

# CAPÍTOL 5

## EL CLONATGE REPRODUCTIU

*Fins fa pocs anys, per a la majoria de la gent 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 personalitats 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 als humans. Com 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 reproduïxen de manera natural per clonatge, com els cnidaris i les planàries. Des de fa unes dècades, però, les innovacions tècniques obtingudes en els camps de la biologia molecular, la biologia cel·lular, la genètica i la fecundació *in vitro* han fet possible d'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. Aquesta tècnica de clonatge 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 clonatge, tant el genoma contingut al nucli de les cèl·lules com els gens que hi ha en els seus mitocondris són idèntics.

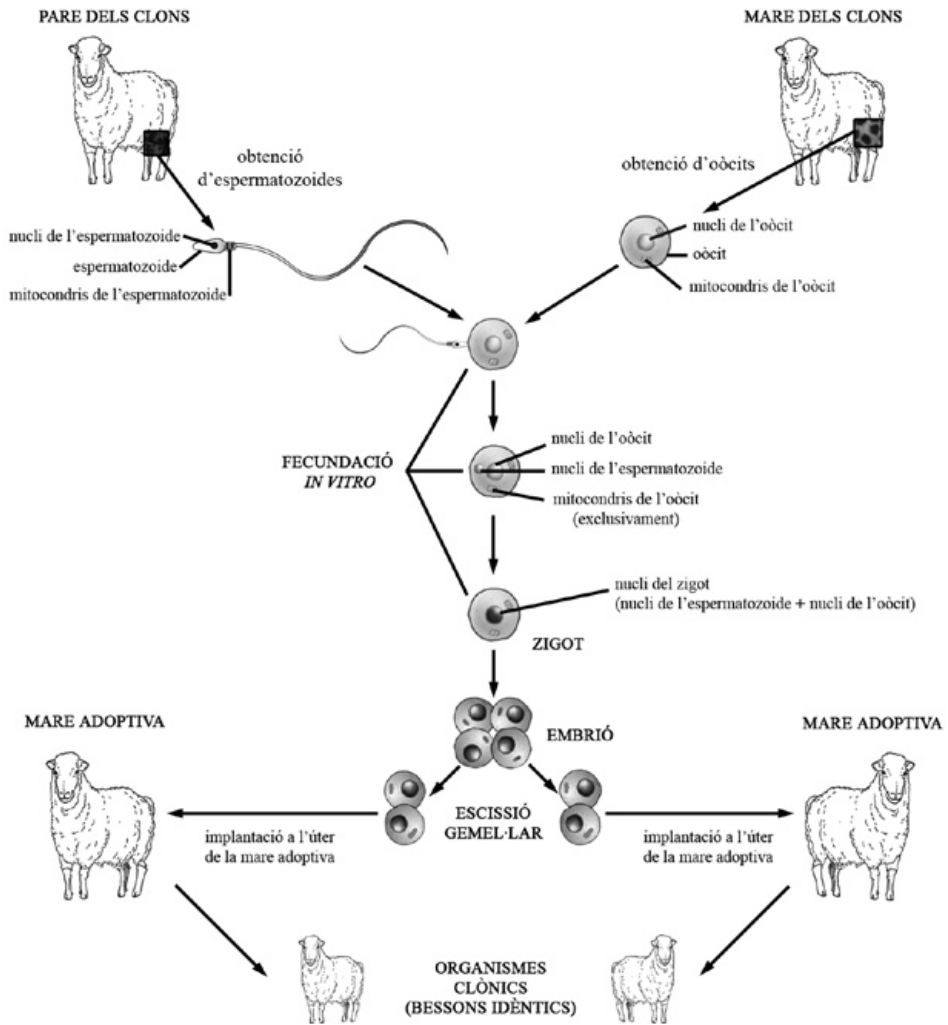
### **Per generar animals clònics per divisió de l'embrió, cal implantar-los simultàniament i al mateix úter?**

Per generar clons per escissió gemel·lar no cal que els embrions es transfereixin al mateix úter ni de manera simultània. Encara que 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, ja que es poden congelar i transferir en moments diferents (vegeu el capítol 3 per a més informació sobre la congelació d'embrions). Així, per exemple, un embrió pot ser transferit immediatament mentre que l'altre es pot mantenir congelat.

