

Injinerutza genetikoaren arloan azken boladan bizi dugun etengabeko aurrerapenak orain arte ezkutuan gordetako beldurrak agertarazi ditu: ugaztunak klonatuz daitezkeela ikusi eta gero, gizakiaren txanda izango ote da? Bistan denez, galdera hauei erantzutea ez dagokie zientzialariei bakarrik eta martxoan Donostian egin ziren jardunaldietan esandakoa jasoz, honen guztiaren berri ematen ahaleginduko gara. Andoni Ibarra antolatzailearekin hitz egin dugu eta ahal bezain txukun jaso ditugu saio interesgarri hauetan esandakoa.

Horrez gain, eta arazoa bere osotasunean hobeto uler dezagun, CAF-Elhuyar Sariko 3. sari konpartitua irabazi zuen "Klonazioaren auzia biologiaren ikuspegitik" izenburuko lana ere ondoko orrietan dator.

Nature



Landare eta ugaztun klonikoak

Gizakiak?



Andoni Ibarra: "Aro berri baten atarian gaude"

Pili Kaltzada*

Ugaztunak klonatu, gizakia klonatu? izenburupean, jardunaldi interesgarriak egin ziren Donostian martxoan. Bete-betean datoz han hitz egindakoak lantzen ari garen gaiarekin. Galdera-ikur batez iragarri ziren saio horietan erantzunik apenas ez zutela aurkitu esan digu Andoni Ibarra EHUko irakasle eta *Theoria* aldizkariko editore asoziatuak; hain zuzen ere, aldizkariaren ekimenez burutu ziren eztabaida-saio mamitsu horiek "Zientzia, Teknika eta Gizartea" egitasmoaren barruan. Bertan izan ostean, "Norteko Ferrokarrilla" irratsaioan ondokoa azaldu zигun Ibarrak.



Elhuyar: Kezka handia sortu da klonazioaren inguruan azken bolada honetan. Dolly, Polly eta gizakia klonatzeko gertu dagoen zientzialarien berri izateak ezinegona sortu duela iruditzen zaigu...

Andoni Ibarra: Guk ere, goizez egin dugun mintegian eta arratsaldean izan diren hitzaldietan gai honek kezka handia sortzen duela sumatu dugu. Jende asko inguratu da bertara, guk espero baino gehiago egia esan, eta klonazioaren inguruko arazo etikoak mahai gainean jartzeko premia nabaritu dugu. Kantitatea bezain garrantzitsua izan da, nire ustez, parte hartu dutenen kalitatea, jendeak eztabaida horietan eskua hartzeko gogoia eta prestutasuna erakutsi baitu. Zuzenbide eta Filosofia fakultateetan goizez egin dugun mintegi akademikoan, gainera, klonazioa baino zabalagoak diren arazoak ere aztertu ahal izan ditugu, hala nola, bioetika, bioteknologia, etab.

Elhuyar: Jardunaldiak iragartzeko orduan, galdera-ikurra erabili duzue eskupaperetan: **Ugaztunak klonatu, gizakia klonatu?**, hain zuzen ere. Bilatzen ari zineten erantzuna aurkitu al duzue?

Andoni Ibarra: Ez horixe! Egia esateko, galdera deigarri batez aurkeztu dugu gure egitasmoa, baina funtsean, erantzunik ez genuela erraz aurkituko bagenekien. Are gehiago, gure helburua ez zen erantzun zehatzak ematea, galdera gehiago sortzea baizik, gero arazo etiko eta filosofikoak aurkituz, denon artean hausnarketa egiteko. Azken finean, aztertu dugun arazo hau ez da bai edo ez batez amaituko; ez dago zuria eta beltza hain erraz bereizterik eta gris-sorta handia dago tartean.

Elhuyar: Jakina da zientziak eta teknologiak gure bizimodua aldatu egin dutela orain arte eta aldatzen segituko duela, gainera. Zientzia orok testuinguru berria sortzen

duela onartuta, zein dira injinerutza genetikoak guri sortzen dizkigun kezka nagusiak?

Andoni Ibarra: Oso kezka pisutsuak eta sakonak dira, azken finean aro berri baten aurrean gaudelako. Zientziaren eta teknologiaren garapenari esker, gizakiak hainbat aldaketa garrantzitsu eta funtsezko eragin ahal izan ditu bere inguruan, naturan edo bere gorputzean bertan; aldaketa horiek, hala ere, ez zituzten ukitu prozesu biologiko sakonak. Klonazioak eta bioteknologiak, aitzitik, egoera berri baten atarira eramane gaituzte, gizakiak buru ditzakeen eraldaketa horiek prozesu biologiko sakon horietara ere iristen direlako. Aukera berri batzuk sortu dira eta jadanik guk geuk erabaki dezakegu etorkizuneko gizakia nolakoa izatea nahi dugun: zein izaera edukiko duen erabakitzea gure esku dago edo, bestela esanda, erabaki horien sustatzaile nortzuk izango diren argitzea. Eta kezka hori benetan berria da guretzat, oraingo egoera honetan gizakia prozesuaren benetako subjektua bihurtu delako. Gizakiak gizakia egin dezake eta horrek kezka itzelak sortzen dizkigu, bistan denez.

