



**Diable espinós australià**



**Esquiroi terrestre pàl·lid**



**Paó**



**Babuí anubis**



**Pingüí emperador**



**Ós polar**



**Cavall islandès**



**Anfós**



**Melichthys vidua**



**Girafa reticulada**



**Cotorra multicolor**



**Camaleó de Parson**

## L'arca de Haussler

Un equip internacional de científics vol desxifrar completament el genoma de 10.000 vertebrats. Aquest projecte gegantí és possible gràcies al progrés vertiginós de les tècniques de seqüenciació. Però, quins coneixements pot aportar una quantitat de dades tan enorme?

**M**iguel Vences col·lecciona granotes. Aquest biòleg n'ha atrapat aproximadament 400 exemplars diferents els darrers anys, a Madagascar. Fa poc temps, ell i el seu equip van descobrir, tot d'una, 130 espècies que fins aleshores encara es desconeixien.

A les 20.000 mostres que actualment es troben al congelador del laboratori de Vences, a la Universitat Tècnica de Brunsvic, hi ha emmagatzemats sang,

pell i teixit muscular. "Solament em falten tres espècies conegudes a l'illa —ens explica— que viuen ben amunt de la muntanya més alta." Per tant, ha d'anar-hi una altra vegada l'any vinent.

A Madagascar hi ha moltes granotes: aproximadament, un 5% de totes les espècies conegudes mundialment; de tant en tant s'ajunten cent espècies diferents en un sol curs d'un riu. A més de la col·lecció de granotes

de Madagascar, l'herpetòleg Vences també guarda al compartiment refrigerador conserves de granota de diverses regions d'Àfrica, cosa que el converteix en el col·laborador més sol·licitat d'un gran projecte internacional. Una tropa de zoòlegs, d'investigadors de l'evolució, de bioinformàtics i de treballadors de museus de tot el món volen desxifrar el genoma de 10.000 vertebrats, entre els quals també hi ha centenars d'amfibis. Vences vol contribuir-hi amb algunes de les mostres de granotes.

Els creadors a l'entorn de David Haussler, bioinformàtic a la Universitat de Califòrnia, a Santa Cruz, anomenen aquest ambiciós projecte *Genoma 10K*. A l'abril, en laboratoris d'investigació, jardins zoològics i col·leccions de ciències naturals, van començar a reunir mostres a escala mundial. I d'aleshores ençà més de 16.000 possibles candidats s'han afegit a la llista: trossets de teixits d'ocells, de peixos, de mamífers, d'amfibis i de rèptils. Alguns, ja extints; alguns altres, a punt de desaparèixer.

D'ací a poc de temps, totes les mostres animals han de passar un control



Iguana marina



Lleó



Coala



Vultur de l'Himàlaia



Hipopòtam



Reineta d'ulls vermells americana



Rinoceront negre



Tortuga olivàcia



Pitó verd



Eecinc llenguablau comú



Peix escorpi



Mandrill

de qualitat i, aleshores, una vegada empaquetades amb molta cura i proveïdes de tots els papers d'importació, han de començar el camí cap als Estats Units, cap al director del projecte, Haussler, a Santa Cruz.

Encara no se sap del cert quines espècies seran les que realment formaran part del grup de mostres. "De tota manera, vull que en formen part animals que siguin realment excepcionals", explica Haussler, "com ara la tuatara." Aquesta espècie de rèptils primitius viu a Nova Zelanda i és considerada un fòssil viu.

Els investigadors esperen obtenir una nova visió sobre l'origen de les espècies, una mena de Darwin 2.0. Quins mecanismes genètics van permetre que s'originara la diversitat d'espècies actual a partir d'un avantpassat comú a tots els vertebrats que va viure fa uns 500 o 600 milions d'anys? Quines adaptacions van fer que els vertebrats d'avui dia puguin poblar aigües abissals i regions polars, de la mateixa manera que l'alta muntanya i la selva tropical? Com es van desenvolupar estructures tan especialitzades com ara les dents, els cartillags i els ossos?