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

N'hi ha que han proposat utilitzar la tècnica d'escissió gemel·lar com una font completament personalitzada de cèl·lules mare embrionàries per a la medicina regenerativa. 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'utilit-



**Figura 5.1.** Generació d'animals clònics per escissió gemel·lar. Observeu que tant el genoma nuclear com el mitocondrial són idèntics. Per indicar-ho, aquests orgànuls es representen del mateix color en tots dos clons.

zaria únicament com a font de cèl·lules mare genèticament i immunològicament compatibles en cas que la persona adulta necessités algun òrgan a la carta. 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). Tan sols 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?**

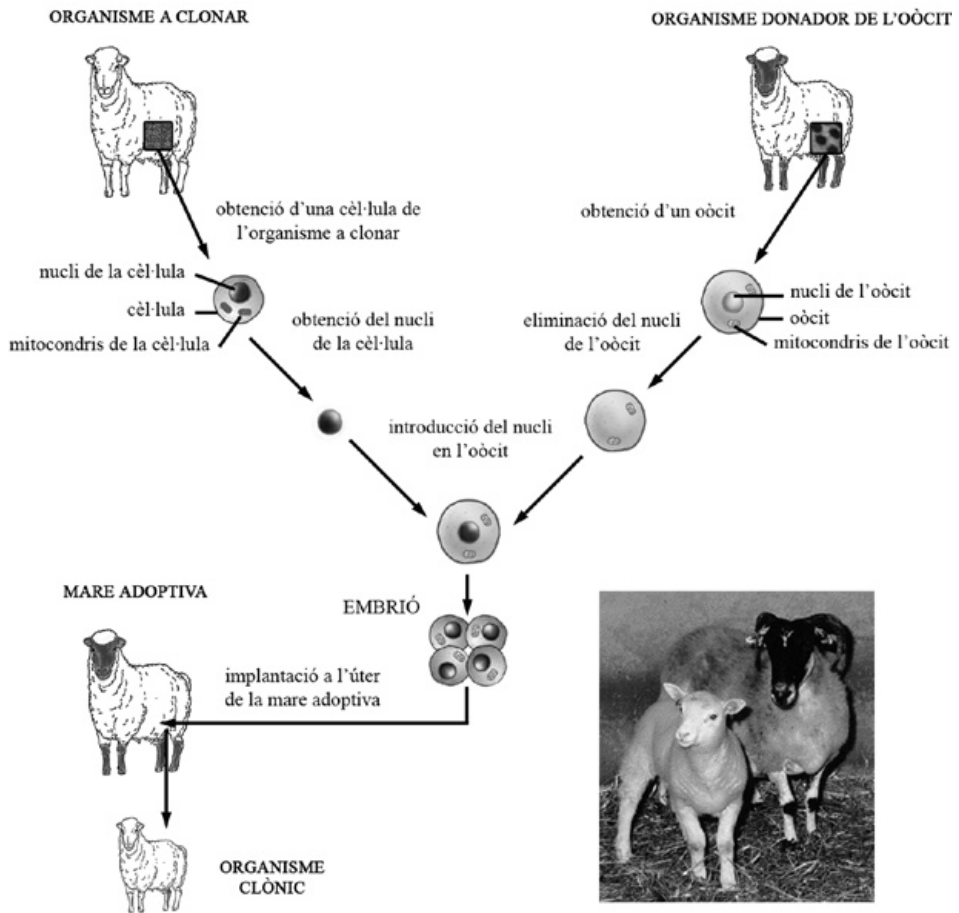
Des de finals del segle XIX s'ha intentat en diverses ocasions generar experimentalment clons a partir d'animals adults, ja nascuts, sempre sense èxit o amb un èxit parcial. D'aquests experiments pioners en parlarem més endavant. La primera vegada que es va obtenir un clon a partir d'un animal adult 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, mufllons, ratolins i gats.

