



ÒRGANS A LA CARTA CÈL·LULES MARE, CLONATGE TERAPÈUTIC I MEDICINA REGENERATIVA

Fragment del darrer llibre de:

David Bueno

Departament de Genètica
Universitat de Barcelona

Capítol 5: El clonatge reproductiu

Fins fa pocs anys, per al públic en general els clons només formaven part del món de la ciència ficció. ¿Qui no recorda clàssics de la literatura com "Un món feliç", d'Aldous Huxley, on es presenta una societat humana estructurada en castes obtingudes per clonatge, o "Els nens del Brasil", d'Ira Levin, on s'especula sobre la possibilitat de clonar persones singulars de la història humana? ¿O pel·lícules recents tan taquilleres com "L'atac dels clons", de George Lucas, on el clonatge és utilitzat per generar un exèrcit invencible? De fet, l'acceptació del clonatge com a tècnica amb moltes perspectives de futur ha de lluitar contra el llast que representen aquests i altres relats de ficció, que malauradament sempre se centren en els aspectes més foscos i catastròfics del clonatge. Però, és possible fer tot això? Què s'ha fet fins ara? Per què pot ser útil el clonatge reproductiu? Una vegada vistos en els capítols anteriors els fonaments del clonatge i, de manera molt resumida, la tècnica del clonatge reproductiu en vegetals, en aquest capítol discutirem les tècniques de clonatge reproductiu en animals, els avenços realitzats i la possibilitat d'aplicar-los a humans. Atès que la idea que molta gent té del clonatge reproductiu prové de les obres de ficció, al final del capítol tractarem alguns temes que introduïrem a partir d'aquests relats i discutirem quins dels seus aspectes poden ser verídics o possibles en un futur més o menys llunyà i quins hauran de romandre al camp de la ficció.

El clonatge reproductiu pretén obtenir còpies genèticament idèntiques d'organismes amb finalitats reproductores

Què és el clonatge reproductiu?

El clonatge reproductiu és un procés experimental destinat a produir organismes genèticament idèntics. En el capítol anterior hem discutit casos en què determinats animals es reproduïen de manera natural per clonatge, com els cnidaris i les planàries. Des de fa unes dècades, però, les innovacions tècniques realitzades en els camps de la biologia molecular, la biologia cel·lular, la genètica i la fecundació *in vitro* han fet possible obtenir clons d'animals al laboratori. Hi ha dues maneres de generar animals clònics: per divisió de l'embrió i per transferència nuclear. Com veurem, només la darrera permet obtenir clons d'organismes ja adults.

Com es generen animals clònics per divisió de l'embrió?

Una de les maneres més senzilles de generar animals clònics és per divisió de l'embrió. De fet, la tècnica de clonatge per divisió de l'embrió simula la generació espontània de bessons, per la qual cosa es coneix també amb el nom d'escissió gemel·lar.

La idea és molt senzilla (figura 5-1). Es realitza una fecundació *in vitro* amb oòcits i espermatozoides de l'animal en qüestió i es deixa que els zigots generats es desenvolupin al laboratori fins l'estadi de mòrula. Un cop assolit aquest estadi s'escindeix mecànicament l'embrió en dues meitats, es deixa que s'estabilitzin i es comprova la seva viabilitat. Després, en el cas dels mamífers, es transfereixen a l'úter d'una mare adoptiva perquè hi nidin i s'hi desenvolupin. En néixer seran bessons idèntics, és a dir, clons.

Com el lector ja deu haver apreciat aquesta tècnica és conceptualment idèntica al procés que genera bessons idèntics de manera natural, discutit al capítol anterior. En aquest tipus de

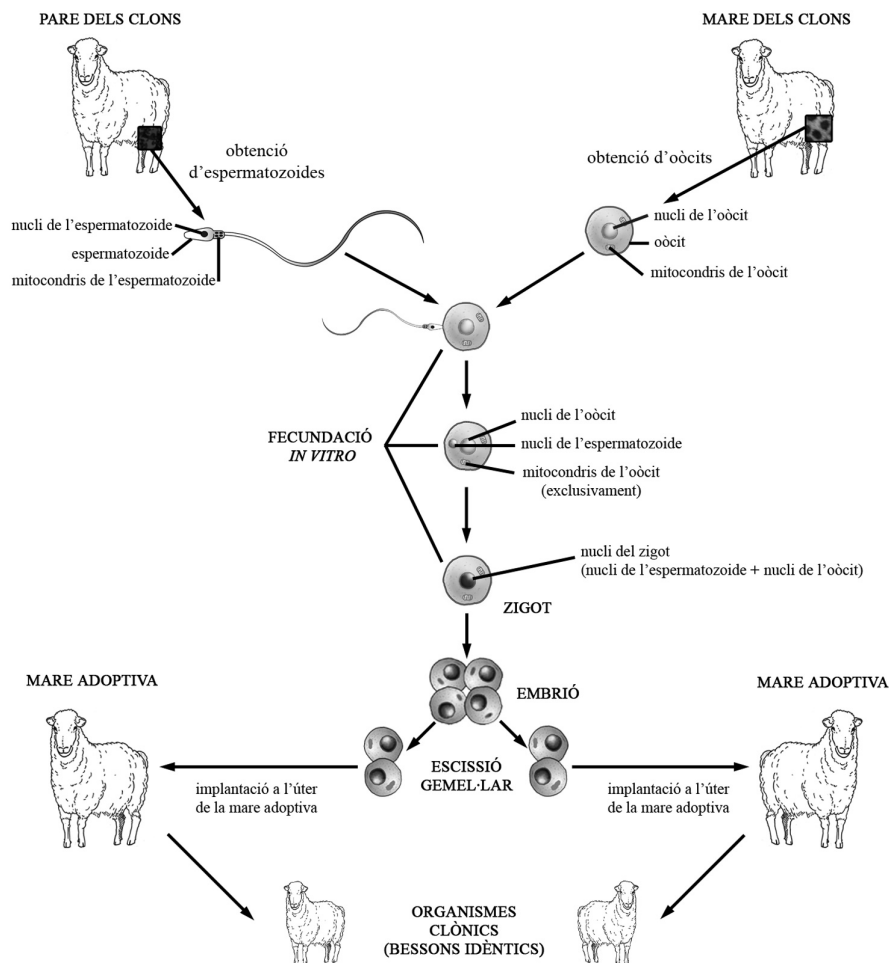


Figura 5-1. Generació d'animals clònics per escissió gemel·lar. Observeu que tant el genoma nuclear com el mitocondrial són idèntics. Per a indicar-ho aquests orgànuls es representen del mateix color en tots dos clons.

clonatge, tant el genoma contingut al nucli de les cèl·lules com els gens que hi ha en els seus mitocondris són idèntics.

Per generar animals clònics per divisió de l'embrió, cal implantar-los simultàniament i al mateix úter?

Per generar clons per escissió gemel·lar no cal que els embrions es transfereixin al mateix úter ni de manera simultània. Malgrat es transfereixin a dues mares adoptives diferents, com es mostra a la figura 5.1, en néixer continuaran sent bessons idèntics i, per tant, clons.

A més, no cal que els embrions es transfereixin simultàniament, atès que es poden congelar i transferir en moments diferents (vegeu el capítol 3

per a més informació sobre la congelació d'embrions). Per exemple, un embrió pot ser transferit immediatament mentre l'altre es pot mantenir congelat.

Es pot utilitzar l'escissió gemel·lar com a font de cèl·lules mare embrionàries per a medicina regenerativa?

En el cas dels humans hi ha qui ha proposat utilitzar la tècnica d'escissió gemel·lar com una font completament personalitzada de cèl·lules mare embrionàries per a la medicina regenerativa. La idea és molt senzilla. Després d'una fecundació *in vitro* es podria dividir l'embrió per escissió gemel·lar. Un dels embrions es transferiria a l'úter de la mare per tal que el gestés i generés un nou ésser humà

adult, el seu fill, mentre el segon embrió es mantindria congelat de la mateixa manera que es fa amb els embrions excedents de les tècniques de fecundació *in vitro* per a reproducció assistida. Aquest segon embrió s'utilitzaria únicament com a font de cèl·lules mare genèticament i immunològicament compatibles en cas que la persona adulta necessités algun òrgan a la carta. Ara per ara no en parlarem més d'aquesta possibilitat, però la reprendrem en parlar de clonatge terapèutic i de les seves alternatives (capítols 6 i 7, respectivament). Només direm que aquest procés implica necessàriament que la fecundació es realitzi *in vitro*, una manera poc pràctica de tenir fills sempre i quan es puguin tenir de manera natural.

