogut sortir com un element més de l'evolució del nostre planeta. Mai les ciències de la vida havien estat tan integrades en una visió conjunta de la ciència que inclou la física com a base teòrica del conjunt.

A partir d'aquí, l'explosió de dades sobre el funcionament dels organismes vius ha estat contínua. S'han conegut els mecanismes d'emmagatzematge de la informació genètica i també la manera com aquesta informació es converteix en activitats de la cèl·lula. Els principis de l'activitat de les proteïnes i de les seves interaccions amb altres molècules han esdevingut la base per a la comprensió dels fenòmens bioquímics. Comencem a saber com es formen els organismes a partir d'una cèl·lula i cada cop sabem més com els organismes es van anar formant en la seva evolució durant milions d'anys. Sabem mantenir i modificar cèl·lules en cultiu, i els primers organismes modificats genèticament han fet la seva aparició als laboratoris i finalment al plat de casa. Amb prou feines és notícia que completem el genoma d'un organisme quan ja gairebé coneixem completament el genoma humà.

El nostre món no és el mateix després de Planck i Einstein i el conjunt de pensadors brillantíssims que van crear la física del nostre temps

LES BIC

La re
societat.

éssers vi
gunta ha
tractar d
d'aquest
nostre co
alimenta
tava. Les

Dispo
revolució
manera q
quen a la
el cigrò,

ca el sorg
amb la d
cavall, la
ball pacie
espècies
el deseny
vatge. L'a
va utilitz

Al ma
obrer vo
microorg
vi o cervé
embotits
biotecno
societats
ramaderi
la pesca-
per vesti
situació r
clears.

Aques
empíric,
definició
biotecno
litzar rea

LES BIOTECNOLOGIES HISTÒRIQUES

La recerca científica té com a objectiu augmentar el coneixement de què disposa la nostra societat. Aquest objectiu ens permet de respondre a preguntes bàsiques com, per exemple, si els éssers vius es mouen per lleis diferents de la resta de la matèria. I ja hem vist com aquesta pregunta ha estat resolta els darrers cent anys. Però aquest coneixement és també essencial per tractar de resoldre els problemes que els individus es troben en el curs de la seva vida. Dues d'aquestes qüestions essencials, l'alimentació i la salut, estan lligades de manera estreta amb el nostre coneixement biològic, i l'home ha aprofitat el seu coneixement dels organismes vius per alimentar-se tan bé com ha pogut i per curar-se quan ho necessitava. Les biotecnologies són tan antigues com la societat humana.

Disposar d'unes fonts d'alimentació sostingudes permet la revolució neolítica. És una tasca de mil·lennis que floreix d'una manera gairebé simultània fa uns deu mil anys quan es domestiquen a la Xina l'arròs i la soja, a l'Orient Mitjà el blat, la lletia i el cigró, a l'Amèrica Central el blat de moro i la mongeta i a l'Àfrica el sorgo. A l'inici de l'agricultura hi hem d'afegir la ramaderia amb la domesticació d'espècies com l'ovella, la vaca, el porc, el cavall, la gallina, etc. Tot això només s'aconsegueix després d'un treball pacient de genètica empírica tan eficaç que algunes d'aquestes espècies no existien i, en alguns casos, com el del gos, ha calgut el desenvolupament de les tècniques moleculars per assegurar quina era l'espècie en estat salvatge. L'agricultura i la ramaderia són les primeres tecnologies aplicades als organismes vius que va utilitzar l'home.