Hori horrela izanik, gizarteak zer pentsatzen duen jakin behar dugu. Apika, horixe da une honetan eduki behar dugun kezka nagusia. Kontuan izan behar dugu gizakion errepresentazio sozialarik gabe nekez uler daitekeela garapen zientifiko eta teknologiko

→ 28. orrialdean du segida.



Gizakiak gizakia egin dezake eta horrek kezka itzelak sortzen dizkigu.

Martxoaren 9, 10 eta 11n Donotiko Koldo Mitxelena Kulturuneko Areto Nagusian Theoria zientzia-aldizkariak antolatutako II. jardunaldiak ospatu ziren. “Ugaztunak klonatu, gizakiak klonatu? Klonazioaren arazo etikoak” izenburupean 6 hitzaldi eman ziren Gipuzkoako Foru Aldundiko Kultura eta Euskara Departamentuaren laguntzarekin. Gai, alor eta ikuspuntu ezberdinak jorratu ziren bertan eta gaiak erakarrita aretoa egunero bete egin zen.

Zientzia, teknika, kultura eta gizarteari buruzko II. Jardunaldiak

Urtzi Urkizu*

EVANDRO AGAZZI

Friburgoko Unibertsitateko irakaslea eta filosofoa

“Zientzia eta teknikaren arazo etikoak” izeneko hitzaldian filosofo italiarrak klonazioaren aurrean sortutako zalantza etikoez hitz egin zuen. Agazzi-ren ustez giza klonazioa berez ez da txarra, baina arazo etikoak manipulazio genetikoaren erabilerarengatik ager daitezke. Filosofoak, bestalde, ez du garbi ikusten gizakiak klonatzeko egon daitekeen beharra. Animalien kasuan, aldiz, aldeko iritzia du, “farmakoen fabrika” bilaka daitekeela pentsatzen baitu. Oro har, klonazioaren eztabaidan oinarritzko datu bat ahazten dela dio: kloniko naturalak aspalditik ezagutzen ditugula, biki monozigotikoak, alegia. Hala ere, bikiak familia eta eskola berean hazi arren bakoitzak bere gura du eta modu ezberdinean hazten da. Agazzi-k dioenez kopiak ez dira inoiz berdinak izango eta patrimonio genetikoa klonatzen bada ere, berau gizakiaren zati bat baino ez da. Komunikabideek klonazioaren debatea gehiegizko emozioz puztu dute. Ziurrenik, 15 urte barru ez da inor harrituko eta gaur egun giza klonazioaren aurrean sortutako erreakziorik ez da izango. Era berean, ikertzaile italiarraren ustetan, gizarte osoak inplikatu beharko luke arau tekniko eta zientifikoen eraketan proiektuek ondorio negatiboak izan ditzaketenean. Erabaki moralak hartu behar dira eta gizaki bakoitzak bere erantzukizuna izango du gizartearen mesedetan. 🐿

FELIX GOÑI

EHUko irakaslea eta biologoa

Giza klonazioa erabat ezinezkoa zela azpimarratu zuen Felix Goñik “Zientzialariak klonazioaren aurrean” izeneko hitzaldian. Biologo baten ikuspuntu pertsonala eman zuen, organismo klonikoak eta transgenikoak zeintzuk diren argitu ostean. Klonazioaren inguruko ikerketak ez dira hamarkada honetan hasi. EHUko irakasleak datu esanguratsuak azaldu zituen honen inguruan: Dolly ardiaren aurrekariak aspalditik datoz eta 1952an iada esperimentu batzuk egin ziren. 70.eko hamarkadan ere lan egin zen alor honetan, baina 90.eko hamarkada arte ez da erdietsi Dollyrekin lortutakoa. Baina ez du Goñik arrakasta handirik ikusten azken lorpen honetan: ardi desberdinen 434 obulu hartu ziren lehendabizi (bidean ardi hauetako asko hil zen), horietatik 277 zigoto lortu zituzten eta zigoto hauetatik 29 enbrioi baino ez ziren gauzatu; ondoren 21 fetu lortu ziren eta hauetatik, 20 aborturen ondoren, Dolly famatua sortu zen. Beraz, arrakasta 434tik batekoa izan zen eta Dollyren originala edo ama aspalditik hila dago. Oraingoz, esperimentu hau errepikatzeko asmorik ez dute gainera. Goñik aitortzen du, hala ere, animalia kloniko transgenikoak erabilgarriak izan daitezkeela orain lortu ezin diren sendagarriak ekoizteko. Baina gizakia klonatzeak ez luke zentzurik izango. Bestalde, giza klonazioa ezinezkoa litzateke gizaki bakoitza geneen eta bere ingurunearen arteko elkarrekintzaren ondorioa baita. Gene berdinak edo ia berdinak dituen pertsona bat sor daiteke, hortik aurrera, aldiz, ezer gutxi. Hortaz, klonazioaren inguruan gaur egun zenbait tertuliatan asmatzen diren fantasiak faltsuak eta erabat ezinezkoak dira. Amaitzeko, Felix Goñik honako galdera hau luzatu zuen: ikerketa biomedikoa oso garestia denez zeintzuk dira lehentasunak, eta merezi al du esperimentu hauetan hainbeste diru xahutzea? 🐿

JOSE M. MATO

Nafarroako Unibertsitateko biofisikari eta hepatologoa

“Informazio genetikoaren konfidentzialtasuna” hitzaldian Jose M. Matok ikerketa genetikoaz hitz egin zuen. Gaixotasun genetikoak atzemateko teknikak gero eta aurreratuagoak dira, gen batzuk ezagutuz gaixotasun bat izateko probabilitatea atzeman daitekeelarik.