Es poden generar clons a partir d'animals adults?

Des de finals del segle XIX s'ha intentat en diverses ocasions generar experimentalment clons a partir d'animals adults, ja nascuts, sempre sense èxit o amb un èxit parcial. D'aquests experiments pioners en parlarem més endavant. La primera vegada que es va obtenir un clon a partir d'un animal adult va ser el 1996, al Roslin Institute d'Edimburg, a Escòcia, quan va néixer l'ovella Dolly, el primer mamífer clònic de la història. L'anunci d'aquest naixement el va fer Ian Wilmut, director del projecte, a principis del 1997. Des de llavors s'han clonat altres ovelles, vedelles, porcs, cabres, muflons, ratolins i gats.

Com es clonen organismes adults?

La manera d'obtenir clons d'individus ja adults és conceptualment senzilla (figura 5-2). S'obté el nucli d'una cèl·lula qualsevol de l'individu que es vol clonar, atès que aquest conté tot el genoma de l'organisme, la quantitat justa de material genètic per permetre que es desenvolupi un nou organisme. S'agafa un oòcit d'una donant i s'elimina el seu nucli. S'introdueix el nucli obtingut en l'oòcit anucleat i es deixa que comenci a desenvolupar-se un embrió en condicions de laboratori. Un cop ha assolit l'estadi de mòrula o de blàstula primerenca

i s'ha comprovat la seva viabilitat, es transfereix a l'úter d'una mare adoptiva, on nidarà i acabarà de desenvolupar-se. En teoria, amb això n'hi ha prou perquè es desenvolupi un clon del progenitor, un nou organisme que tindrà exactament el mateix material genètic. Com acabem de veure, aquest tipus de clonatge implica un trasplantament nuclear entre una cèl·lula diferenciada d'un organisme adult i un oòcit d'una donant.

En el cas concret de l'ovella Dolly, els científics de l'equip de Ian Wilmut van obtenir el nucli d'una cèl·lula de glàndula mamària d'una ovella adulta de cara blanca, el van introduir dins un oòcit prèviament anucleat d'una ovella de cara negra i el van transferir a l'úter d'una tercera ovella també de cara negra, una mare adoptiva on es va desenvolupar

l'embrió. En les ovelles, el color del pèl de la cara és controlat genèticament. El fet que Dolly tingui la cara blanca indica que és un clon de l'ovella de cara blanca, és a dir, que porta el seu genoma, i no pas un fill normal de cap de les altres dues ovelles de cara negra utilitzades. Però, és tan senzill com sembla?

Quants oòcits van fer falta perquè nasqués Dolly, el primer mamífer clònic obtingut a partir d'un adult?

Perquè nasqués Dolly va ser necessari manipular i anuclear 400 oòcits. Dels 400 oòcits, a 277 se'ls va introduir un nou nucli amb èxit. Es va deixar que es desenvolupessin al laboratori fins l'estadi de mòrula i blàstula primerenca, però tan sols una cinquantena van demostrar

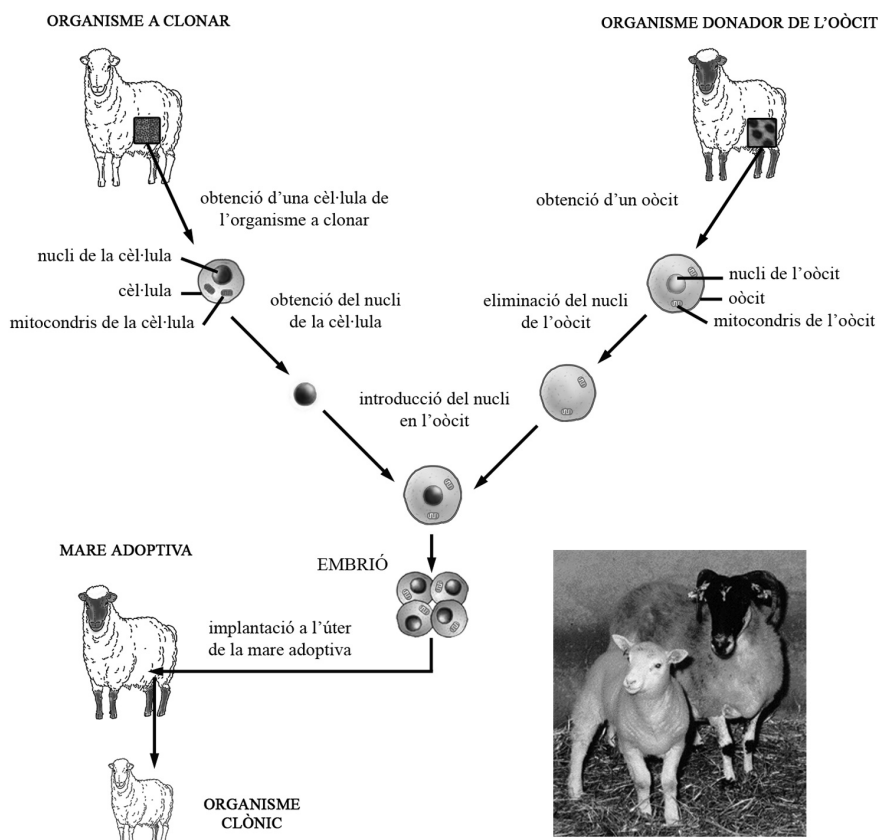


Figura 5-2. Generació de clons d'animals adults mitjançant trasplantament nuclear, el mateix mètode utilitzat per generar l'ovella Dolly. Observeu que el genoma nuclear és idèntic, però no el mitocondrial. Per indicar-ho els mitocondris de l'ovella progenitora i del seu clon es representen de diferent color, i els nuclis del mateix color. També es mostra una fotografia de l'ovella Dolly (la de cara blanca) al costat de la seva mare adoptiva (la de cara negra).

ser prou viables com per poder ser trasplantats a úters de mares adoptives. De totes aquestes mares adoptives tan sols 13 van quedar prenyades, i d'aquestes 13 només una va parir una ovella viva. I, a més a més, sembla que Dolly envelleix prematurament. Però d'això ja en parlarem més endavant.

Els clons obtinguts per trasplantament nuclear, tenen tot el genoma idèntic?

Els clons d'animals obtinguts per trasplantament nuclear tenen tot el genoma nuclear idèntic. Ara bé, a diferència dels clons obtinguts per escissió gemel·lar, els gens continguts dins els mitocondris poden ser diferents, atès que els mitocondris de l'adult que es vol clonar no es trasplanten a l'oòcit en qüestió (vegeu la figura 5-2). Això fa que el clon tingui el genoma nuclear de l'organisme adult progenitor però els gens mitocondrials de l'oòcit utilitzat.

Aquesta diferència, però, no és important. Com dèiem al capítol 2, els mitocondris de les cèl·lules animals contenen menys de 20 gens, la qual cosa representa, en el cas dels humans, menys del 0,05% dels gens totals de la persona (recordem que es calcula que els humans tenim uns 40.000 gens). A més a més, hi ha molt poca variabilitat entre els gens dels mitocondris, per la qual cosa els gens mitocondrials de l'adult a clonar i de l'oòcit utilitzat seran, amb tota seguretat, pràcticament iguals.

Els humans hem intentat fer clonatge reproductiu animal des de finals del segle XIX

Si es volgués resoldre aquesta minsa diferència seria necessari utilitzar oòcits de la mare de l'organisme adult que es vol clonar, atès que és ella qui els hi va subministrar. És important destacar que, durant la fecundació, els espermatozoides no aporten mitocondris al nou organisme. Però això seria complicar massa la història i és absolutament innecessari pel propòsit del clonatge. Només cal tenir cura que l'animal donant d'oòcits no presenti cap

defecte en els seus gens mitocondrials, els quals podrien ser responsables de determinades malalties genètiques.

Quan es van fer els primers experiments de clonatge en animals?