### **Com es clonen organismes adults?**

La manera d'obtenir clons d'individus ja adults és conceptualment força senzilla (figura 5.2). S'obté el nucli d'una cèl·lula qualsevol de l'individu que es vol clonar,

elqual conté tot el genoma de l'organisme —la quantitat justa de material genètic per permetre que se'n desenvolupi un de nou. S'agafa un oòcit d'una donant i se n'elimina el 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, dit d'una altra manera, 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?



**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 amb un color diferent, i els nuclis amb el 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).

## **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 ser prou viables per poder ser trasplantats a ùters de mares adoptives. De totes aquestes mares adoptives tan sols 13 van quedar prenyades, i d'aquestes 13 només una va parir una ovel·la 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 per clonar i de l'oòcit utilitzat seran, amb tota seguretat, pràcticament iguals.

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 per al 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.

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

### **Quan es van fer els primers experiments de clonatge amb animals?**

Els primers experiments de clonatge amb 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 embriólegs

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 que el control del desenvolupament embrionari 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.

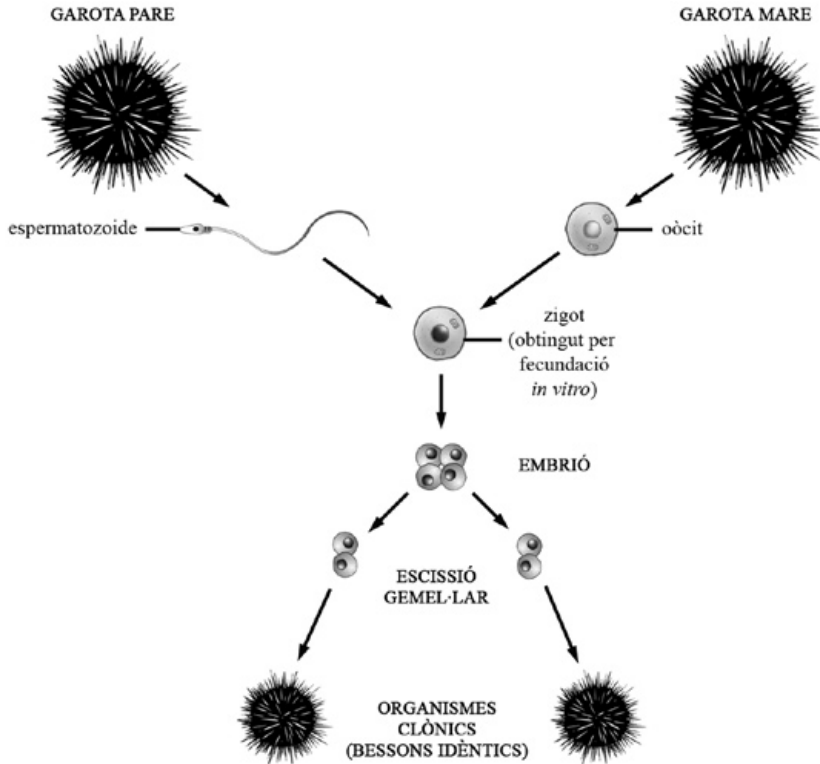
L'altra teoria, en canvi, proposava que totes les cèl·lules conserven tots els factors, però que a les cèl·lules musculars només funcionen els factors que les fan ser musculars i a les nervioses només els que les fan ser nervioses. Actualment sabem que aquesta segona teoria és la correcta.

Per esbrinar quina de les dues teories és la correcta, el 1892 un biòleg i 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 que ha generat l'ovella Dolly, i s'ha 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.