Genoma proiektuaren bitartez geneei buruzko ezagutza gero eta handiago izango da hurrengo urteetan. Etorkizunean zein gaixotasun jasateko arriskua dugun jakiteko aukera izango dugu, prebentzioaren bitartez sendatzeko moduak ere agertuko direlarik. Baina zeinen eskura egon behar du pertsona baten informazio genetikoak? Hor sortzen dira mila arazo. Osasun-sistema publikoa edo pribatua denaren arabera baldintzak ezberdinak dira. EEBBetan, esate baterako, sistema pribatua da eta aseguru-konpainiek beren bezeroen informazio genetikoak eskuratu nahi dute. Horrek, informazio genetikoak diskriminazioarako erabiltzea ekar lezake.

Matoren ustez, giza genoma babestua eduki behar luke gizabanako bakoitzak eta horretarako, osasun-sistema publikoak dira egokienak. Etorkizunean ikerketa genetiko asko merketuko da, baina lortutako informazioa erabiltzen jakin beharko genuke. Dударik gabe, informazio genetiko ahalik eta zabalena izatea positiboa da eta bizi-kalitatea hobetuko du, baina babestu egin beharko da. ✍

VICTORIA CAMPS

Bartzelonako Unibertsitateko Etikako katedraduna

Zalantza asko jarri zituen mahai gainean Victoria Campsek “Etika manipulazio genetikoaren aurrean” deituriko hitzaldian. Gai hauen inguruan zientzialari ez garenok informazio gutxi eta ondo informatzeko denbora gutxi dugula aitortu zuen. Komunikabideetan, ordea, hala-hola hitz egiten da klonazioari buruz eta hainbat iritzi sortzen dira. Etorkizunean “kalitate handiko” umeak egiteko aukera izango da adibidez, eta hor, giza etikak badu zeresanik. Ikerketak aurrera doazen heinean erabilerak ikusi behar dira. Ikerketa genetikoak alor garrantzitsua da; baina gauza bat da giza genoma ezagutzea eta bestea, ezagutza horretaz eginiko erabilera.

Gaur egun dagoen pluralismo ideologikoaren aurrean jarrera oso ezberdinak, eta askotan nahasiak, daude. Ikuspuntu etiko batetik ere, etika batez edo etika askoz hitz egin behar dugu? Erlatibistak izan behar dugu eta bakoitzak bere etika du. Esaterako, pertsona bati bere informazio genetiko ematea eta zein gaixotasun izateko aukerak dituen esatea positiboa ala negatiboa da? Erantzuna zalantzarria da, batez ere gaixotasun horiek sendaezinak badira. Victoria Camps beste lurralde batzuetako ikertzaileekin dihardu bioetika-alorrean. Eta bertan, zientziak eta humanitateak lotuago joan beharko luketela uste du irakasle katalandarrak. Zientzia ez da neutroa eta sakontasunez jorratu behar dira gai hauek. Informazio genetikoak izatea positiboa da eta etorkizunean baliagarria izango da ziurrenik, baina bitartean gaizki erabiltzeko arriskua dago.

Azkenik, komunikabideetan ematen den informazioarekin tentu handiz ibili behar dugula dio Campsek, eta zientzia fikzioa eginez bide onetik ez goazela ohartarazten du. ✍

PASCUAL SEGURA

Patenteetan aditua

“Genetikoki manipulaturako organismo eta geneak patenta al daitezke?” Baietz dio Pascal Segurak.

Diapositiben bitartez Bartzelonako Unibertsitateko adituak patente bat zer den eta bere alde onak azaldu zituen. Komunikabideak eta hainbat talde gogor ari dira patenteen aurkako borrokan, gaizki informaturik daudelako, ez baitakite patenteak zer diren. Segurak azaldu zuenez, patenteak garapen teknologikoa bultzatzeko daude, teknologia berria zabaltzeko eta enpresen ikerketa eta garapena (I+D) errazteko. Edozein asmakuntza patenta daiteke, berrikuntza bada eta ordenaren eta moral publikoaren aurkakoa ez bada behintzat. Geneen patentei dagokionez, oraindik ez dago bilakaera garbirik. Craig Venter zientzialaria gen baten zati bat patentatzen saiatu zen, baina bere erabilera argi ez zegoenez ez zen onartu. Zerbait patentatzeko bere erabilera zein den jakin behar da. Bestalde, patenteak publikoak dira eta ez dira sekretu. Patenteak, gainera, herrialdeka doaz eta herrialde bakoitzean onar daitezke, ala ez. Animalia eta landare transgenikoak patentatzen ari dira eta Seguraren ustez horrek mesedea besterik ez dakar; patenteen publikotasuna oso gustuko du. Baina gizakiaz hitz egitean gauzak aldatu egiten dira eta bere ustez enbrioi manipulatuak patenteetatik kanpo leudeke. Patenteak gardenak izanik oso errazak dira kontrolatzen, baina bioteknologia kontrolatzen askoz zailagoa da eta, batzuetan, zer egiten den jakitea ezinezkoa da. ✍

JOSE L. LUJAN

Baleareetako Unibertsitateko irakaslea eta CSICeko doktorea

“Ingenieria genetikoaren eta ernalketa lagunduaren oharren publikoa” hitzaldian Jose Luis Lujanek ikerketa soziologiko baten azalpena eman zuen, gizarteak zientzia eta teknologiaren inguruan zer ezagutza eta iritzi duen aurkeztuz. Ikerketa hauek nahikoa mugatuak direla aitortzen du Lujanek, batez ere, jendeak pentsatzen duena zergatik pentsatzen duen ez duelako esaten. Oso zaila da jendearen iritzia ezagutzea, galderak egiteko moduak emaitzak alda baititzaizke. Gizarteari azken produktua gehiago interesatzen zaio balore moralak baino.