Al mateix temps, desenvolupar les ciutats amb els seus menestrals, sacerdots, guerrers i obrers vol dir transportar i conservar el menjar. Aquí apareix la primera biotecnologia basada en microorganismes, els llevats i els bacteris. La fermentació que permet de produir pa, formatge, vi o cervesa, és un mitjà de conservar els aliments i de transportar-los. Curar els aliments, fer embotits o iogurts, són altres maneres d'utilitzar els processos fermentatius; es tracta d'una altra biotecnologia empírica amb molt d'èxit perquè n'ha depès una bona part de l'alimentació de societats senceres. Fins ben avançat el segle XIX, la societat humana necessita l'agricultura i la ramaderia, juntament amb la caça i la recol·lecció –que encara duem a terme, per exemple, en la pesca–, per alimentar-se, però també per obtenir les fibres (cotó, llana, lli, etc.) que necessita per vestir-se, per fer foc (fusta) o per curar-se amb herbes o remeis d'origen animal. Aquesta situació només va canviar quan l'home va trobar els recursos fòssils (petroli o carbó) o els nuclears.

Aquestes utilitzacions tradicionals de processos biològics estaven basades en un coneixement empíric, però no les denominem biotecnologies, encara que compleixen els termes de la seva definició clàssica: utilització d'organismes vius o parts d'aquests per obtenir béns o serveis. La biotecnologia amb aquest nom és una creació del segle XX, quan a principi de segle es van utilitzar reactors amb llevats per produir substàncies químiques o quan avui fem servir cultius

Les biotecnologies són tan antigues com la societat humana: l'home ha aprofitat el seu coneixement dels organismes vius per millorar la seva alimentació i la seva salut

cel·lulars per produir, per exemple, plantes genèticament idèntiques. Les fermentacions controlades microbiològicament o els cultius cel·lulars és el que anomenem biotecnologies clàssiques, perquè la biotecnologia moderna comença cap a l'any 1970.

EL DNA RECOMBINANT

Des del descobriment de l'estructura del DNA fins al 1970 hi ha un període d'intensa recerca en tots els camps de la biologia bàsica. És la gran època de la bioquímica, en la qual es confirma el gran principi que a cada activitat bioquímica, allò que denominem un enzim, li correspon un gen. Aquest principi és essencial, perquè lliga la informació que hi ha al DNA, el gen, amb l'activitat que hi ha a la cèl·lula, l'enzim. Els enzims amb les seves propietats catalítiques són la base de l'eficiència de les reaccions bioquímiques. Es descobreix també com la informació escrita en el llenguatge del DNA es tradueix en el llenguatge de les proteïnes mitjançant el codi genètic i com físicament es transporta en la cèl·lula mitjançant el RNA missatger. També apareix, entre molts altres conceptes, el de regulació dels gens que s'expressen en moments determinats i en cèl·lules determinades de l'organisme.

El fet és que totes aquestes descobertes han anat bastint les bases conceptuals de la biologia moderna. Però al mateix temps fornien les eines per a noves aplicacions. L'any 1970 es demostrava que és possible aïllar fragments de DNA, introduir-los en petits cromosomes bacterians que actuen de vectors i amplificar-los a voluntat. D'aquesta forma és possible conèixer l'estructura dels gens i fer-los servir com a sondes per a múltiples aplicacions. Les tècniques d'amplificació del DNA que s'han desenvolupat els darrers anys són d'una extraordinària sensibilitat i especificitat. Tots hem sentit parlar de la identificació d'individus a partir de mostres tan petites com un cabell o de la identificació de DNA d'alguna espècie desapareguda a partir de material fòssil.

També és possible, un cop un gen ha estat aïllat, produir la proteïna codificada pel gen. Això pot ser interessant si la proteïna té un interès farmacèutic. Exemples en són la insulina, l'hormona del creixement, la proteïna de la coberta del virus de l'hepatitis B, etc. És obvi l'interès mèdic d'aquest tipus de producció. I és obvi també que, com tot, aquestes possibilitats es poden utilitzar bé o malament. Per exemple, una de les proteïnes que es produeixen d'aquesta manera és l'eritropoetina. Aquesta és una hormona, coneguda també per EPO, que ajuda a produir glòbuls vermells en cas d'anèmia. Però és possible que n'hàgim sentit parlar més sovint pel seu ús com a droga en els esportistes per augmentar la seva càrrega d'oxigen en la sang.