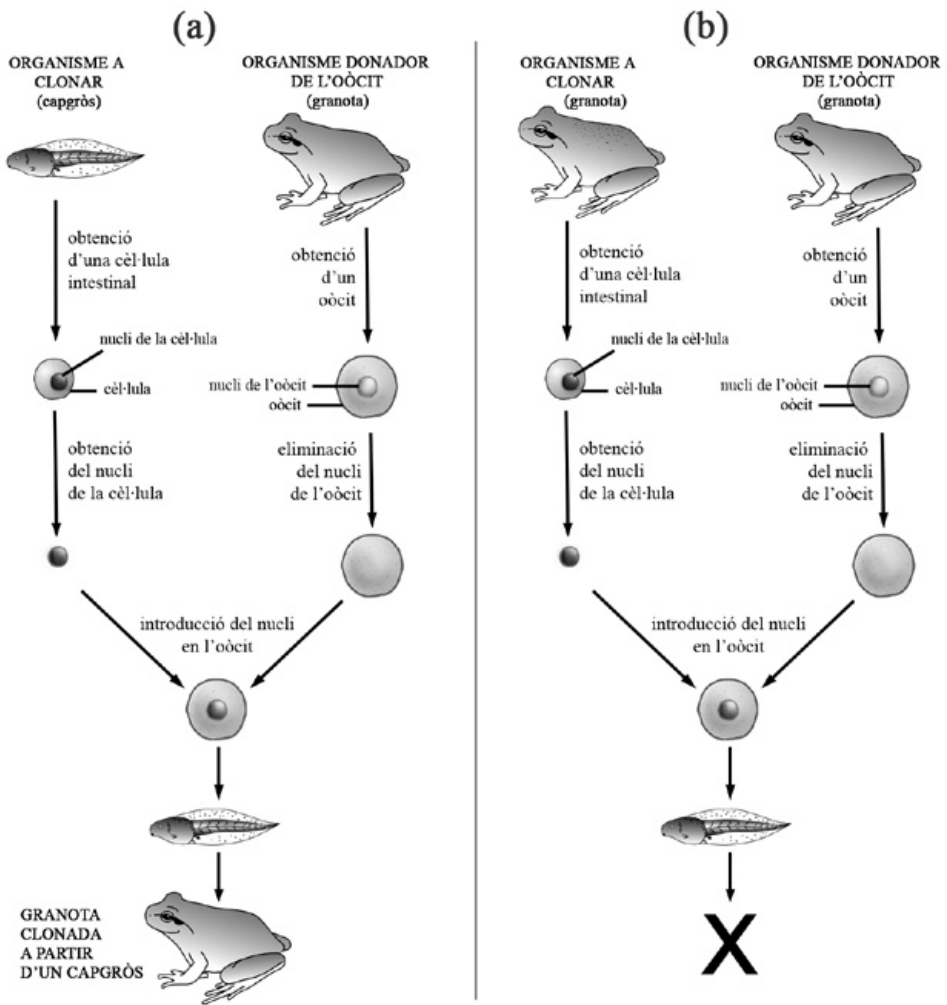
**Figura 5.3.** Clons de granota generats per escissió gemel-lar segons l'experiment de Driesch.

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.

Aquests experiments van demostrar finalment la teoria que proposa que, durant el desenvolupament embrionari, totes les





**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.

cèl·lules conserven tots els gens, però només en funcionen uns quants que permeten a la cèl·lula de realitzar la seva funció. Així i tot, els experiments no van suposar el clonatge complet d'un animal adult. El motiu és el següent: si s'utilitzaven nuclis de cèl·lules de capgròs, al final s'obtenien granotes adultes, però els capgrossos no són granotes adultes, sinó larves. D'altra banda, si els nuclis provenien de granotes adultes, tampoc no s'arribaven a generar noves granotes adultes, perquè els capgrossos obtinguts morien abans d'esdevenir granotes adultes.