2.700 pertsonen artean eginiko inkesta batean zientziaren inguruko galdera batzuk egin ziren; ezagutza-maila uste baino handiagoa da informazioa eskasa izan arren. Iritzia ematerako orduan, inkestatu gehiagok onartu zuen landareekin manipulazio genetiko animaliekin baino, eta gehiago animaliekin gizakiekin baino.

Ernalketa lagunduari dagokionez, jendearen gehiengoak begi onez ikusten du teknika hau; baina datuak aldatzen dira norbera egoera horretan aurkitzen bada (% 20 gutxiago, hau da, ez dute gaizki ikusten, baina beraiek ez lukete egingo). Adopzioa edo ernalketa lagunduaren artean galdetuz gero % 50 legoke aukera bakoitzaren alde. Diagnostiko genetikoari dagokionez erabat alde agertzen da gizartea.

Inkesta eta ikerketa hauei buruz interes gutxi dagoela dio Lujanek, baina gizartearen ikuspuntua jakitea garrantzitsua dela uste du. Bukatzeko, gizartearen gehiengoak gai hauetan telebista duela informazio-iturri nagusi esan zuen. ✍

* Elhuyar

→ 25. orrialdetik dator.

koa; ezingo genituzke ulertu historian zehar gertatu diren aurre-
rapenak testuinguru sozialari biz-
karra emanez. Zientzia eta tekno-
logia, izan ere, produktu sozialak
dira eta gizartearen eta zientzia-
ren arteko feed-back delakoa
kontuan hartzen ez badugu, ezin-
go diogu modu esan betean eran-
tzun aurrez aurre dugun erronka-
ri. Klonazioaren aferan hartu
beharko diren erabakietan guk
guztioak hartu behar dugu parte;
subjektu eragile izan behar dugu.

Elhuyar: Horretarako ez da nahi-
koa kezka edukitzea; informaziorik
gabe ez ginateke inora iritsiko...

Andoni Ibarra: Jardunaldietatik
atera dugun ondorio nagusia
esandakoarekin bat dator bete-
-bete. Informazioak sekulako
garrantzia du aipatzen ari garen
prozesuaren bilakaeran, komuni-
kabideen bitartez agertaraziko
baitira galdera horiek guztiak.
Ikusi besterik ez dago orain arte
egunkariak eta bereziki telebistek
izan duten garrantzia. Medioetan
zabaltzen den informazioak erai-
kitzeko, hau da, sortzeko balio
badu, gizarteak modu demokrati-
koan parte hartu ahal izango du
aro berri honetan; aldiz, soilik
sentsazionalismoa egiteko erabil-
tzen bada informazioa, desitxura-
tu egingo da erabat gizartearen
ekarpena, herritarron partizipa-
zioa. Jardunaldien amaieran ko-
munikabideen erantzukizuna az-
pimarratu dugu bi zentzutan:
batetik, gertatzen ari dena ahal
den modurik argiengan emateko
ardura dutelako eta, bestetik,
baita jendearengandik sortzen ari
den errepresentazio sozial hori
modurik objektiboenean helarazi
behar dietelako zientzialari edo
arduradun politikoei. Beste behin
ere, komunikabideei zubi-lana
egitea egokitu zaie.

* Elhuyar

*Zalaparta ugari sortu duen berria jaso genuen urte
hasieran. Edinburgh-eko Roslin Institutuan ardi
klonikoa lortu zuten. Besterik uste izan arren,
ugaztunak klonatu dituzte. Horrez gain, artalde
gutziz berezi honetako ardi bat, Dolly alegia,
zelula heldu batetik garatu dutela diote.*

Klonazioaren auzia biologiaren ikuspegitik¹

Jon Umerez*

“Dolly” jaio da

Esperimentu hauek zientifikoki
oso esanguratsuak dira eta
horrela onartzen dute genetikan
eta garapenaren biologian aditu
direnek. Hala ere, aipatzen
genuen zalaparta ez da gutxi
batzuen zirrara akademiko-zienti-
fikoa; baizik eta jende arruntaren-
gan, gai horietan jantzia ez den
edonorengan, sortu den harridu-
ra, amets edo ikara ere bai. Eta ez
bioteknologiaren arloan landare
eta aberekin egin daitezkeen
manipulazioengatik. Ardura, giza-
kiarengan zuzenean izan dezake-
en eraginak sortzen du. Ardiekin
hori lortu bada, gizakiaren klona-
zioa (teknikoki behintzat eta
nahiz eta epe motzera ez izan)
eskueran egongo litzateke.