Els primers experiments de clonatge en animals es van fer a finals del segle XIX. Aquest primers experiments no es van fer amb l'objectiu final d'obtenir animals clònics, sinó per respondre una pregunta bàsica de la biologia del desenvolupament. Durant la dècada de 1880 els embriòlegs volien determinar de quina manera el nucli cel·lular controla el desenvolupament dels organismes i la diferenciació de les cèl·lules. Cal dir que en aquella època encara no es coneixia el material genètic ni molt menys els gens ni els programes gènics, però hi havia indicis de què el control s'exercia des del nucli.

Al segle XIX hi havia dues teories contraposades per explicar per què

durant el desenvolupament embrionari hi ha cèl·lules que es converteixen en cèl·lules musculars mentre altres ho fan, per exemple, en nervioses o epitelials. Una d'aquestes teories proposava que durant el desenvolupament embrionari les cèl·lules van perdent progressivament els factors nuclears responsables de la diferenciació de les cèl·lules, de tal manera que les cèl·lules musculars conservarien tan sols els factors que les farien ser musculars i les cèl·lules nervioses només els que les farien ser nervioses. Aquests factors són el que actualment anomenem gens.

L'altre teoria, en canvi, proposava que totes les cèl·lules conserven tots els factors, però que a les cèl·lules musculars només funcionen els factors que les fan ser musculars i a les nervioses només els que les fan ser nervioses. Actualment sabem que aquesta segona teoria és la correcta.

Per esbrinar quina de les dues teories és la correcta, al 1892 un biòleg i

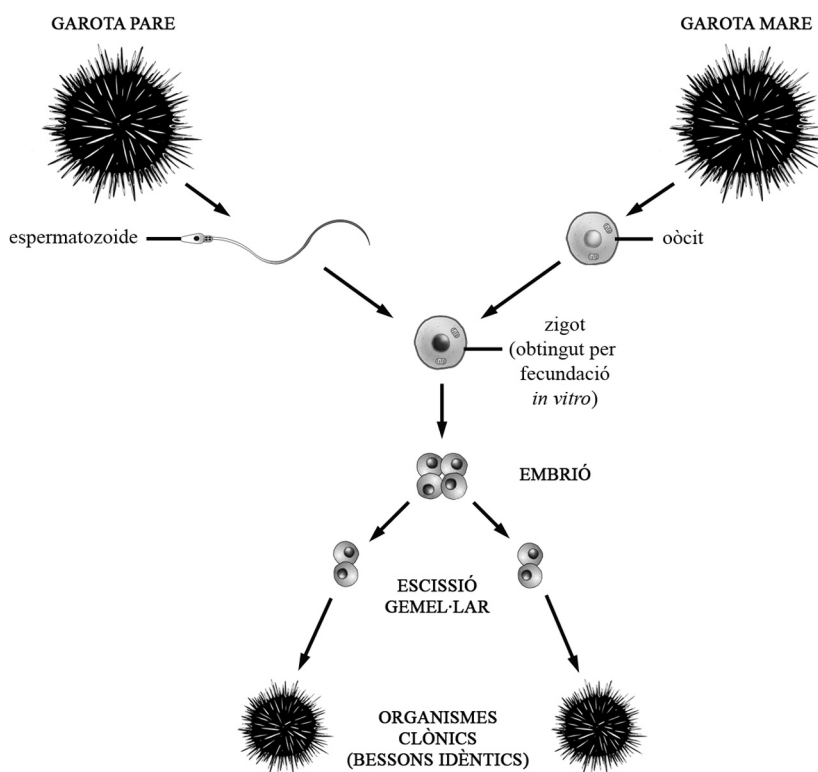


Figura 5-3. Clons de garota generats per escissió gemel·lar segons l'experiment de Driesch.

filòsof alemany anomenat Driesch va fer el següent experiment (figura 5-3). Va obtenir embrions primerencs de garota (eriçó de mar) formats per 2 o 4 cèl·lules i els va partir pel mig seguint el procediment d'escissió gemel·lar esmentat a l'apartat anterior. En moltes ocasions, aquests embrions escindits es van desenvolupar correctament i van generar larves de garota i garotes adultes, la qual cosa indicava, però no demostrava, que la segona teoria era la correcta. Si en dividir-se el zigot les cèl·lules haguessin perdut alguns gens cap dels dos mitjos embrions no s'hagués pogut desenvolupar correctament. Aquests són els primers animals clònics coneguts obtinguts al laboratori, els quals no provenen del clonatge d'un organisme adult sinó de l'escissió d'un embrió. Poc després es van realitzar experiments similars en mamífers amb idèntics resultats.

Quins van ser els primers experiments de clonatge d'animals a partir d'un individu adult?

Els primers experiments de clonatge d'animals a partir d'organismes ja adults es van fer durant les dècades de 1950 i 1960 amb la granota *Rana pipiens* i la granota africana *Xenopus laevis*. L'experiment bàsic és molt semblant al fet per generar l'ovella Dolly, discutit a l'apartat anterior. Val a dir que la tècnica per generar animals clònics a partir d'un organisme adult va ser proposada per primer cop l'any 1938 per Spemann, un famós biòleg alemany de l'època que no la va poder realitzar per mancances tècniques.

Es van fer dos tipus d'experiments (figura 5-4). Un d'ells va consistir a agafar un nucli d'una cèl·lula de budell de capgròs i trasplantar-lo a un oòcit de granota prèviament anucleat. En moltes ocasions, el zigot així generat es desenvolupava en un capgròs i després en una granota adulta. L'altre tipus d'experiment va consistir a agafar un nucli d'una cèl·lula de budell de granota i trasplantar-lo a un oòcit prèviament anucleat. En moltes ocasions, el zigot generat en aquest experiment es desenvolupava fins a

l'estadi de capgròs, però sempre moria abans de convertir-se en una granota adulta.

Malgrat aquests experiments van demostrar finalment la teoria que proposa que durant el desenvolupament embrionari totes les cèl·lules conserven tots els gens però que només en funcionen uns quants, els estrictament necessaris per permetre que la cèl·lula realitzi la seva funció, no van suposar el clonatge complet d'un animal adult. El motiu és el següent: si s'utilitzen nuclis de cèl·lules de capgròs al final s'obtenen granotes adultes, però els capgròs no són granotes adultes, sinó larves. D'altra banda, si els nuclis provenen de granotes adultes no es generen noves granotes adultes, atès que els capgròs obtinguts

moren abans d'esdevenir granotes adultes.

Durant les dècades de 1970 a 1990 es van realitzar experiments semblants amb altres animals, inclosos mamífers, amb resultats similars. No fou fins el naixement de l'ovella Dolly, el 6 de juny de 1996, que s'obtingué per primer cop un clon d'un animal adult mitjançant trasplantament nuclear.

Quins mamífers s'han clonat fins l'actualitat?

Actualment ja s'han clonat diversos mamífers adults trasplantant nuclis de cèl·lules obtingudes de diferents teixits. El percentatge d'èxits, però, és sempre molt baix i depèn de cada espècie concreta.