Durant les dècades de 1970 a 1990 es van realitzar experiments semblants amb altres animals, inclosos mamífers, que van resultar de manera similar. No va ser fins el naixement de l'ovella Dolly, el 6 de juny de 1996, que es va obtenir 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'èxit, però, és sempre molt baix i depèn de cada espècie concreta. 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 les quals ja s'ha assajat, i en els humans. En aquells casos en els quals el clonatge encara no ha estat possible,

s'indica el moment del procés on la tècnica falla. Per exemple, entre 1996 i finals del 2002 s'han obtingut clons d'ovelles, vedells, porcs, cabres, mufllons, ratolins i gats, però encara no s'ha aconseguit mai clonar gallines, conills, gossos ni primats no humans.

El teixit del qual 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.

### *Molts dels animals clonats presenten problemes de supervivència*

### **Quins són els principals problemes que presenten els animals clonats?**

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

	fecundació <i>in vitro</i>	formació de mòrula i blastocist	implantació a l'úter	naixement viu
<b>ovelles</b>	SI	SI	SI	SI
<b>vedells</b>	SI	SI	SI	SI
<b>garrins</b>	SI	SI	SI	SI
<b>cabres</b>	SI	SI	SI	SI
<b>muffons</b>	SI	SI	SI	SI
<b>gallines</b>	SI/NO	NO	NO	NO
<b>conills</b>	SI	SI	SI/NO	NO
<b>ratolins</b>	SI	SI	SI	SI
<b>gossos</b>	SI/NO	SI/NO	SI/NO	NO
<b>gats</b>	SI	SI	SI	SI
<b>primats no humans</b>	SI	SI	NO	NO
<b>humans</b>	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.

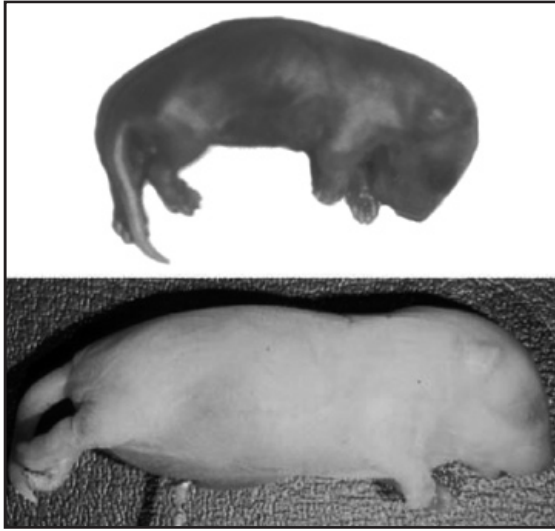
\*Per obtenir cèl·lules mare embrionàries, no pas per a clonatge reproductiu. Vegeu el Capítol 6.

de la tècnica no és exclusiva de les ovelles. Per exemple, malgrat que actualment han nascut més de 300 vedells clònics, per aconseguir que nasqués el primer es van necessitar 276 embrions, dels quals només van néixer 4 vedells vius, un de les quals va morir al cap de 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 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



*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'escala de les imatges és la mateixa.*

que també podria ser deguda a d'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'òocit 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'òocit. 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 d'esdeveniments que ocorren entre una divisió cel·lular i la següent. És com si intentéssim ensenyar a escriure a un nadó o fèssim 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 òocits que estaven en un mateix moment del cicle cel·lular, tan sincronitzats com ha estat possible. I així i tot, van caldre 400 òvuls per obtenir la Dolly i 276 embrions per aconseguir 4 vedells clònics que nasquessin vius. És

com ensenyar a escriure a un nen de 5 o 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 gènics 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 gènics 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 succeeix durant una fecundació normal. En una fecundació normal el material genètic del zigot prové de l'espermatozoide, que té activats els programes gènics propis d'un espermato-