Klonazioaren gaia beraz, arazo
publiko bihurtu da eta beste aditu
batzuen eskuetan ere jarri behar
da. Batez ere bi galdera-mota
planteatzen dira:

- **Etikoa** al da gizakiak klonatzen
saiatzea?
- **Legala** izan beharko al luke
hemendik aurrera?

Azken finean, guztioi planteatzen
zaigun galderaren aurrean gaude-
la ematen du:

- **Bidezkoa** al da gizakia klona-
tzea? (Edota oro har izaki bizi-
dunak klonatzea?)

Badirudi ordea, galdera honi
ematen zaizkion erantzunak iku-
sirik, inori interesatzen ez zaion

¹Iazko CAF-Elhuyar Sariko 3. sari konpartitua lortu zuen artikulua honek.



oinarrizko beste galdera bat ez dela behar bezala gaiditu:

- *Bideragarria* al da gizakia klonatzea?

Hau da, zein klonazio-motari buruz ari gara? Eztabaidatzen ari den klonazioa Dolly "sortzeko" erabili den teknikaren modukoa al da? Behin eta berriro aipatzen ditugun klonak Dolly eta bere kideen parekoak al dira? Eta horrela balitz, ba al dauka kontzeptu horrek jendearengan sortu den klonazio mitikoarekin zerikusirik? Benetan esan nahi al du pertsonen kopia berdinerdinak egiteko aukera gauzatzeko hasi dela?

Ez al da ba komeni eztabaida funtsezkoetan sartu aurretik zertaz hitz egiten ari garen ondo zehaztu dugun ala ez ziurtatzea? Litekeena da hain ikusgarriak ez diren injinerutza genetikoaren

beste teknika eta praktika asko ere, funtsean eta dagoeneko erabiltzen direlako, askoz ere kezka-garriagoak eta gizartean eztabaidatu beharrekoak suertatzea. Tamalgarria litzateke, beraz, bigarren hau nahita edo nahigabe aurrenekoarekin estaltzea (edo nahastea).

Gaiaren mamia

Gaur egun, biologia ororen ikerketarako arlo garrantzitsuenetako bat **garapena** da. Batez ere, hornidura genetikoa eta zelularen beste tresneria guztien arteko harremanaren xehetasunak aztertzea. Bioteknologiaren eremuan zer esanik ez! Mota ezberdineko manipulazio genetiko askoren arrakasta osoa garapenaren prozesuei buruzko ezjakintasunak oztokatzen baitu. Hala ere, gehienetan, klonazioari buruz komuni-

kabideetan hitz egiten denean ez da garapen multizelularren arazoa aipatzen. Hain zuzen ere, garapenaren arazoak saihesteko izan genezakeen tresna ia magikoa bilakatzen da klonazioa; organismo baten kopia berdina egiteko bidea alegia. Bide zuzen-zuzena noski. Eta hortxe dago kokka.

Klonak, klonatzea

"Klon.- (iz. biol.) Indibiduo edo zelula bakar batetik, ugalketa asexualez sortutako ondorengo multzoa. Ugalketa-motarengatik genetikoki identikoak dira." (E.H.E.).

Harrigarria badirudi ere, biologian klon hitzaren eta kontzeptuaren erabilera gehienak guztiz arruntak edo oihartzun gabekak dira. Organismo zelulabakarren eta beste mikroorganismoen naturalki gertatzen den zer bait da. Organismo zelulanitzaren zelula bakar batetik dato-

rren zelula azpimultzoari ere deitu diezaioke klon.

Landareen erreinuan ez da normalean berez gertatzen baina ia betidanik egin ahal izan da manipulazio artifizialaren bidez, kimuak edo adaskak erabiliz. Laborantzarako (industrialerako, esaterako) sortutako barietateak ere (artoarenak adibidez) klonikoak izan daitezke (gutziz homozigotikoak diren lineak elkarrekin ugaltzen dituztenean).

Oro har laborategietan egiten diren zelula-kultibo gehienetan nolabaiteko klonazioa egin izan da aspaldidanik. Duela gutxiagoak dira, ordea, bioteknologiaren arloan asmatutako beste teknikak. Adibidez, azido nukleikoaren (DNAren) zatiak edo sekuentziak klonatzen direla esaten da bektoreengan (plasmidoengan) sartzen dituztenean eta zelula hartzailearekin batera kopiatzen direnean. Teknika hau injinerutza genetikoan oso garrantzitsua izanik ere, ez da iritzi publikoaren arreta gehien erakarri duena izan. Pribilegio hori izan duena beste erabilpen bat izan da; nukleoaren transferentziaz egindako klonazioa. Esperimentu hauek ere ez dira gaur goizekoak, dagoeneko 60.eko hamarkadan abiatu baitziren. John Gurdon enbriologo ingelesak apoekin egindako esperimentu-saila burutu zuen orduan. Obuluei nukleoa kendu eta beste zelula batzuen nukleoa jartzen zizkieten. Hasieran apo-enbrioi berrien zelula batzuen nukleoei saiatu zen eta, gehienetan, apaburu eta apo heldu normalak gartzeta lortu zituen. Gero apaburuaren sabeleko zelulak eta azaleko zelula helduak ere erabili zituen. Hainbat emaitza arrakastatsu izan zuen (1. irudia) baina askoz kasu gutxiagoetan.