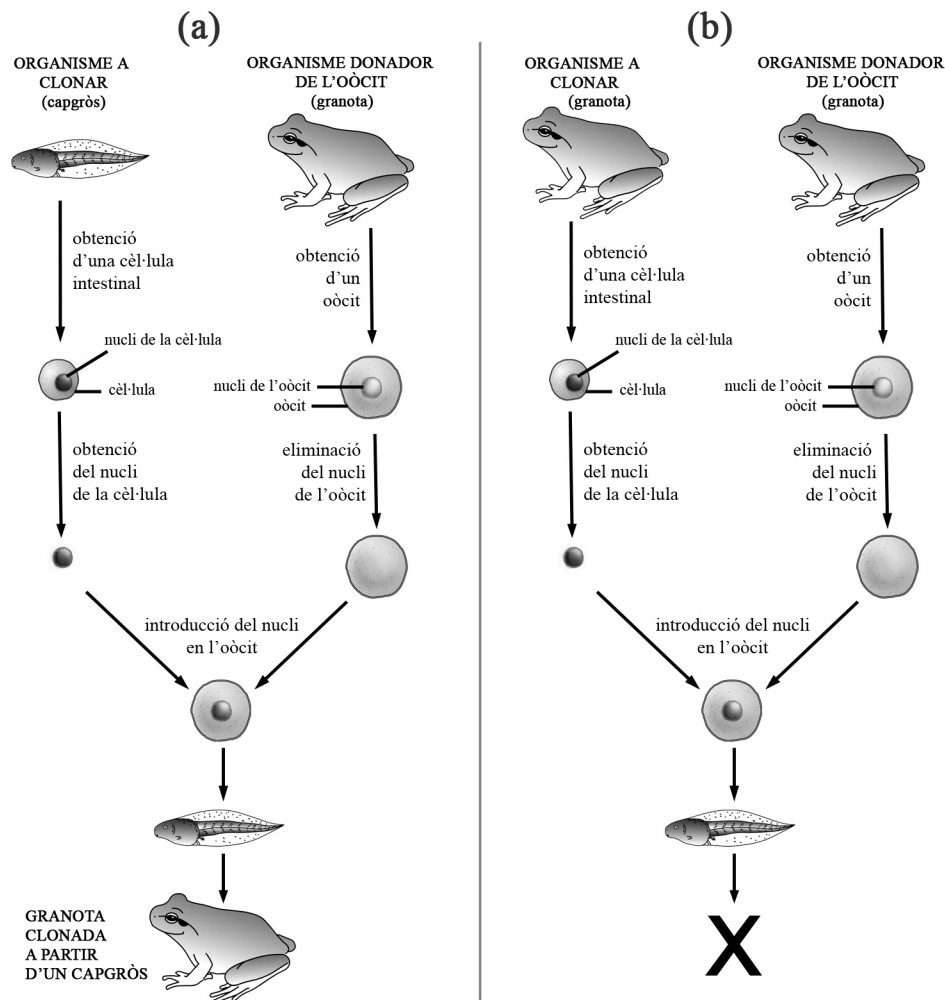


Figura 5-4. Experiments de clonatge de granotes. Observeu que en a) el nucli no prové d'una cèl·lula de granota adulta sinó de capgròs (estadi larvari), i que en b) no s'aconsegueix mai generar una nova granota adulta.

A la figura 5-5 es pot observar la possibilitat actual d'utilitzar la tècnica de trasplantament nuclear per generar animals clònics en les espècies en què ja s'ha assajat i en els humans. En aquells casos en què el clonatge encara no ha estat possible s'indica el moment del procés en què la tècnica falla. Per exemple, entre 1996 i finals del 2002 s'han obtingut clons d'ovelles, vedelles, porcs, cabres, muflons, ratolins i gats, però encara no s'ha aconseguit mai clonar gallines, conills, gossos ni primats no humans.

El teixit dels quals s'obté el nucli també influeix en l'èxit del clonatge. En vedelles, per exemple, s'han utilitzat nuclis de cèl·lules de l'orella, de glàndula mamària, de múscul, d'oviducte, de pell, d'úter, de les cèl·lules que embolcallen els oòcits després de l'ovulació i de glòbuls blancs, unes cèl·lules del sistema immunitari; en ratolins s'han utilitzat nuclis de cèl·lules de la cua, de les que embolcallen els oòcits després de l'ovulació i de Sertoli, un tipus de cèl·lules especialitzades en nodrir els espermatozoides mentre es formen; en ovelles s'han utilitzat cèl·lules de glàndula mamària; i així un llarg etcètera. Però que neixin clons vius no implica necessàriament que siguin normals.

Quins són els principals problemes que presenten els animals clonats?

Molts dels animals clonats presenten problemes de supervivència

A l'apartat anterior hem esmentat que per obtenir l'ovella Dolly es van utilitzar 400 oòcits, dels quals només un va acabar generant una ovella viva. I, com també hem dit, sembla que Dolly envelleix prematurament. Aquesta manca d'eficiència de la tècnica no és exclusiva de les ovelles. Per exemple, malgrat que actualment han nascut més de 300 vedelles clòniques, per aconseguir que nasqués la primera es van necessitar 276 embrions, dels quals només nasqueren 4 vedelles vives, una de les quals morí als 5 dies per problemes cardiorespiratoris.

En general, els principals problemes que presenten alguns dels animals clònics són: manca de viabilitat de molts embrions, que són avortats abans del naixement; determinats problemes físics i fisiològics dels nounats, relacionats en algunes ocasions amb un possible envelliment prematur; i mida anormalment gran dels fetus, la placenta i els nounats (figura 5-6). De fet, molts dels avortaments observats són

	fecundació in vitro	formació de mòrula i blastocist	implantació a l'úter	naixement viu
ovelles	SI	SI	SI	SI
vedelles	SI	SI	SI	SI
garrins	SI	SI	SI	SI
cabres	SI	SI	SI	SI
muflons	SI	SI	SI	SI
gallines	SI/NO	NO	NO	NO
conills	SI	SI	SI/NO	NO
ratolins	SI	SI	SI	SI
gossos	SI/NO	SI/NO	SI/NO	NO
gats	SI	SI	SI	SI
primats no humans	SI	SI	NO	NO
humans	SI	SI*	NO	NO

Figura 5-5. Taula on s'indiquen les espècies clonades amb èxit i les espècies on s'ha intentat infructuosament el clonatge. SI indica que el procés és viable, SI/NO que és parcialment viable i NO que la tècnica falla.

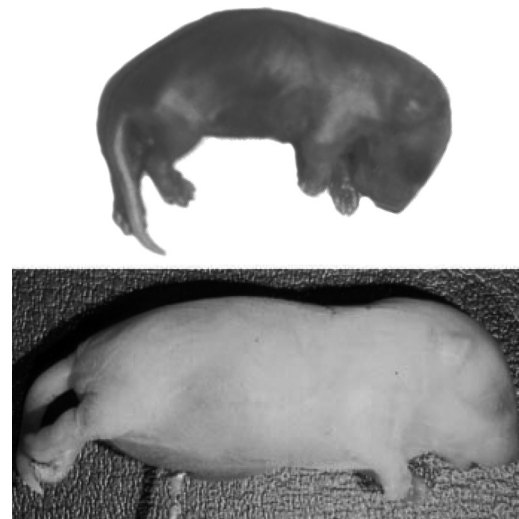


Figura 5-6. Sobrecreixement de ratolins clònics. El nounat de dalt prové d'una gestació normal, mentre que el de sota prové d'un procés de clonatge reproductiu. Observeu la seva mida anormalment gran. L'augment de les imatges és proporcional.

deguts al sobrecreixement dels embrions i/o de la seva placenta.

Si bé el sobrecreixement d'alguns però no de tots els fetus clònics és indiscutible, els científics no es posen d'acord sobre l'abast ni l'origen d'aquests problemes. Per exemple, sembla confirmat que l'ovella Dolly pateix artritis, una malaltia normalment associada a l'envelliment però que també podria ser deguda a altres defectes genètics provocats durant el procés de clonatge. Quina pot ser la causa d'aquest envelliment prematur, si es que és real, o dels problemes genètics que el simulen?

Hi pot haver desincronització entre el nucli trasplantat i l'oòcit receptor?

Els problemes de supervivència dels animals clònics són deguts, en moltes ocasions, a fenòmens de desincronització entre el nucli trasplantat i el citoplasma de l'oòcit. Perquè l'embrió es desenvolupi correctament cal que tots dos estiguin sincronitzats exactament en el mateix moment del cicle cel·lular. El cicle cel·lular és la seqüència de successos que esdevenen entre una divisió cel·lular i la següent. És com si intentéssim ensenyar a escriure a un nadó o féssim córrer una marató a un avi de 90 anys. En aquests dos exemples hi ha una evident desincronització entre l'acció que es proposa i les capacitats de la persona que l'ha de realitzar.

La clau de l'èxit relatiu del naixement de Dolly i de la resta de mamífers clonats fins a l'actualitat és justament aquesta: els científics han emprat nuclis i oòcits que estaven en un mateix moment del cicle cel·lular, tan sincronitzats com ha estat possible. I així i tot van fer falta 400 òvuls per obtenir la Dolly i 276 embrions per aconseguir 4 vedelles clòniques nascudes vives. És com ensenyar a escriure a un nen de 5-6 anys o fer córrer una marató a un jove de 20 anys. En aquest nous exemples tothom veu clar que l'acció que es proposa és adequada a l'edat de les persones que l'han de realitzar, però la facilitat d'aprendre a escriure o de córrer una marató dependrà de les capacitats intel·lectuals del nen i de la preparació física del jove respectivament,

i de les capacitats didàctiques del mestre i l'entrenador. De la mateixa manera, la facilitat d'obtenir clons dependrà de característiques intrínseques dels animals i dels progressos de la tècnica.