ELS GENOMES I LES SEVES APLICACIONS

Des de l'any 1970, les metodologies d'anàlisi del DNA han tingut un progrés accelerat. Una de les demostracions d'aquesta acceleració és la seqüenciació del DNA. Es tracta dels mètodes que permeten de conèixer la llista de les instruccions escrites al DNA. Aquestes estan escrites,

seguint un
fet el DNA
interpreta

A l'inic
fragment
sos. Cap al
que ja pod
al mercat
d'un bacte
animals ir
lions, ens
neixement

Un cop
les funcio
de gens u
darrers an
fet, el prod
cia per ella
ca, sinó tar
es poden o
La feina de
cun dels g
s'han dese
centenars
dóna lloc a

L'altre
cionades p
noma prod
mes infor
les enorme
o predir l'e
Totes aque
qüències q

LA MEDIC

Les ein
tes possibi
de diagnos
tenen el se

seguint una seqüència, en les quatre lletres que són les quatre bases nucleiques de les quals està fet el DNA. Conèixer la seqüència d'un gen és conèixer la informació que aquest conté. Com interpretar aquesta seqüència en termes de funcions biològiques és una altra cosa.

A l'inici del desenvolupament de les tècniques del DNA recombinant, seqüenciar un petit fragment de dues-centes o tres-centes bases nucleiques podia ser una feina de setmanes o mesos. Cap al final dels anys vuitanta van sortir instruments de seqüenciació automàtica del DNA que ja podien llegir cada dia uns quants milers de bases nucleiques. En l'actualitat hi ha aparells al mercat que cada dia en poden llegir centenars de milers. Si tenim en compte que el genoma d'un bacteri té uns centenars de milers de bases, el genoma del llevat uns set milions, el dels animals inferiors o algunes plantes al voltant de cent milions i l'espècie humana tres mil milions, ens adonem que els avenços en la seqüenciació del DNA han posat al nostre abast el coneixement de genomes complexos de manera completa.

Un cop acabada la feina de seqüenciació d'un genoma, l'estudi de les bases moleculars de les funcions biològiques d'una espècie adquireix una dimensió nova. D'una banda, l'aïllament de gens un a un, tasca que ha ocupat gran nombre de grups els darrers anys, ja no és necessari, perquè tots estan disponibles. De fet, el producte d'un projecte genoma no és únicament la seqüència per ella mateixa, disponible mitjançant la consulta informàtica, sinó també una col·lecció ordenada de fragments de DNA que es poden obtenir de centres públics o d'empreses especialitzades. La feina dels investigadors és anar descobrint la funció de cadascun dels gens i les interaccions dels uns amb els altres. De fet, s'han desenvolupat eines que permeten d'analitzar l'expressió de centenars o de milers de gens de manera simultània. Tot això dona lloc a un nou món de recerca i d'instrumentació, que anomenem la genòmica.

L'altre gran camp que ha nascut amb l'aparició dels grans blocs massius de dades proporcionades per la seqüenciació de genomes sencers és la bioinformàtica. Els grans projectes genoma produeixen quantitats massives de dades que només es poden tractar mitjançant programes informàtics cada cop més sofisticats. Aquests programes permeten identificar els gens en les enormes llistes de seqüències, comparar gens, i això pot donar pistes sobre la seva funció, o predir l'estructura de les proteïnes de manera cada cop més fiable, però encara incompleta. Totes aquestes eines ens donen unes possibilitats noves de cara al futur, que tenen unes conseqüències que encara ens és difícil de preveure.