zoide que busca un oòcit per fecundar, i de l'oòcit, que té activats els programes gènics propis d'un oòcit que espera ser fecundat per un espermatozoide. Òbviament, aquests programes gènics 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 el trasplantament nuclear cal desconnectar els seus programes gènics. Parlant en el llenguatge dels ordinadors i dels aparells electrònics, se'ls ha de fer un *reset*. Ara bé, com dièim al capítol 2 en parlar dels programes gènics, molts d'aquests programes encara ens són desconeguts, per la qual cosa no tenim la certesa absoluta que el *reset* hagi estat complet, que 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 aconseguir que el clonatge d'animals sigui un procés eficient implicaria 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 gènics que acabem de discutir hi ha un altre

problema que pot propiciar l'envelliment prematur. L'envelliment dels organismes és 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 manera de rellotge cel·lular, indicant en quin moment una cèl·lula ha de morir. D'altra banda, 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. Aquesta podria ser la situació 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 amb la de Dolly, és possible que genèticament Dolly tingui 11 anys, l'edat en la qual algunes ovelles poden començar a patir artritis.

Hi ha experiments, però, que semblen indicar que els cromosomes recuperen la seva mida juvenil després d'un procés de trasplantament nuclear. Com el lector pot observar, aquest tema és encara molt confús i hi ha moltes coses per esbrinar, moltes possibilitats per 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. Cal dir que les cèl·lules reproductores masculines i femenines, els espermatozoides i els oòcits respectivament, ja 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.

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

### **Quins beneficis mèdics potencials tenen els organismes clònics?**

Si bé 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 els són pròpies—, el clonatge d'animals pot proporcionar models molt valuosos per estudiar malalties humanes i trobar-hi tractaments.

No només això, sinó que també aquesta combinació de clonatge reproductiu i trasgènesi pot donar un nou impuls als xenotrasplantaments. Els xenotrasplantaments són trasplantaments d'òrgans entre animals no humans, generalment porcs, i

pacients humans. La qüestió 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. I 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 varius, les cremades, la fibrosi quística i l'hemofília. Per això, 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 intenció 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 proporcionaria la dosi diària adequada del factor de coagulació que els manca. Ningú no 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 reproduïxin abans i tinguin més cries; que consumeixin menys aliment i produeixin més carn, llet o ous; i que siguin resistent a les malalties més comunes. Des de la revolució neolítica fins a 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 ja que la seva herència sol ser bastant complexa.

El clonatge reproductiu d'animals proporciona individus que tinguessin exactament els mateixos caràcters desitjables que els progenitors, sense cap pèrdua de capacitats. Amb l'afegit que el clonatge facilita la introducció de gens nous mitjançant la 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, si bé s'ha demostrat 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 torna especialment resistent a determinades malalties —per exemple, produint substàncies tòxiques per combatre-les— i, alhora, el fa 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 afectés



el ramat, en moririen tots els membres. 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. Una pèrdua de biodiversitat sempre implica una disminució de les possibilitats de supervivència de l'espècie. De manera que 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. Si va poder acabar amb tots els conreus és perquè 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). Aquest 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

els afectés, no hi va haver cap exemplar amb un material genètic que 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 descendència. Quan una espècie es troba per sota del llinar mínim d'individus, està condemnada a extingir-se de manera inevitable. El clonatge reproductiu es pot fer servir per preservar espècies en perill d'extinció tot incrementant el nombre d'individus per sobre del llinar mínim.

L'any 2001 es va clonar un individu d'una espècie de mufló que es troba en perill d'extinció. Però aquest 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 d'utilitzar oòcits d'una espècie de cabra estretament emparentada amb els muflons. Així, es van transferir nuclis de cèl·lules adultes de mufló a oòcits anucle-

ats de cabra. Un cop els embrions van assolir l'estadi de blastocist es van transferir a ùters 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 que l'òocit 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, sobretot 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 llinar. 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 al clonatge terapèutic.