Com afecten a la supervivència dels clons els programes genètics que el nucli trasplantat té activats?

Els nuclis que s'utilitzen per al trasplantament nuclear provenen d'unes determinades cèl·lules diferenciades i tenen, en conseqüència, uns determinats programes genètics activats que fan que aquelles cèl·lules siguin el que són, com per exemple cèl·lules de glàndula mamària. Aquests nuclis, un cop introduïts dins els respectius oòcits, ja no han de controlar l'activitat pròpia d'una cèl·lula de glàndula mamària, sinó que han de dirigir el desenvolupament del nou zigot per l'etapa embrionària, fetal i després del naixement.

Analitzem què passa durant una fecundació normal. En una fecundació normal el material genètic del zigot prové de l'espermatozoide, que té activats els programes genètics propis d'un espermatozoide que busca un oòcit per fecundar, i de l'oòcit, que té activats els programes genètics propis d'un oòcit que espera ser fecundat per un espermatozoide. Òbviament aquests programes genètics són molt diferents dels programes que té activats una cèl·lula de glàndula mamària, o d'orella donat el cas. Pot aquest material genètic, amb aquests programes activats, dirigir el desenvolupament d'un nou organisme?

La resposta és rotundament no. Per poder clonar animals mitjançant trasplantament nuclear cal desconnectar els seus programes genètics. Parlant en el llenguatge dels ordinadors i dels aparells electrònics, se'ls ha de fer un "reset". Ara bé, com dèiem al capítol 2 en parlar dels programes genètics, molts d'aquests programes encara ens són desconeguts, per la qual cosa no tenim la certesa absoluta de què el "reset" hagi estat complet, de què els haguem desactivat tots. A més a més el material genètic que forma un zigot normal

no té tots els programes desactivats, per la qual cosa per aconseguir que el clonatge d'animals fos un procés eficient caldria reprogramar el material genètic del nucli que s'està trasplantant. Molt probablement, aquest deu ser l'origen de la major part dels defectes observats, inclòs el sobrecreixement embrionari i, potser, també de l'aparent envelliment prematur.

A què pot ser degut l'envelliment prematur?

A part de la qüestió dels programes genètics que acabem de discutir hi ha un altre problema que pot propiciar l'envelliment prematur. L'envelliment dels organismes es degut a processos acumulatius de degeneració de les estructures cel·lulars, inclosos els cromosomes, i a processos genèticament programats. En aquest sentit es coneixen gens que actuen a mode de rellotge cel·lular, indicant en quin moment una cèl·lula ha de morir. A més, determinades hormones produïdes pels testicles i els ovaris regulen l'envelliment d'alguns animals o potser de tots, i per tant la seva longevitat.

Respecte la degeneració dels cromosomes se sap que els seus extrems es van escurçant progressivament a mesura que es copien durant la divisió cel·lular (vegeu el capítol 4). Per tant, si el nucli trasplantat ja ha començat el procés d'envelliment la seva edat genètica serà la de l'individu adult del qual es va extreure, no la d'un individu acabat de néixer. En aquest cas el clon podrà tenir una vida més curta del normal i/o patir de manera prematura malalties pròpies de l'envelliment, com càncer o malalties neurodegeneratives. Aquest podria ser el cas de l'ovella Dolly, a la qual, com ja hem dit, s'ha detectat artritis als 5 anys i mig d'edat, massa jove per patir-la. Ara bé, si se suma l'edat que tenia l'ovella progenitora al moment d'obtenir el nucli i la de Dolly és possible que genèticament Dolly tingui 11 anys, edat a la qual algunes ovelles poden començar a patir artritis.

Hi ha experiments, però, que semblen indicar que després d'un procés de trasplantament nuclear els cromosomes

recuperen la seva mida juvenil. Com el lector pot observar, aquest tema és encara molt confós i hi ha moltes coses per esbrinar, moltes possibilitats a investigar.

Què s'està fent per solucionar els problemes de supervivència dels animals clònics?

Per solucionar els problemes que presenten els animals clònics cal conèixer bé tota la maquinària cel·lular i genètica que acompanya la fecundació, el desenvolupament embrionari i l'envelliment dels organismes. Actualment s'està treballant en el desxiframent dels programes gènics que un zigot normal té activats, en la manera de reprogramar un nucli adult, en com evitar l'escurçament gradual dels cromosomes i en com potenciar la recuperació de la seva mida normal. En aquest sentit cal dir que les cèl·lules reproductores masculines i femenines, els espermatozoides i els oòcits respectivament, tenen activats programes genètics específics que eviten aquest escurçament, però aquests programes es desactiven després de la fecundació.

Els detalls tècnics d'aquestes línies de recerca són francament complexos, i hi ha un bon grapat de científics treballant-hi. Només direm que una possible manera de reprogramar el nucli és trasplantant-lo successivament en diversos oòcits. Si es fa així, el nombre de clons nascuts vius és clarament superior, però encara és massa d'hora per saber si tenen problemes genètics i/o d'envelliment prematur. De ben segur el futur ens portarà moltes sorpreses, i potser fins i tot es solucionaran tots els problemes que actualment presenta el clonatge d'organismes a partir d'individus adults.

Quins beneficis mèdics potencials tenen els organismes clònics?

El clonatge reproductiu animal no humà és útil en ramaderia, medicina, farmàcia i per a la preservació d'espècies en perill d'extinció.

Malgrat és difícil parlar de totes les possibilitats, els beneficis mèdics potencials dels animals clònics són molts. D'una banda, permetran estudiar les bases moleculars de l'envelliment. Però les seves possibilitats van molt més enllà. Combinat amb tècniques de transgènesi, que consisteixen en la introducció de gens en organismes per tal que produeixin proteïnes que normalment els són alienes o que deixin de fer proteïnes que són pròpies, el clonatge d'animals pot proporcionar models molt valuosos per estudiar malalties humanes i buscar-ne tractaments.

Endemés, aquesta combinació de clonatge reproductiu i transgènesi pot donar un nou impuls als xenotrasplantaments. Els xenotrasplantaments són trasplantaments d'òrgans entre animals no humans, generalment porcs, i pacients humans. La idea és la següent. Si es trasplanta a un pacient humà un cor de porc (la seva forma, dimensions i capacitat d'impulsar sang són molt semblants), de ben segur que el sistema immunitari del pacient el rebutjarà immediatament. Ara bé, si al porc donant se li han suprimit els gens responsables del seu HLA el rebuig serà molt menor, inferior fins i tot a un trasplantament entre humans. Però sempre hi haurà un mínim rebuig contra el qual el pacient s'haurà de medicar durant tota la vida. A més la possibilitat d'infeccions víriques possiblement mortals en els xenotrasplantaments són, ara per ara, molt altes, atès que el nostre sistema immunitari no ha desenvolupat cap memòria immunològica contra els virus de porc, molts dels quals són encara desconeguts. Actualment els xenotrasplantaments no són una alternativa vàlida als trasplantaments entre humans, però s'hi està treballant.

Quins beneficis farmacèutics potencials tenen els organismes clònics?

També s'espera que aquesta combinació de clonatge reproductiu i transgènesi permeti obtenir un gran nombre de fàrmacs de gran utilitat, com productes contra les varices, les cremades, la fibrosi quística i l'hemofília. En aquest sentit,

al segon mamífer clònic de la història, l'ovella Polly, obtinguda pel mateix grup de recerca que Dolly, se li ha introduït un gen humà que fa que la seva llet contingui un determinat factor de coagulació sanguínia, la manca del qual és causa d'hemofília. La idea és que en un futur no massa llunyà els hemofílics puguin dur una vida normal senzillament prenent un got d'aquesta llet per esmorzar, la qual els proporcionarà la dosi diària adequada del factor de coagulació que els manca. Segurament ningú dubta que això representaria una millora important en la qualitat de vida d'aquestes persones.

Quins beneficis ramaders potencials presenten els organismes clònics?

Un dels principals objectius de la recerca i la cria ramadera és aconseguir animals que creixin més ràpidament, és reproduïxins abans i tinguin més cries; que consumeixin menys aliment i produeixin més carn, llet o ous; i que siguin resistents a les malalties més comunes. Des de la revolució neolítica fins l'actualitat els ramaders han transmès els caràcters més desitjables d'una generació d'animals a la següent mitjançant encreuaments selectius. Ara bé, en moltes ocasions durant aquests encreuaments es perden les característiques desitjables atès que la seva herència sol ser bastant complexa.