Hala ere, zelula helduetatik gartzetako apoak antzu ziren. Oraindik guztiz argitu gabe dago zergatik, baina adituek uste dutenez, nukleoaren informazio genetikoan omen dagoen aldaketagatik

izan behar du. Bestalde, anfibioekin lortutako emaitza hauek ezin izan ziren animalia ugaztunen errepikatu, sakon aztertu dituzten arratoiekin izandako porrotak erakusten duenez. Kasu honetan ere, gehien iritzian, zergatia ustezko aldaketa genetiko horiengan datza, itzulezinak izan daitezkenak ugaztunen enbrioiaren berehala gertatzen omen direlako (Wolpert, 1991).

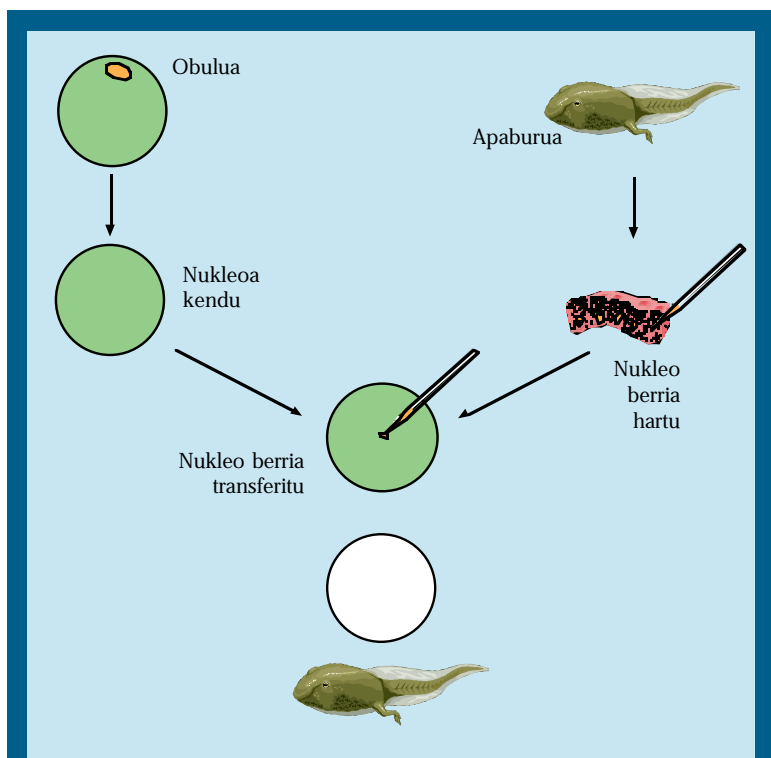
Hain zuzen, batez ere arazo hau ikertzeko egin zituzten Edinburgh-eko taldekoek beren ikerketak: *garapenean zehar informazio genetikoaren aldaketen itzulezintasuna eta izaera aztertzeko*. Eta arazo honen testuinguruan ulertu behar da, beraz, izan duten arrakastaren garrantzia. Gainera duela urte gutxi horrelako emaitzak lortzea oraindik ezinezkoa zela pentsatzen zen.

“Nature” aldizkarian argitaratutako emaitzak

Roslin Institutuko taldeak lehenik ere eginak zituen ugaztunen klonaziorako esperimentuak

(Campbell et al., 1996). Hain zuzen ere, nukleoaren transferentziaz organismo kloniko bideragarriak, ardiak, lortzeko esperimentuak ziren. Horretarako enbriozko zelula batetik eratorritako lerro zelular batenak ziren zelulak (ar-tean guztiahaldunak) erabili zituzten. Zelula horiek nukleorik gabeko obuluekin fusionatuz enbrioiak osatu egin zituzten eta ardiengan ezarri zituzten azkenearaino gara zitezten (2. irudia). Horrela bost arkume bizirik erditzea lortu zituzten.

Ondorengo urratsak ikerketalerro horretan logikoa zirudien. Zelula gartzetakoak (hau da, bereiztuagoak eta, beraz, guztiahaldunak ez direnak) erabiltzea. Horretarako, lehenbizi, ardi batzuen ehun ezberdinetatik zelula batzuk atera zituzten. Hain zuzen ere, zelula hauen jatorria hirukoitza zen: Poll-Dorset endako ardi baten 9 eguneko enbrio batetik, Black Welsh endako ardi baten 26 eguneko fetu batetik eta Finn Dorset endako 6 urteko ardi baten ugatz-guruinetik. Aurreneko



1. irudia. John Gurdon enbriologoaren apaburuaren zeluletako nukleoaren transferentziaz egindako klonazio-esperimentuaren eskema. Wolpert (1991), 86. orrialdetik hartua.



esperimentuentzat garatutako teknika bat erabiliz (3. irudia) zelularen hazkunde-zikloko egoera jakin batean geldiarazitako zelulen kultiboa prestatu zuten. Gero, Scottish Blackface endako beste ardi batzuen obuluei nukleoak kendu zizkieten. Ondoren zelula emaileak eta nukleorik gabeko obuluak fusionatu eta aktibatu egin zituzten taupada elektrikoaren bidez. Azkenik, enbrioiak beste ardi hartzaile batzuegana (Scottish Blackface endakoak ziren hauek ere) transferitu zituzten eta azkeneraino garatzen utzi zieten. Horrela zortzi arkume bizirik jaio ziren (bat berehala hil bazen ere).