### **Es poden clonar animals de companyia?**

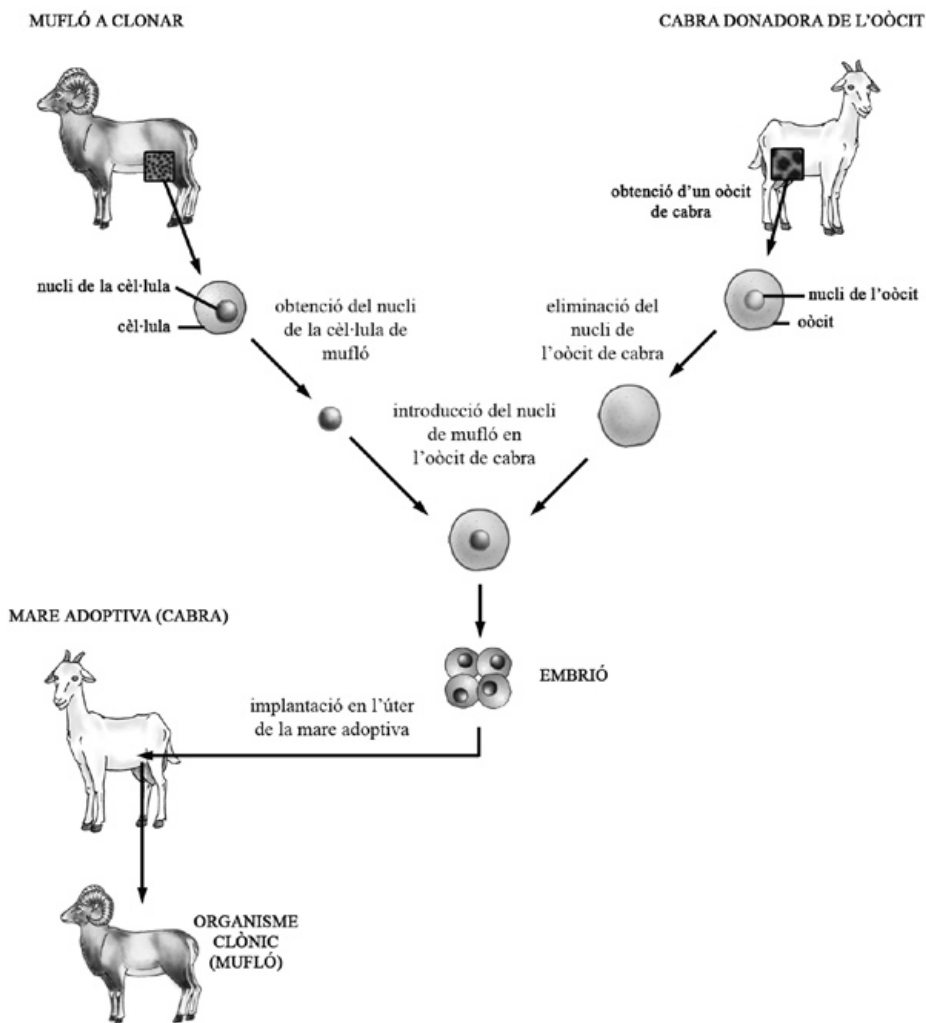
En moltes ocasions, quan es tracta de la seva mascota, els propietaris de gossos i gats estan disposats a fer qualsevol cosa. Per tant, no és gens estrany que alguns científics amb esperit de negociants ja hagin començat a fer-se rics a costa d'aquest afecte incondicional (i en moltes ocasions merescut) de les persones cap a les seves mascotes, tot i que fins ara tan sols s'han

pogut clonar un parell de gats i mai s'ha pogut clonar 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, en cultiven les cèl·lules i les congelen, a l'espera de transferir el seu nucli a oòcits anucleats mitjançant la tècnica de transferència nuclear descrita en aquest mateix capítol —quan ja sigui més eficient. De moment, però, cobren de 2.000 a 3.000 euros per 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 responsable, *Genetic Savings and Clone*, ha cobrat a la mestressa del gat 50.000 dòlars per fer-lo (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



**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.

els propietaris rebin el clon poden tenir una bona sorpresa i no reconèixer l'animal, ja que la seva coloració i el patró de taques no ha de ser necessàriament idèntic al de l'original, fins i tot si el seu genoma és idèntic. I és que el patró de pigmentació dels animals multicolors no ve determinat exclusivament pel genoma, sinó també per determinats factors del desenvolupament que no són controlats genèticament. I quina sorpresa poden tenir les persones que volen clonar els seus animals de companyia, en veure que el seu gat o gos clònic no els reconeix i li han de tornar a ensenyar on és el racó per fer les seves necessitats!