En aquest sentit, el clonatge reproductiu d'animals proporcionaria individus que tinguessin exactament els mateixos caràcters desitjables que els progenitors, sense cap pèrdua de capacitats. En afegit, el clonatge facilita la introducció de gens nous mitjançant transgènesi, com per exemple gens que els confereixin resistència a determinades malalties.

Aquesta combinació de clonatge reproductiu i transgènesi amb finalitats comercials ja fa anys que s'aplica en moltes espècies de plantes d'interès agrícola. Ara bé, la transgènesi vegetal, malgrat s'ha provat que és innòcua per a les persones, té tants defensors com detractors, com de ben segur també tindrà la transgènesi animal quan es comencin a comercialitzar animals transgènics.

Quins problemes pot comportar la utilització d'animals clònics en explotacions ramaderes?

Com acabem de discutir, un dels avantatges del clonatge reproductiu en ramaderia és la possibilitat d'obtenir animals que tinguin exactament els mateixos caràcters desitjables que un determinat adult. Però en determinades circumstàncies aquest avantatge es pot convertir en un greu problema. La constitució genètica de cada organisme concret el fa especialment resistent a determinades malalties, per exemple produint substàncies tòxiques per combatre-les, i alhora especialment

susceptible a d'altres. En un ramat actual cada animal té una constitució genètica lleugerament diferent, per la qual cosa si es produeix una plaga inesperada sempre hi haurà animals genèticament capacitats per resistir-la.

En canvi, en un ramat clònic tots els animals tindrien exactament la mateixa constitució genètica, per la qual cosa si es produís una plaga inesperada que els afectés moririen tots, fet que impossibilitaria la recuperació del ramat un cop superada la plaga. En termes científics, el clonatge representa una pèrdua de biodiversitat (diversitat biològica), la qual, en aquest cas, ve

determinada per les diferències genètiques entre els individus d'una mateixa espècie. I una pèrdua de biodiversitat sempre implica una disminució de les possibilitats de supervivència de l'espècie. Per tant, si un dia s'arriba a tenir ramats clònics, les empreses productores dels clons i els organismes oficials competents hauran de garantir la preservació d'un nombre suficientment elevat d'animals de les diferents races que componen la ramaderia actual per tal de preservar-ne la biodiversitat.

Un exemple molt il·lustratiu de les conseqüències que té la pèrdua de biodiversitat originada pel clonatge reproductiu és el de la terrible fam que va assolir Irlanda el 1845 i en anys posteriors. Aquesta gran fam, que va causar 1 milió de morts i va forçar a emigrar a més de 2 milions de persones, fou provocada per un petit insecte, el pugó de la patata, que va acabar amb els conreus de patateres. El motiu pel qual va acabar amb tots els conreus és molt senzill: les patateres, introduïdes a Irlanda un parell de segles abans, s'havien anat reproduint per fragmentació del seu tubercle, la patata, un dels exemples clàssics de clonatge reproductiu natural (vegeu el capítol 4). Aquesta clonatge reproductiu a partir d'uns pocs exemplars inicials feia que la biodiversitat d'aquesta planta fos mínima, per la qual cosa, en arribar una plaga inesperada que les afectava, no hi va haver cap exemplar el material genètic del qual produís les defenses necessàries per fer-hi front.

Pot el clonatge reproductiu ajudar a preservar espècies en perill d'extinció?

Molts animals, per poder-se reproduir, necessiten la presència d'un nombre mínim d'individus. En les espècies de vida solitària aquest nombre mínim és necessari per permetre que els organismes es puguin trobar entre ells amb certa freqüència. En canvi, en les espècies gregàries, els individus de les quals viuen agrupats en famílies, aquest nombre mínim és necessari per mantenir les jerarquies, imprescindibles alhora d'aparellar-se i tenir cura de la

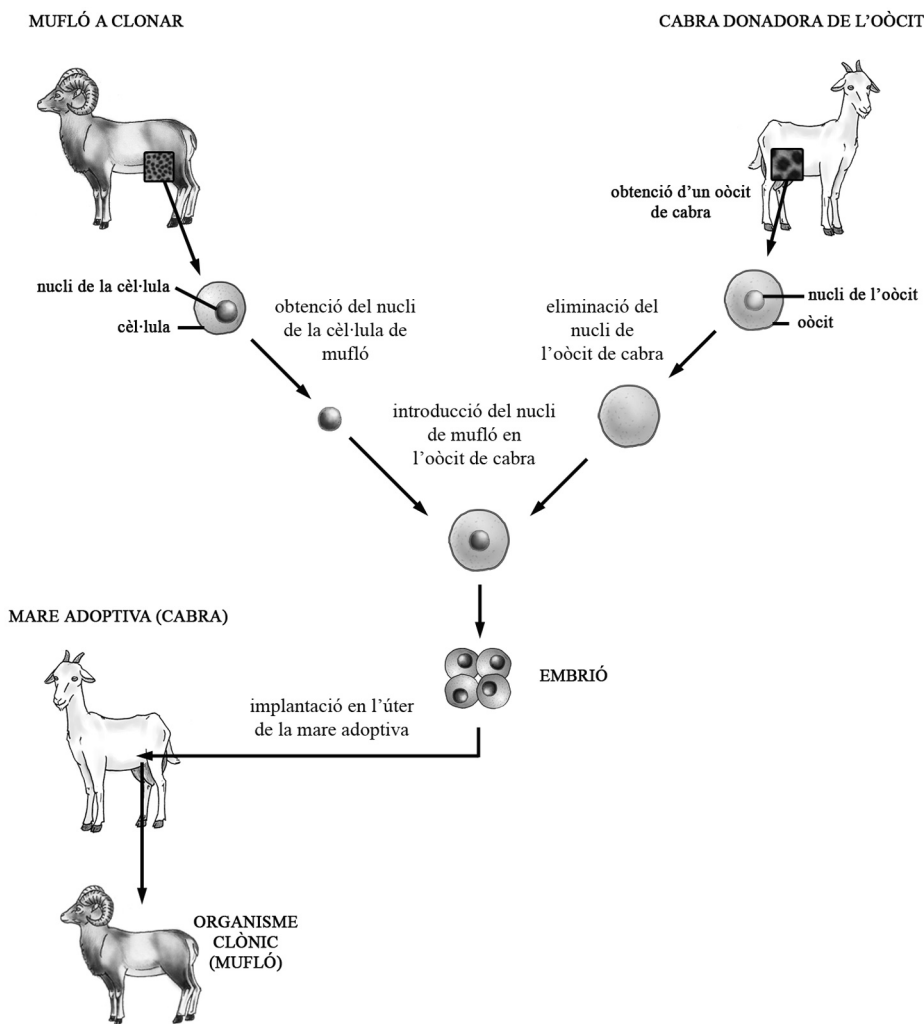


Figura 5-7. Naixement d'un mufló a partir d'un oòcit de cabra al qual s'ha trasplantat un nucli d'una cèl·lula de mufló utilitzant també una cabra com a mare adoptiva. El mufló es representa de color gris i la cabra de color blanc.

descendència. Quan una espècie es troba per sota del llindar mínim d'individus està condemnada a extingir-se de manera inevitable. En aquest sentit, el clonatge reproductiu es pot fer servir per preservar espècies en perill d'extinció tot incrementant el nombre d'individus per sobre del llindar mínim.

L'any 2001 es va clonar un individu d'una espècie de mufló que es troba en perill d'extinció. Però aquesta clonatge presentava un problema afegit: no es disposava de prou femelles de mufló per obtenir un nombre suficientment elevat d'oòcits als quals transferir els nuclis adequats. Per tal de solucionar aquest problema es va decidir utilitzar oòcits d'una espècie de cabra molt emparentada als muflons. Així, es van transferir nuclis de cèl·lules adultes de mufló a oòcits anucleats de cabra. Un cop els embrions van assolir l'estadi de blastocist es van transferir a úters de cabra que van fer de mares adoptives. Com que qui controla el desenvolupament embrionari i les característiques dels organismes adults és el genoma contingut al nucli i aquest era de mufló, l'organisme que va néixer de la mare cabra adoptiva va ser un mufló, malgrat l'oòcit utilitzat també era de cabra (figura 5-7).