Mai les ciències de la vida
havien estat tan
integrades com ara en una
visió conjunta de la
ciència, amb la física com
a base teòrica del conjunt

LA MEDICINA DE BASE GENÈTICA

Les eines de la genòmica ens obren unes noves possibilitats per encarar la malaltia. Aquestes possibilitats es donen en diferents direccions. Una d'aquestes, que ja s'està fent servir, és la de diagnosticar malalties de base genètica. Sabem que existeixen unes sis mil malalties que tenen el seu origen en canvis (mutacions) en gens essencials del genoma humà. Aquestes ma-

malalties afecten col·lectius significatius i sovint tenen un tractament difícil. En el cas d'individus de risc, ja es diagnostiquen en el fetus mitjançant mètodes moleculars. Altres malalties que tenen una base genètica però no sempre són hereditàries, són els tumors. El coneixement dels mecanismes de formació dels tumors ha avançat de manera espectacular en els darrers anys. De mica en mica, les eines moleculars es van aplicant per afinar el diagnòstic i proposar els tractaments més adequats.

Però el fet de tenir dades sobre el genoma sencer ens permetrà d'estudiar malalties que tenen una base genètica complexa. Sabem que moltes de les malalties més importants, com els tumors, però també les malalties cardiovasculars, la diabetis o les malalties mentals, per men-

Des del descobriment de l'estructura del DNA fins al 1970 hi ha un període d'intensa recerca en tots els camps de la biologia bàsica: és la gran època de la bioquímica

cionar-ne algunes, tenen una base genètica però no depenen d'un únic gen, sinó de combinacions de gens que poden ser complexes en alguns casos. L'anàlisi genètica d'aquests conjunts de gens podrà servir per predir la probabilitat que un individu té de patir una malaltia determinada. Aquesta dada podrà ser important perquè cadascú pugui enfocar la seva vida coneixent els riscos que té de desenvolupar una patologia determinada. Les qüestions ètiques que planteja aquesta situació són també evidents.

La complexitat de la base genètica serà també la base de les noves famílies de productes farmacèutics. En aquests moments la carrera de les grans empreses farmacèutiques per tenir accés a les dades del genoma humà i dels genomes dels patògens més importants per a l'espècie humana és molt intensa. La raó s'entén fàcilment. Les substàncies actives que fem servir en farmàcia actuen de manera específica activant o inhibint una funció d'uns teixits concrets, és a dir, interaccionen en general amb una proteïna. En conseqüència, conèixer l'estructura d'una proteïna pot ser una via útil per dissenyar molècules que hi interaccionin. Per això el coneixement de gens que codifiquen per proteïnes importants permet de deduir la seqüència de la proteïna, expressar-la i tenir idea de com funciona. Si, a més, podem conèixer-ne l'estructura, tindrem dades essencials per dissenyar nous fàrmacs. Però les dades de la genètica molecular humana ens poden permetre aplicar aquesta aproximació de manera més precisa. De fet, un cop se sap que una proteïna és important en una malaltia determinada, es pot aïllar el gen de l'individu que la pateix i dissenyar una molècula que actuï de manera més eficaç sobre la proteïna d'aquesta persona concreta. Ens acostem a l'època del disseny de fàrmacs individualitzats que evitin efectes laterals i siguin més eficaços. El cost d'aquests fàrmacs és òbviament un altre problema, que un moment o altre ens haurem de plantejar.

Una altra possibilitat que s'obre amb el coneixement de la base molecular de les malalties és la de corregir el gen que funciona de manera defectuosa en el cas que aquesta sigui la causa de la malaltia. La idea seria subministrar el gen que funcioni correctament o anul·lar l'expressió de gens el funcionament dels quals produeix la malaltia. És el que anomenem teràpia gènica, i s'aplicaria en les malalties d'origen gènic, tant les hereditàries com les tenen com a base mutacions, com és el cas dels tumors. Ja s'ha demostrat que en algun cas concret d'una malaltia

genètica
regir els
problem
resolta fi

TRANSO

La ter
Per fer ai
va destin
en el cas
plantes. U
nem un c

Des d
haguéssin
Si volem
embrionè
Així, el q
porar i, u
les quals
específica
da knock-
quan es v
ha esdevi
gens en n
cífiques d
ties molt

Els an
Una d'ell
nades per
al consum
cas més fe
també s'e
per a trasj
ressant, d
porc pugu

També
cap modif
relació am
diferencia

genètica congènita la teràpia gènica pot funcionar. De totes maneres, els experiments per corregir els defectes gènics en tumors, malauradament, per ara no han donat resultats positius. El problema de fer arribar el gen a les cèl·lules on aquest ha de funcionar és una qüestió no ben resolta fins ara.