"Amb aquest projecte tenim l'oportunitat d'observar l'evolució en acció –comenta Haussler entusiasmada–. L'ADN de les espècies animals actuals és la clau per a comprendre els grans canvis del passat, com ara l'evolució dels cors de quatre ventricles o la fascinant arquitectura de les ales, les aletes o els braços."

Quines seqüències d'ADN són iguals a tots els animals? Quines han canviat, s'han duplicat o s'han escurçat durant l'evolució de les espècies? Quines regions són responsables de les proteïnes importants i quines són només brossa heretada genèticament? "La comprensió de l'evolució dels vertebrats és una de les històries detectivesques més grans de la ciència", afirma Haussler.

Els investigadors esperen obtenir una nova visió sobre l'origen de les espècies

Per mitjà de les estratègies de reproducció i d'adaptació que han desenvolupat les espècies animals al llarg de l'evolució, amb independència les unes de les altres, però amb resultats semblants, els científics del Genoma 10K volen provar la hipòtesi segons la qual les característiques similars sempre es troben en seqüències d'ADN similars. Volen cercar, en el genoma d'espècies extingides, trets que possiblement les van fer fracassar en la lluita per la supervivència. "Crearem una arca del genoma per a espècies amenaçades", expressa el creador, Haussler.

En vista de l'abundància de dades que subministraria el poderós zoo del genoma, els altres grans projectes de descodificació gairebé semblen llastimosos. Juntament amb l'herència genètica humana del projecte Genoma Humà, també es va analitzar la informació genètica d'uns 30 mamífers i d'uns 24 vertebrats més. Els investigadors van tardar deu anys a fer la primera versió tosca del genoma humà. Va costar uns 300 milions de dòlars.

El Genoma 10K ha de ser molt més

## “Arriscar la vida”

El nou director de Greenpeace, Kumi Naidoo, parla dels drets humans, de la vaga de fam i de la seua posició sobre l'enginyeria genètica.

Naidoo, de 44 anys, pertany a la minoria índia de Sud-àfrica. Quan era adolescent ja lluitava contra l'apartheid, va estudiar a Oxford i ha arribat a ser conegut com el defensor dels drets humans més famosos. Des de mitjan novembre dirigeix Greenpeace International.

—Senyor Naidoo, què hi cerca, un activista dels drets humans en la direcció d'una organització de protecció del medi?

—Preneu com a exemple la sobre-explotació de la pesca als oceans. No amenaça tan sols moltes espècies de peixos, sinó que també destrueix l'aliment bàsic dels països més pobres. Per tant, també atempta contra els drets humans.

—A principi d'any, va fer una vaga de fam perquè Sud-àfrica tolera el règim de Mugabe. Aquesta mena de protestes podria inspirar un nou moviment en les organitzacions que lluiten pel medi?

—En la lluita pels drets humans les persones han estat des de sempre disposades a anar a la presó o, fins i tot, a arriscar la vida. Gran part d'aquest esperit també existeix a Greenpeace, però vull aportar una part encara més gran d'aquesta passió a la lluita política.

—Per quin objectiu ambiental faríeu una vaga de fam?

—Per la lluita contra el proble-

ma de la humanitat més urgent en aquests moments: el canvi climàtic. A Greenpeace ja vam reflexionar fa poc sobre els actes radicals, com ara la vaga de fam. En fracassar la conferència pel clima a Copenhagen, ja no es tracta només d'un fracàs de la casta política, sinó també de les nostres campanyes. La lluita política és una marató que, en cas necessari, pot durar tota la vida. En canvi, pel que fa al canvi climàtic no tenim temps ni per a mitja marató.

—Actualment Greenpeace pertany a l'establishment ecològic. De quina manera voleu entusiasmar més joves?

—Conec bé els joves. Vaig començar la meua lluita política quan tenia catorze anys. A més a més, vull que els activistes religiosos es comprometen amb més força amb nosaltres; ells s'oposen amb vigor a la destrucció de la creació. També vull convèncer les persones del sud, els pobres i reprimits d'avui dia, dels nostres objectius.

—Fins i tot entre els activistes de Greenpeace, la proximitat a la indústria és controvertida...