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

### **S'han clonat primats no humans?**

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 que afecten tant primats humans com no humans —com és ara l'hepatitis. 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, ja que no cal desconnectar tants programes gènics. Però encara no s'ha aconseguit mai clonar un primat a partir de cèl·lules d'un 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 priva 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 ja 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 inclou 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 en la transferència de 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, en altres paraules, aquells que entenen el fonament d'aquesta tècnica i coneixem l'estat actual del tema, els que estan treballant en el clonatge de mamífers o en tècniques relacionades, i els que no busquen la fama de manera irresponsable coincidim, sense cap excepció, a dir que aquests anuncis són completament falsos, que ara per ara no hi ha cap possibilitat de clonar humans, i que mai no 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'arriba a clonar primats no humans i el rendiment global augmenta, aquest nombre es podria reduir sensiblement. Si bé 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 el resultat d'una recerca de molts

anys (dècades), intensa i extraordinàriament cara. I primer s'ha de fer en altres mamífers, inclosos els 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 membres de parelles homosexuals o a persones soles. 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, perquè 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. Tot seguit discutirem 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.

### **És 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, gradualment 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 em-

bríu 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 ùters, 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.

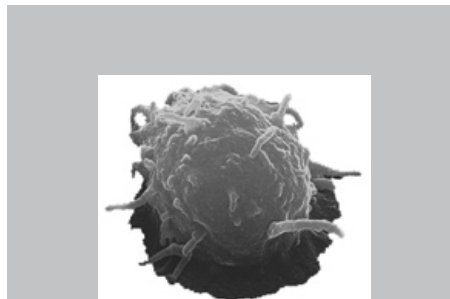
### Es pot produir un exèrcit clònic?

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. Per dir-ho d'una altra manera, aquests gens només influeixen en 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 no clòniques perquè es creguin que hi ha enemics a combatre, en lloc de pensar que hi hagi persones amb les quals dialogar.





*En aquest capítol hem vist les tècniques de clonatge reproductiu en animals no humans, que ara per ara són molt poc eficients, i hem discutit els problemes que presenten, les perspectives de futur i les seves possibles aplicacions. També hem parlat de la possibilitat d'aplicar aquestes tècniques a humans i de la necessitat de desfer-nos del llast que suposen les idees preconcebudes derivades de les obres de ficció si volem acceptar el clonatge animal no humà com una tècnica que pot esdevenir molt útil. En el proper capítol parlarem finalment del clonatge terapèutic, una eina molt útil per a la medicina regenerativa que promet ser una gran revolució en la biomedicina. Veurem quines tècniques s'utilitzen, moltes de les quals deriven del clonatge reproductiu per trasplantament nuclear; en quina fase es troba aquesta recerca i quines són les seves perspectives de futur.*

## CAPÍTOL 5: IDEES PRINCIPALS

- *El clonatge reproductiu és un procés experimental destinat a produir organismes genèticament idèntics.*
- *Els animals es poden clonar per escissió gemel·lar, procés que simula la generació natural de bessons, i per trasplantament nuclear.*
- *Únicament el clonatge reproductiu mitjançant trasplantament nuclear permet obtenir clons d'individus ja adults.*
- *Fins a finals del 2002 s'han pogut clonar ovelles, vedells, porcs, cabres, muflons, ratolins i gats, però mai cap primat no humà.*
- *El clonatge reproductiu animal no humà pot ser útil en ramaderia, medicina, farmàcia i per preservar espècies en perill d'extinció.*
- *El clonatge reproductiu humà és teòricament possible però poc pràctic i actualment inviable.*