TRANSGÈNICS I CLÒNICS

La teràpia gènica és un intent de fer arribar un gen a unes cèl·lules d'un organisme adult. Per fer això cal que aïllem el gen, el modifiquem si cal perquè funcioni en la cèl·lula a la qual va destinat, i l'hi fem arribar. Podem aplicar un procediment semblant a cèl·lules embrionàries en el cas dels animals, o a cèl·lules que poden regenerar un organisme sencer en el cas de les plantes. Un organisme en el qual hem introduït un gen prèviament aïllat al laboratori, l'anomenem un organisme modificat genèticament o un organisme transgènic.

Des de l'inici de la dècada dels vuitanta es van desenvolupar tècniques perquè un gen que haguéssim aïllat i modificat, si calia, en el laboratori, s'incorporés al genoma de cèl·lules animals. Si volem tenir un animal sencer amb el genoma modificat, hem d'introduir el gen en cèl·lules embrionàries, que són les úniques capaces, almenys fins ara, de donar lloc a un animal sencer. Així, el que es fa en general és injectar en òvuls fecundats el fragment de DNA que es vol incorporar i, un cop fet això, l'embrió microinjectat s'introdueix en l'úter de femelles preparades, de les quals naixerà l'animal transgènic. Una modificació d'aquesta tècnica permet anular específicament un gen d'un animal. Aquesta tècnica, anomenada *knock-out*, s'utilitza essencialment en ratolins i és molt útil quan es vol saber la funció que té un gen concret en el ratolí, que ha esdevingut un sistema model per a l'estudi de la funció dels gens en mamífers. Ratolins transgènics amb modificacions específiques dels seus gens s'utilitzen també com a models de malalties molt diverses.

La feina dels investigadors és anar descobrint la funció de cadascun dels gens i les interaccions dels uns amb els altres

Els animals transgènics s'estan estudiant amb altres finalitats. Una d'elles és la d'aconseguir que creixin més de pressa o que tinguin unes qualitats determinades per a l'alimentació. Als Estats Units ja han estat aprovats salmons, truites o tilàpies per al consum humà. Una altra aplicació dels animals transgènics és la producció de proteïnes. El cas més favorable és la producció de proteïnes d'interès terapèutic en la llet d'ovelles. Finalment, també s'estan modificant animals, sobretot porcs, que podrien utilitzar-se com a font d'òrgans per a trasplantaments, el que s'anomena xenotrasplantament. Aquesta oportunitat, molt interessant, de tenir una font d'òrgans, planteja també qüestions sobre la possibilitat que virus del porc puguin passar a l'espècie humana.

També han arribat als mitjans de comunicació noves metodologies que no tenen a veure amb cap modificació genètica, però que hi poden estar relacionades. Aquestes metodologies tenen relació amb el control del procés que produeix cèl·lules de diferents tipus a partir de cèl·lules poc diferenciades. L'exemple més clar és el desenvolupament de l'embrió. L'òvul fecundat va dividint-

se i les seves cèl·lules van diferenciant-se en un procés determinat genèticament de manera precisa i que dóna lloc a l'organisme complet. La fecundació in vitro és una metodologia que l'únic que fa és permetre en el laboratori la fecundació d'un òvul per part d'un espermatozou quan existeixen dificultats perquè el procés es doni de manera natural. Aquest procés dóna lloc a molts embrions dels quals només s'implanta un petit nombre. En l'actualitat, aquestes cèl·lules embrionàries sobrants s'utilitzen per tractar de dirigir el seu desenvolupament i produir teixits diferenciats que es puguin utilitzar per a trasplantaments o per a rejevenir alguns teixits. El cas més favorable és quan aquestes cèl·lules són genèticament idèntiques a les d'un adult. Això és el que aconseguí la tècnica de clonació que es va demostrar factible en el cas de la famosa ovella Dolly. En aquest experiment es va substituir el nucli (que és el que conté el DNA) d'una