Batez ere 6LL3 zenbakiko arkumea esperimentu haien buru bihurtu zen; huraxe baitzen 6 urteko ardiaren ugatz-zelula ba-

tetik garatutakoa. Ehun heldu batetik eratorritako zelulatik garatzen zen lehenengo ugaztuna zen. Berau da "Dolly" bataiatu zutena eta egunkari eta telebista guztietan ikusi ahal izan genuen bildots baldartxoa.

Ardi-multzo ezberdinen arteko zelula-dantza konplexu honek emaitza zehatz bat izan zuen, komunikabide gehienek arabera behintzat: jaiotako arkumeak zelula emailearen *kopiak* izatea (eta ez erditu zituzten ardi amatzakoenak edo obuluak eskaini zituzten amaordeenak). Horri buruz esan behar den lehenengo gauza hau da: *kopia* esanda oso gutxitan gehitzen zela ezinbestekoa den izenondoa: **genetikoa**.

Zientzialarientzat ordea, garrantzi handiko emaitza zehatza beste bat dela esan daiteke, eta hori da aipatzea merezi duen bigarren ñabardura. Azaldu dugunez, zientzialarientzat helburua (lehen behintzat) garapenean zehar bereizketa zelularren ondorioz informazio genetikorekin zer gertatzen den ikertzea zen. Protagonistek honakoa zioten:

"Garapeneko fase jakin batean dagoen nukleoa nukleorik gabe dagoen ernaltzeke obulura transferitzeak, fase horretarainoko bereizketa zelularrak aldaketa genetikoa itzulezinak dituen edo ez iker-

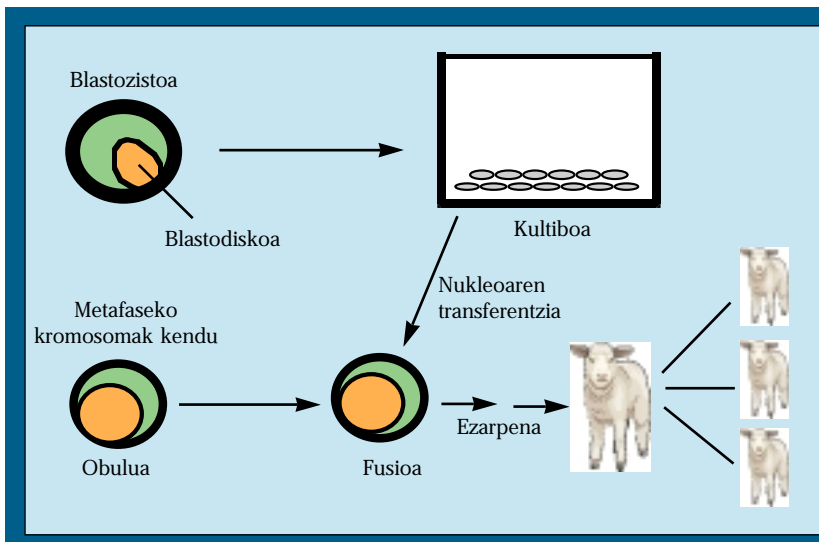
tzeko aukera ematen du. (...) Arkumea zelula heldu baten ondorio izateak, zelula hori bereizteak garapen osorako behar den material genetikorekin aldaketa itzulezirik ez dakarrela baieztatzen du." (Wilmut et al., 1997, 810. h.).

Emaitza honen arabera, informazio genetikoa osoa hor dago beti, baina sor eta, kasu honetan behintzat, nukleoa eta zitoplasma egoera egokian prestatuz gero, organismo osoa sor daiteke hasieratik. Nukleoko genen adierazpena berriz programatzeko zitoplasmak duen ahalmena frogatzen du, nukleoa guztiahaltasun-egoerara itzultzen duelarik.

Garapena eta genetika

Askotan esaten denez, bizitzaren mirari handienetako bat garapen multizelularrean datza, hau da, nola gerta daiteke zelula bakar batetik, zatiketaz eta bereizketaz, organismo konplexua osatzea? Hau da, hasierako zelula gutxi horiek ez dira zatitu bakarrik egiten, baizik eta ezberdin egiten dira, funtzio biologiko ezberdinak bete ahala.

Zatiketa eta bereizketa zelularreko prozesu horiek guztiak burutu arren, organismo baten zelula guztiek ia informazio genetikoa berdina eta osoa daramate beren nukleoetan. Hau da, nukleoan,



2. irudia. Transferentzia nuklearraren prozesua.