—No els fem manyagueries. Tractem les empreses amb duresa per empenyar-les cap a un objectiu determinat. Hem fet, per exemple, que Coca-Cola utilitze frigorífics sense mitjans de refrigeració perjudicials per al medi. Però això no significa que estimem Coca-Cola.

ràpid —i barat. Després de cinc anys es van poder acabar les anàlisis de seqüències, que costaran aproximadament cinquanta milions de dòlars.

Això només és possible gràcies al progrés vertiginós de la tècnica de seqüenciament. Actualment, els aparells de lectura de l'herència genètica treballen cent vegades més de pressa que els mètodes tradicionals d'abans,

i, al mateix temps, els costos baixen molt de pressa. I encara excedeixen els límits del projecte. Així doncs, els resultats, per exemple, de la seqüenciament del genoma del bacallà d'enguany són només 500.000 dòlars. Tanmateix, els investigadors esperen que els costos continuen disminuint en un futur pròxim. L'any 2003, el papa de la seqüenciament, Craig



—Els biòlegs ja no consideren la pesca de la balena com un problema urgent. Les vostres accions amb bots pneumàtics contra els baleners encara considereu que són adequades?

—No ataquem nacions ni empreses sense un bon motiu, però, naturalment, també necessitem imatges per a fer arribar de manera senzilla missatges complexos als ciutadans normals i corrents.

—L'enginyeria genètica ha produït

Venter, ja va oferir un premi com a recompensa per a aquells que aconseguiren desxifrar un genoma humà complet amb tan sols 1.000 dòlars.

Actualment, la tècnica de seqüenciament ja ha revolucionat la biologia evolutiva —s'ha creat una branca científica totalment nova: en genòmica evolutiva els científics busquen en l'herència genètica dels organis-



**L'arròs daurat, que aporta vitamina A als nens desnodrits i podria prevenir la ceguesa. Què hi té, contra això, un director de Greenpeace africà?**

—Sobre aquesta qüestió vaig reflexionar-hi un cap de setmana sencer. No tinc cap experiència científica i, per tant, vull tornar a analitzar totes les nostres posicions científiques. Hem d'estar segurs de no desapropiar cap desenvolupament nou i adient.

—Fins i tot propagaríeu la recons-

mes model canvis que hagen originat característiques determinades. Fa uns pocs anys l'objectiu encara era comparar seqüències genètiques individuals les unes amb les altres. Ara la tendència és comparar genomes complets.

És possible, fins i tot, de fer una ullada a la dotació genètica d'animals desapareguts fa molt de temps

**trucció de centrals nuclears en favor del canvi climàtic?**

—Tot es troba en moviment. Si, per exemple, de sobte hi haguera un bon motiu per a l'emmagatzemament d'anhidrid carbònic, no voldríem girar-nos-hi d'esquena. Pel que fa a l'energia nuclear, considere molt improbable que canvie d'opinió. És un perill per a la humanitat i continuarà essent-ho.

*Gerald Traufetter*

o d'homes de l'edat de pedra gràcies a una tècnica cada vegada més sofisticada. D'aquesta manera, també els podem comparar amb éssers vius de l'actualitat; mentrestant, s'ha desxifrat la major part de l'herència genètica del mamut i de l'home de Neandertal.