Per tant, el clonatge reproductiu pot ser una bona eina per ajudar a preservar espècies en perill d'extinció, sobre tot si s'utilitzen oòcits d'espècies properes. Això no vol dir que no calgui tenir cura de preservar les espècies que es troben prop d'aquest llindar. El clonatge reproductiu ha de ser la darrera opció per salvar espècies en perill d'extinció. Al capítol 7 tornarem a parlar de la possibilitat de transferir un nucli d'una espècie a un oòcit d'una altra, quan parlem de les alternatives a la utilització d'embrions i oòcits humans per a clonatge terapèutic.

Es poden clonar animals de companyia?

En moltes ocasions, quan es tracta de la seva mascota, els propietaris de gossos i gats estan disposats a fer qualsevol cosa. Per tant, no és gens estrany que alguns científics amb esperit de negociant

ja hagin començat a fer-se rics a costa d'aquest afecte incondicional (i en moltes ocasions merescut) de les persones cap a les seves mascotes, tot i que fins ara tan sols s'ha pogut clonar un parell de gats i encara mai cap gos.

Actualment hi ha quatre cases comercials que ofereixen els seus serveis per emmagatzemar teixits d'animals de companyia tot esperant que s'optimitzin les tècniques de clonatge. Aquestes cases comercials assessoren i subministren el material necessari als veterinaris per tal que agafin cèl·lules de la pell, de la mucosa bucal, de la sang o de les glàndules mamàries d'animals vius o que acaben de morir. Després, quan reben les mostres de teixit, cultiven les seves cèl·lules i les congelen, a l'espera de transferir el seu nucli a oòcits anucleats segons la tècnica de transferència nuclear descrita en aquest mateix capítol quan sigui més eficient. De moment, però, cobren de 2.000 a 3.000 euros per a l'obtenció de les mostres i el seu condicionament i 100 euros anuals més per mantenir-les congelades.

El desembre de 2004 va néixer la primera mascota clònica: Little Nicky, un gat obtingut mitjançant trasplantament nuclear segons les tècniques de clonatge descrites, i que va ser generat a partir d'un nucli d'un gat de 17 anys que havia mort uns mesos abans. L'empresa que l'ha produït, Genetic Savings and Clone, ha cobrat a la mestressa del gat 50.000 dòlars per fer-ho (un xic més de 38.000 euros), i han dit que ben aviat clonaran també gossos, un negoci que esperen que sigui encara més lucratiu.

De totes maneres, si el clonatge d'animals de companyia es popularitza, quan els propietaris rebin el clon els propietaris poden tenir una bona sorpresa i no reconèixer l'animal, atès que la seva coloració i el patró de taques no ha de ser necessàriament idèntic al de l'original, malgrat el seu genoma sigui idèntic. I és que el patró de pigmentació dels animals multicolors no ve determinat exclusivament pel genoma sinó també per determinats factors del desenvolupament no controlats genèticament. I quina sorpresa tindran les persones que volen

clonar els seus animals de companyia en veure que el seu gat o gos clònic, si algun dia és factible generar-los, no els reconeix i li han de tornar a ensenyar on és el racó per fer les seves necessitats!

S'han clonat primats no humans?

El clonatge reproductiu humà és teòricament possible però poc pràctic i actualment inviable

Un dels camps de recerca en clonatge que suscita més curiositat és el treball amb primats no humans, atès que és un pas imprescindible per poder clonar eventualment persones. Els científics que treballen en el clonatge de primats no humans no ho fan com un pas previ al clonatge humà, sinó per generar animals genèticament idèntics que els permetin estudiar determinades malalties com l'hepatitis, que afecten tant primats humans com no humans. Però és ben cert que fins que no s'aconsegueixi clonar primats no humans amb èxit no es pot intentar clonar persones.

L'any 1996 van néixer els primers primats no humans clònics, que els científics van anomenar Neti i Ditto. Aquests primats clònics es van obtenir a partir de nuclis d'embrions de primat, no pas de nuclis de cèl·lules de primats adults, fet que simplifica molt el procediment de clonatge atès que no cal desconnectar tants programes gènics. Però encara no s'ha aconseguit mai clonar un primat a partir de cèl·lules d'un primat ja adult. El principal problema que hi ha és la desincronització entre el nucli trasplantat i el citoplasma de l'oòcit, problema del qual ja hem parlat. Efectivament, en primats encara no s'ha trobat la manera de sincronitzar-los, de desconnectar els programes gènics del nucli adult.

En un dels experiments de clonatge de primats adults realitzats, les cèl·lules que formaven l'embrió primerenc presentaven divisions cel·lulars anòmales: hi havia cèl·lules que es quedaven sense material genètic mentre altres en tenien més del compte. En paraules dels científics que van realitzar aquest treball,

Tanja Dominko i Gerald Schatten, de la Universitat de Portland, als EUA, “aquests embrions tan inicials eren un veritable museu dels horrors”.

S'està intentant clonar humans? (els falsos anuncis)

Des del punt de vista legal, l'ONU s'està plantejant prohibir a escala mundial el clonatge humà amb finalitat reproductiva. Però això no treu que alguns científics irresponsables anunciïn que ja ho estan intentant, com el ginecòleg italià Severino Antinoni. A mitjans del 2002 aquest ginecòleg va anunciar que havia transferit a una dona un embrió humà clonat, i que aquesta estava embarassada de vuit setmanes. Aquest anunci, qualificat d'irresponsable per tots els científics i comitès d'ètica, va ser posteriorment desmentit pel propi ginecòleg, però la controvèrsia ja s'havia generat. Amb tot això, ell era una mica més famós i, sobretot, havia incrementat la clientela de la clínica de reproducció assistida que dirigeix.

I no és l'únic cas. Rael, el líder d'un moviment sectari conegut com a raelians, ha creat una companyia anomenada Clonaid que anuncia ser la primera dedicada al clonatge humà. Els raelians creuen que uns extraterrestres van crear la vida a la Terra mitjançant tècniques d'enginyeria genètica, i que Jesús va ressuscitar ara fa gairebé 2.000 anys gràcies a un sofisticat sistema de clonatge que incloïa la transferència de la consciència. Per demostrar que el clonatge reproductiu humà és el camí cap a la immortalitat han “inventat” una màquina per clonar humans que, segons diuen, és molt eficient transferint nuclis a oòcits anucleats. Clonaid ha anunciat que gràcies a aquesta màquina ja hi ha varies dones que gesten humans clònics, i per si algú hi està interessat la venen per uns 10.000 euros. Però reconeixen que encara no poden transferir la consciència com creuen que els extraterrestres van fer amb Jesús.

Sense entrar en més detalls sobre aquests anuncis, tots els científics seriosos, és a dir, aquells que no busquen la fama

de manera irresponsable, que estan treballant amb clonatge de mamífers o amb tècniques relacionades, o que entenen el fonament d'aquesta tècnica i coneixem l'estat actual del tema, coincidim, sense cap excepció, a dir que aquests anuncis són completament falsos i que ara per ara no hi ha cap possibilitat de clonar humans. I que mai es podrà transferir la consciència.

Es podrà clonar humans?

A nivell tècnic, un dels principals entrebancs per clonar humans és aconseguir un nombre suficientment elevat d'oòcits als quals trasplantar un nucli. S'ha calculat que amb les tècniques actuals farien falta uns 1.200 oòcits per aconseguir un bebè clònic. Això representa un nombre extraordinàriament elevat. Una dona normal produeix, al llarg de la seva vida, de 200 a 300 oòcits madurs, i si s'utilitzessin donants en farien falta entre 120 i 240 per a cada clonatge, atès que de cada donant només s'obtenen de 5 a 10 oòcits.

És clar que, si la tècnica millora, s'aconsegueix clonar primats no humans i el rendiment global augmenta, aquest nombre es podria reduir sensiblement. Però llavors encara quedaria el problema de les malformacions dels clons, del seu sobrecreixement i del possible envelliment prematur. Solucionar aquests problemes no és qüestió de quatre dies, sinó d'una recerca intensa i extraordinàriament cara de molts anys, de dècades. I primer s'ha de fer en altres mamífers, inclosos primats no humans. Per tant encara ens queda temps per decidir si pot ser útil i/o ètic clonar humans amb finalitats reproductores. De moment, tothom coincideix a dir que fins que la tècnica de clonatge reproductiu no sigui perfectament viable en els altres mamífers inclosos els primats no humans, intentar-ho en humans seria una gran irresponsabilitat científica i fins i tot un acte criminal.