Hi ha unes sis mil malalties que tenen el seu origen en canvis (mutacions) en gens essencials del genoma humà

cèl·lula embrionària pel nucli d'una cèl·lula adulta i es va demostrar que podia donar lloc a un adult normal. Aquest conjunt de tècniques cel·lulars poden tenir unes aplicacions importants, però obren la delicada qüestió de l'experimentació amb cèl·lules de l'embrió humà.

Però els primers transgènics que han arribat al consumidor són les plantes, i la polèmica els ha envoltat des d'un bon començament. Això ha estat una sorpresa per a molts, començant pels industrials que han introduït aquestes varietats, perquè d'una

banda, responen a problemes que s'havien plantejat en l'agricultura, i de l'altra, des del principi la seva introducció ha anat seguida d'unes reglamentacions molt estrictes. Però els consumidors, a Europa especialment, no han vist avantatges en aquestes varietats, que certament són bàsicament útils per al pagès i, en canvi, els possibles riscos s'han magnificat. Les primeres varietats que han arribat al mercat proporcionen a les plantes noves resistències davant de malalties o plagues que no existien en les varietats de manera natural, o toleren herbicides, la qual cosa permet un conreu més senzill de la varietat modificada.

És clar que la dificultat d'entendre què volen dir els organismes modificats genèticament ha plantejat el problema dels riscos que aquestes varietats poden comportar, però també és clar que ens ofereixen unes possibilitats completament noves per a totes les aplicacions de les plantes, i que sabem que són molt extenses. Efectivament, s'està treballant en varietats que per les seves resistències superiors a malalties o plagues tinguin menys pèrdues, però també s'intenta modificar la formulació dels seus components nutricionals, per exemple lípids, sucres o proteïnes. Aquestes noves plantes poden proporcionar uns aliments més adaptats a les necessitats nutritives dels consumidors individuals. També s'està treballant per retornar a les plantes el seu paper essencial en la fabricació de productes farmacèutics, modificant les seves rutes metabòliques, i per millorar la producció de biocarburants, de fibres per vestir o fins i tot de plàstics. És clar que les plantes són els millors reactors per convertir l'energia solar en productes utilitzables per la nostra societat. La modificació genètica de plantes, com s'ha fet des de l'inici de la societat neolítica amb mètodes més senzills, pot aportar aplicacions interessants en aquesta direcció, encara que la seva utilització dependrà de les decisions que es prenguin respecte al seu cultiu i la seva comercialització.

Les ciències que és la d... que vénen... a certes bio... de fer amb... que les nov... ofereixen, p...

Moltes a... neixement, xement d'in... tament rebu... impossible]... dria. Però le... aviat proven... dicis. Un bc... embrionàrie... rebutjar com... litat, les pos... òrgans són t... tant, les norr... continuamer... l'ús de les da... radores o les... gislatius. Les... interessos qu...

Les noves i petites com... que les comp... millor a qui e... farmacèutics... només poder... gència d'aplic... als productes... objecte de dis... els recursos n...

Hi ha una... prioritàries en... tics que poder... noves aplicaci...

MOLTES DECISIONS QUE S'HAN DE PRENDRE

Les ciències de la vida són, juntament amb una altra xarxa orgànica que anem construint, i que és la de les telecomunicacions, el camp d'aplicacions industrials més extens en els temps que vénen. En això estan unànimement d'acord els analistes, tant si són favorables com contraris a certes biotecnologies. Però hi ha també unanimitat a considerar que aquestes aplicacions s'han de fer amb una gran prudència i en el marc d'una legislació i d'un consens importants. És clar que les noves biotecnologies ofereixen aplicacions importants i que hem d'aprofitar el que ens ofereixen, però no a qualsevol preu.