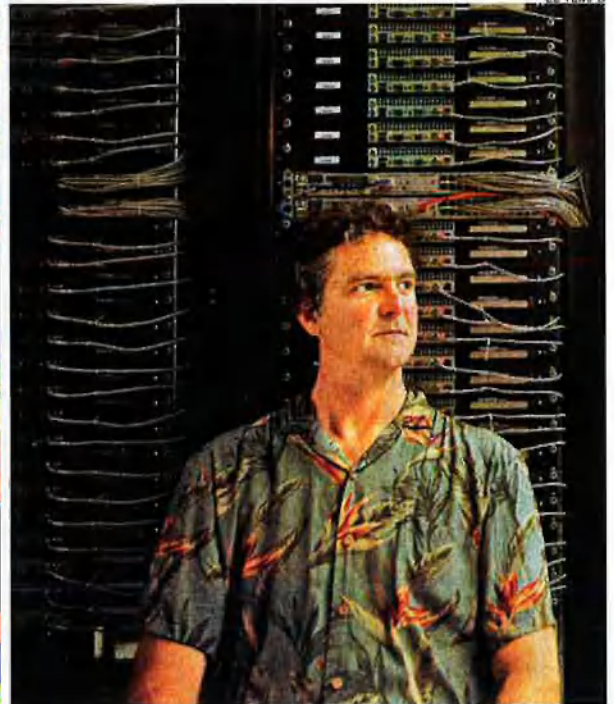
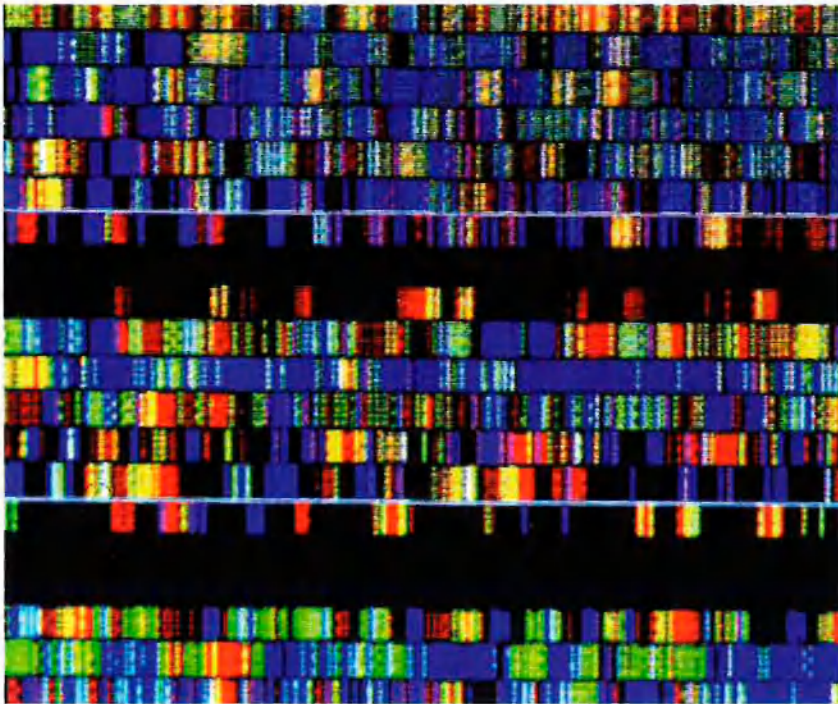
Per al projecte Genoma 10K, tanmateix, les noves màquines no són

prou ràpides ni prou rendibles; el projecte podrà començar quan els costos baixen un 10% més. “De segur que això passa”, opina Richard Green, biòleg evolutiu que passarà, a principi de l'any vinent, de treballar a l'Institut Max Planck d'Antropologia Evolutiva de Leipzig a treballar al laboratori de Haussler. “Fa cinc anys tampoc no hauríem tingut la tècnica per a desxifrar el genoma de l'home de Neandertal.” I és exactament això que aconseguiran Green i els seus companys de Leipzig.

Green pertany a un equip d'investigació que decidirà quins dels 10.000 animals elegits han d'estar entre els vertebrats. “Una vegada acabem aquesta tasca, haurem d'esperar”, explica el científic. Han d'esperar, per exemple, per veure si Haussler pot reunir prou diners per al projecte Genoma 10K. Els científics volen finançar el seu pla amb donacions. “Ara mateix busquem un parell de patrocinadors principals”, explica Haussler.

A l'Institut Max Planck de Biologia Evolutiva de Plön, a la regió de Schleswig-Holstein d'Alemanya, hi ha, des de fa un temps, un aparell de seqüenciació de la marca 454 Life Sciences, un aparell de 500.000 euros de nova generació que pot llegir milions de segments curts d'ADN al mateix temps. Després es recopilen a l'ordinador genomes complets. “Ningú no pensava que el desenvolupament tècnic aniria tan de pressa —comenta el director de l'institut, Diethard Tautz—. En conseqüència, la genètica evolutiva experimenta un impuls increïble en l'actualitat.” Malgrat tota l'eufòria, Tautz espera més aviat poc d'aquesta cursa forçada a través del món dels vertebrats. “El Genoma 10K és un projecte insígnia —explica—; per això mateix és important, perquè rebrà molta atenció.” Les comparacions dins una mateixa espècie li semblen molt més interessants que no la simple comparació del genoma entre espècies que ja s'han allunyat molt en l'evolució.