Quina utilitat potencial tindrien els humans clònics?

Un dels motius que sempre s'argumenten per generar humans clònics és poder

resoldre problemes d'infertilitat en parelles heterosexuales i poder oferir fills genèticament idèntics a parelles homosexuals o a persones soles. En aquest sentit, el president d'una associació gai americana ha creat una associació per promoure la legalització del clonatge reproductiu humà, i l'argument principal que utilitza és el del seu dret a tenir un fill genèticament igual a ell. Però cal tenir present que un “fill” obtingut per clonatge no és un fill en el sentit biològic de la paraula, atès que el seu material genètic no prové de dos progenitors, sinó només d'un. De fet seria el seu germà bessó, encara que hagués nascut un grapat d'anys més tard.

Quins són alguns dels fantasmes que desperta el clonatge reproductiu humà?

Com dèiem en iniciar aquest capítol, l'acceptació del clonatge reproductiu com a tècnica amb moltes perspectives de futur en ramaderia, farmàcia, medicina i per preservar espècies en perill d'extinció ha de lluitar contra el llast que representen tot un seguit de conegudes obres de ficció. En algunes d'aquestes obres s'especula sobre la possibilitat de clonar dictadors perquè acabin la seva tasca, de generar soldats clònics o d'obtenir castes humanes especialitzades en feines molt concretes. Anem a discutir quins aspectes d'algunes d'aquestes obres poden ser verídics o possibles en un futur més o menys llunyà i quins hauran de romandre al camp de la ficció.

Es possible generar castes humanes especialitzades en tasques molt concretes?

A “Un món feliç” (*A Brave New World*, 1932), Aldous Huxley descriu una societat del futur organitzada en 5 castes obtingudes per clonatge i especialitzades en feines molt concretes. Aquestes 5 castes, anomenades Alfa, Beta, Gamma, Delta i Èpsilon difereixen en el seu coeficient intel·lectual, cada cop respectivament més baix, i en determinades característiques físiques que les fan especialment aptes per a determinades feines. Vegem-ne uns

quants fragments: “Un oòcit, un embrió, un adult: això és la normalitat. Però un oòcit bakonovskificat prolifera, es subdivideix. De vuit a noranta-sis brots, i cada brot arribarà a formar un embrió perfectament constituït, i cada embrió es convertirà en un adult normal [...] Homes i dones estandarditzats, en grups uniformats. Tot el personal d’una fàbrica podria ser el producte d’un sol d’aquests oòcits [...] També els predestinem i condicionem com Alfes, Betes, Gammes, Deltas o Èpsilons. Els socialitzem.”

Com molt probablement el lector ja deu haver deduït, els “oòcits bakonovskificats” no són res més que embrions sotmesos a escissió gemel lar, una de les maneres d’obtenir individus clònics de la qual hem parlat. Aquests embrions no són transferits a úters, sinó que en aquesta societat futura s’incuben en unes màquines especials, quelcom massa sofisticat com per poder acabar sent realitat. Ara bé, el text seleccionat conté una afirmació molt important: cal condicionar culturalment els clons i socialitzar-los per tal que esdevinguin de la casta que els correspon. Ells, per si mateixos, sent genèticament iguals, podrien desenvolupar personalitats i característiques diferents, malgrat que òbviament el seu genoma els condicionaria molts aspectes físics i intel·lectuals. Per tant, dos clons humans, si algun dia s’arriben a fer, no seran mai fotocòpies, com tampoc ho són els bessons idèntics.

Es poden recuperar persones mortes? (Es poden fer fotocòpies humanes?)

A “Els nens del Brasil” (*The Boys from Brazil*, 1976), Ira Levin descriu l’intent d’un metge de l’Alemanya nazi exiliat al Brasil de clonar Adolf Hitler per tal que pugui acabar la seva tasca unes dècades després de finalitzada la 2a Guerra Mundial. En aquesta obra de ficció, el Dr. Mengele genera 94 clons de Hitler i els transfereix a 94 dones. En un fragment de l’obra es pot llegir: “Noranta quatre homes han de morir en les dates indicades i en un termini de dos anys i mig. Tots tenen 65 anys. La seva mort constitueix el darrer pas d’una

operació a l’èxit de la qual tant jo com l’Organització hem dedicat molts anys, un gran esforç i bona part de la nostra fortuna. L’esperança i el destí de la raça ària depenen del resultat.”

Aquests 94 homes que han de morir tenen moltes coses en comú: tenen 65 anys, han tingut un fill quan tenien uns 50 anys (de fet han criat i educat un dels clons de Hitler, però sense saber-ho), treballen en tasques de funcionariat sense massa rellevància, etc. Per què tot això? Com a “Un món feliç”, l’autor de l’obra té molt clar que amb els gens no n’hi ha prou per fer que dues persones siguin idèntiques en tot, inclòs el caràcter, el temperament o les afeccions. Cal que l’ambient en què es desenvolupen sigui igual, que els passin les mateixes coses a la vida. Per això en aquesta obra de ficció “l’Organització” intenta reproduir fidelment les vicissituds de la vida del dictador. Però, és possible fer fotocòpies humanes que incloguin no només els gens sinó també la personalitat?

La resposta és indiscutiblement negativa. És impossible fer dos individus humans amb la mateixa identitat. Perquè es formi la identitat d’un individu, amb la seva complexa personalitat (psicologia, caràcter, intel·ligència, sociabilitat, etc.), cal que molts gens diferents interactuïn entre ells i amb l’ambient. I l’ambient en què es formaran una persona i el seu clon seran, de ben segur, diferents; la personalitat dels pares i el moment històric i social influiran de manera diferent en progenitor i el seu clon, de la mateixa manera que, per exemple, l’alimentació condiciona els aspectes físics. Els estudis fets amb bessons idèntics, clons naturals que comparteixen la mateixa informació genètica, demostren que si es crien en ambients diferents esdevenen individus amb característiques físiques i sobretot de personalitat molt diferents. Fins i tot els bessons idèntics educats en una mateixa llar acostumen a presentar clares diferències de personalitat.

Es pot produir un exèrcit clònic?

A “L’atac dels clons” (*Star Wars II*, 2001), George Lucas presenta la generació

de soldats clònics obtinguts a partir d’un famós caçarecompenses galàctic, considerat el millor en la seva professió. Però en aquest cas no són ben bé iguals al progenitor: se’ls ha modificat genèticament mitjançant transgènesi per tal que obeeixin les ordres cegament, perquè perdin l’individualisme propi d’un caçarecompenses solitari.

Un parell de comentaris respecte aquest plantejament. Primer, aquests clons no es desenvolupen dins una mare sinó, com a “Un món feliç”, en unes màquines especials, quelcom massa sofisticat com per poder acabar sent realitat.

A més a més, modificar qualsevol aspecte de la personalitat mitjançant transgènesi comportaria haver d’alterar un nombre considerable de gens sense cap garantia d’èxit, atès que els gens que d’alguna manera influeixen sobre el comportament i la personalitat mantenen unes relacions molt complexes entre ells i amb l’ambient. És a dir, que aquests gens només influeixen el comportament, no el determinen en cap cas, fent que una persona sigui més o menys propensa a patir depressions, a les addiccions, a la violència o a l’altruisme, entre totes les altres característiques que conformen la personalitat humana. Però perquè es manifesti qualsevol característica de la personalitat humana cal un aprenentatge, una relació concreta i puntual amb l’ambient. Decididament, és molt més fàcil obtenir bons soldats educant o reeducant persones normals (no clòniques) perquè es creguin que hi ha enemics a combatre en lloc de pensar que hi ha persones amb qui dialogar.

David Bueno i Torrens (Barcelona, 1965), Doctor en Biologia i especialista en Genètica, és investigador i professor de la Universitat de Barcelona, on dirigeix un grup de recerca que centra els seus esforços en l’estudi i la manipulació de les cèl·lules mare del sistema nerviós. Mitjançant la utilització de diversos models animals, el seu objectiu consisteix a trobar possibles aplicacions de les cèl·lules mare en medicina regenerativa, concretament, en la reparació de teixits humans malmesos per les malalties neurodegeneratives. Ha publicat diversos llibres de divulgació, llibres de text per a Primària i Secundària, i una trentena d’articles científics en revistes internacionals especialitzades.