Moltes aplicacions biotecnològiques tenen una dimensió ètica. En els actuals nivells de coneixement, qualsevol modificació genètica de cèl·lules o embrions que poguessin portar al naixement d'individus humans modificats genèticament és completament rebutjable, entre altres arguments perquè, ara per ara, és impossible predir amb precisió els efectes que la modificació tindria. Però les consideracions ètiques rarament són absolutes, més aviat provenen d'una consideració relativa entre beneficis i perjudicis. Un bon exemple ens l'ofereix la manipulació de cèl·lules embrionàries humanes. Fins fa poc temps hi havia unanimitat a rebutjar completament la possibilitat de dur-la a terme. En l'actualitat, les possibilitats d'aplicar aquest procediment per reparar òrgans són tan prometedores que molts països es preparen per admetre'n la investigació. Per tant, les normes que es dictin pot ser que tinguin una vida efímera i, per tant, cal tenir en compte contínuament les aplicacions que van apareixent i les seves conseqüències. Un altre exemple és l'ús de les dades genètiques dels individus. Els límits de la privacitat o de l'accés de les asseguradores o les empreses a aquestes dades és un tema complex que caldrà decidir en termes legislatius. Les bases culturals de cada país acabaran pesant en aquestes decisions tant com els interessos que mouen.

Les noves biotecnologies tenen una enorme dimensió econòmica que no escapa a les grans i petites companyies que tenen com a àmbit d'actuació les ciències de la vida. Això possibilita que les companyies inverteixin recursos i esforços perquè els productes arribin com més aviat millor a qui els necessita o els desitja. Això és especialment rellevant pel que fa als productes farmacèutics. Les reglamentacions que s'han dictat per assegurar que no tenen efectes negatius només poden complir-se amb fortes inversions. Una conseqüència d'aquesta situació és l'exigència d'aplicar els sistemes de protecció de la propietat intel·lectual (patents, essencialment) als productes de la recerca en biologia molecular. Els límits i modalitats d'aquests sistemes són objecte de discussió, però sense sistemes d'aquest tipus és difícil que les empreses inverteixin els recursos necessaris per al desenvolupament dels nous productes d'ús terapèutic.

Hi ha una clara dimensió social en el fet de decidir quines són les qüestions mèdiques prioritàries en recerca i inversions. Ja hem vist les possibilitats que s'ofereixen de nous diagnòstics que poden afectar de manera important la forma de vida dels individus. També es preparen noves aplicacions terapèutiques, com cèl·lules per reparar teixits, xenotrasplantaments, teràpia

L'organisme modificat genèticament (o transgènic) és aquell en el qual hem introduït un gen prèviament aïllat al laboratori

gènica o fàrmacs a la mida dels individus. Tot això serà sens dubte interessant, però econòmicament difícil d'assumir. Qui tindrà accés a aquests avenços no és una qüestió irrellevant, com ja ho estem veient en els nous fàrmacs contra la sida. Aquest accés pot ser diferent entre els membres d'una mateixa societat, com també entre els diferents països del món. El mateix podem dir de les aplicacions a l'agricultura. Una societat sostenible no pot menysprear les possibilitats de les aplicacions de les noves biotecnologies agrícoles. Un cop passada la primera onada de polèmiques i un cop establertes les regles de les seves aplicacions, quedarà el problema de l'accés que tindran a aquestes tecnologies les societats menys desenvolupades, que potser són les que més ho necessiten. Ja veiem, per tant, que les aplicacions biotecnològiques necessitaran una reflexió ètica continuada. Però la biologia afecta altres aspectes del món de les idees.