Tautz s'ocupa sobretot de ratolins; actualment treballa en la seqüenciació completa de 200 genomes diferents de ratolí. “Ens interessen les bases genètiques de determinats processos



Representació d'una seqüència d'herència genètica. A la dreta, David Haussler, investigador del genoma.

d'adaptació que s'han dut a terme els darrers 200.000 anys", explica l'investigador. Per exemple, en algunes illes, com ara les illes Fèroe o les illes subantàrtiques, hi ha rosegadors que són més grans que no pas els companys de la mateixa espècie que habiten el continent. Uns altres han adaptat, en el transcurs de l'evolució, el color de la pell a l'entorn. Tautz té un soterrani ple de mostres de ratolí de tot el món –amb els nous mètodes de seqüenciació podria cercar amb precisió aquestes adaptacions.

L'investigador d'amfibis de Brunsvic, Vences, opina que també pot respondre preguntes molt semblants, en les quals compare uns genomes amb uns altres dins el regne de les granotes. Una de les seues granotes preferides, per exemple, és la granoteta nana de Madagascar –precisament aquest animallet diminut fa nou mil·límetres. "M'agradaria proposar aquesta granota per al projecte Genoma 10K", comenta Vences.

També en alguns altres llocs del món, com ara Cuba o les Seychelles, hi viuen granotetes nanes que han hagut d'evolucionar amb independència dels exemplars de Madagascar. "Tanmateix, la mida mínima de totes és de nou mil·límetres. Aparentment no n'hi ha de més menudes", explica

Vences. Algun dia vol descobrir, en alguna part de l'herència genètica de les granotes, el gen universal de la menudesa.

Precisament aquests plantejaments de problemes tan concrets són els que fallen, segons l'opinió d'alguns crítics del projecte Genoma 10K. "Perquè s'examinarà amb un esforç molt gran la fracció més menuda del món animal", comenta Matthias Glaubrecht, biòleg evolutiu i cap d'investigació del Museu de Ciències Naturals de Berlín. "A més a més, el 99% de tots els animals pertanyen al grup dels invertebrats."

De tota manera, per a Glaubrecht el simple fet d'aplegar seqüències genètiques no aporta cap coneixement científic. "Les mateixes seqüències no diuen res, sempre s'ha de saber exactament on cal mirar", explica el biòleg.

"Només entendrem l'evolució quan comparem el nombre més gran possible de genomes diferents i descobrim que tots es van originar d'un mateix avantpassat comú", explica, d'una altra banda, Haussler. "Posem cada genoma de referència a disposició d'una quantitat increïble d'espècies", comenta. "Quan els costos de l'anàlisi seqüencial es redueixen més encara, es podran continuar fent

comparacions dins una mateixa espècie."

Per a poder arribar tan lluny no únicament cal que isca al mercat una nova generació d'aparells de seqüenciació, sinó que la tècnica per ordinador també ha d'avançar un pas. Perquè per a les complicades anàlisis de la gran quantitat de dades que s'esperen hi falta, simplement, capacitat de càlcul. "Necessitem maquinari i algorismes més bons –explica Haussler–; si no, ens ofegarem en un flux de dades que no podrem interpretar."

Tanmateix, per a Haussler, un optimista del genoma, aquest inconvenient és només una qüestió de temps. Es veu com una persona important per a la història, en bona companyia per sempre: "Així com la tipografia va canviar el curs de la història de la humanitat, el projecte Genoma Humà ha donat una nova direcció a les ciències de la vida", comenta l'investigador, sense modèstia. Afirma que, de la mateixa manera que després de la Bíblia hi ha hagut més llibres, una biblioteca sencera de seqüències de genomes segueix ara al genoma humà.

**Julia Koch**

Traducció de Blanca Juan