LA BIOLOGIA EN LA NOSTRA VISIÓ DEL MÓN

En efecte, les contribucions de la biologia els darrers cinquanta anys ens proposen una visió del lloc que la nostra espècie ocupa en el planeta Terra. En aquests moments l'espècie humana és un factor essencial en l'evolució del planeta. Des del Neolític la nostra espècie ha adaptat els paisatges a la seva conveniència i ha escollit i manipulat les espècies que necessitava per a la seva alimentació, per al transport o el vestit. Però l'activitat humana estava restringida a certes regions del món i ara el planeta se'ns està fent cada cop més petit. Ja som nosaltres els qui,

S'estan estudiant animals transgènics que creixen més de pressa o que tinguin unes qualitats determinades per a l'alimentació humana

de manera conscient o inconscient, decidim quines espècies sobreviuen o quines exterminem. Som nosaltres els qui produïm efectes importants sobre la composició de l'atmosfera o sobre la superfície de la Terra.

També els avenços de la biologia ens donen una nova visió de nosaltres mateixos. L'espècie humana apareix com un element més de l'evolució de les espècies i, per tant, del planeta. Els resultats de la recerca que esperem en els anys a venir poden acabar tenint un impacte significatiu en conceptes que tenen a veure amb el fet que ens veiem diferents de la resta de les espècies. L'estudi del cervell és la gran frontera que de mica en mica fem retrocedir. Els conceptes de memòria o de percepció, l'anàlisi de les malalties mentals, ens aniran donant dades sobre el funcionament del sistema nerviós. Pensem, per exemple, que ben aviat coneixerem al mateix temps els genomes de l'home i del ximpanzé. La comparació d'aquests genomes ens dirà on és l'u per cent de diferències dels gens que sabem hi ha entre les dues espècies. Seran probablement un petit nombre de grans diferències en pocs gens i una munió de petites diferències en molts gens. En aquestes diferències hi ha l'especificitat de l'espècie humana. I potser algun dia tindrem dades sobre l'existència de vida en altres planetes. Aquest és potser el gran experiment pendent de la biologia i, malauradament, en gran part no depèn de nosaltres dur-lo a terme.

Aplicar les ciències de la vida de la manera més prudent i intel·ligent possible serà un element decisiu en la manera com evolucionarà la nostra espècie i com aquesta evolucionarà jun-

tament amb
tació, la nos
piguem uti
aquest dese
xement que
de la societ
ne les cons
cialment ac
d'anar prer

BIBLIOGRAFIA

DULBECCO, R.
PUIGDOMÈNECH,
RIDLEY, Matt,

Pere Puigdo
Montpeller, a
titut de Biolo
articles cient
tes nacionals

tament amb el planeta i les espècies que conté. La qualitat de vida dels individus, la seva alimentació, la nostra relació amb l'entorn, dependran cada cop més estretament de la manera com saiguem utilitzar l'enorme riquesa de coneixement biològic que estem acumulant. Si volem que aquest desenvolupament es faci de manera harmònica i profitosa és indispensable que el coneixement que suposen les noves biotecnologies flueixi de manera ràpida i rigorosa cap al conjunt de la societat. El nou coneixement biològic és d'una gran riquesa i cal assumir-lo i reflexionar-ne les conseqüències. Aleshores podrem encarar de la manera més responsable, intel·ligent i socialment acceptable les decisions, moltes de les quals són complexes i delicades, que haurem d'anar prenent en els anys que vindran.

BIBLIOGRAFIA

- DULBECCO, Renato, *Los genes y nuestro futuro*, Madrid, Alianza, 1999.
PUIGDOMÈNECH, Pere, *El gen escarlata*, Barcelona, Rubes, 2000.
RIDLEY, Matt, *Genoma*, Madrid, Taurus, 2000.

Pere Puigdomènech és llicenciat en Ciències Físiques i doctor en Ciències Biològiques. Ha treballat al CNRS de Montpeller, al Portsmouth Polytechnic i al Max-Planck-Institut, a Berlín. És professor d'Investigació i director de l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona (CSIC) i president de la Societat Catalana de Biologia. Ha publicat més de cent articles científics en revistes internacionals i uns dos-cents articles de divulgació i política científica en diaris i revistes nacionals i internacionals.