Bederatzi eguneko ardi-enbrioi batzuei blastodiskoak (enbrioi-diskoak) erauzten zaie. Blastodiskoak elikatze-geruza batean hazten dituzte eta lerro zelularrak finkatzen dira, morfologiaz epitelial baina oraindik guztiahalduna den lerro zelularra sortuz. Bestalde obulu jasotzaileei nukleoa kentzen zaie metafase-plaka duen zitoplasmaren zati txiki bat ateraz. Orduan obulu bakoitza lerro zelular guztiahaldunaren zelula bakar batekin fusionatzen dute. Berregindako enbrioiak aldi baterako ardi jasotzaileengana transferitzen dituzte eta zazpi egun barru beren garapena baloratu egiten da. Azkenik, morula eta blastozeloak beste ardi batzuegana ezartzen dira eta azkeneraino garatzen uzten zaie. Naturetik hartua (Solter, 1996).

geneak daramatzaten kromosoma guztien multzo bikoitza dute bizitza osoan. Bestalde, garapenaren prozesua geneek gobernatzen dute nolabait, baina ez bereaiek bakarrik. Informazio genetikoa gehiena zelularen nukleoan dago eta zelularen zitoplasmaren laguntzarekin adierazi egiten da. Zitoplasmaren ere badago material genetikoa eta amaren herentzia deitzen den efektua gertatzen da, garapenaren hastapenean oso garrantzi handikoa dena. Oro har, geneak hor daude baina ez dute gauza handirik egiten aktibatu eta ondorioz aditzera ematen ez badira. Eta aktibazio-prozesu hau oso sare konplexuaren emaitza da, bertan beste geneak, zitoplasma eta inguruko zelulak inplikaturik daudelarik. Nukleo eta zitoplasmaren arteko elkarreragina guztiz beharrezkoa da.

Nolanahi ere, garapenari buruz dakigunaren arabera, zelulak bereizi ahala daramaten informazio

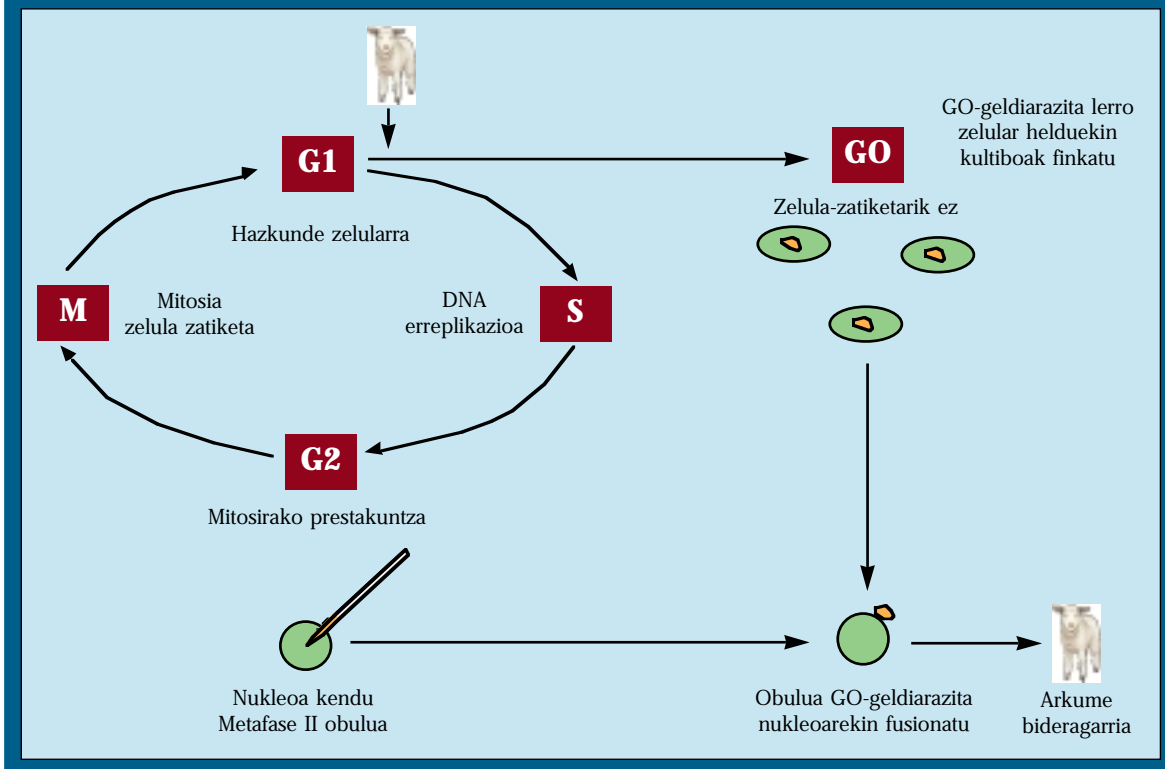
genetikoak nolabaiteko aldaketa jasaten duela ematen du, ez baita dagoeneko edozein zelula-mota egiteko gai. Enbrioaren hasierako faseetan (morula, blastula) zatiketaz sortzen diren zelulak guztiahaldunak direla esaten da. Guztiahaltasuna, zelula bakar bati daxekekion indibiduo osoaren garapena gobernatzeko behar den programa genetikoa hornitzeko gaitasuna da. Gaitasun hau da galtzen dena eta ez geneak. Hau da, gutxinaka-gutxinaka zelula bakoitzak gene batzuk bakarrik (eta ez besteak) adierazteko gai izaten segitzen du. Zentzu honetan, normalean, zelula heldu batetik ezin da organismo osoa garatu, ugalketan parte hartuko duen zelula germinala ez bada, noski.

Aniztasun horren guztiaren barruan sailkapen bikoitz batek lehenetasuna du: zelula germinal eta zelula somatikoarenak. Zelula somatikoak organismoaren edozein organo, hezur edo ehun osatzen

dutenak dira. Zelula germinalak berriz, zelula sexualak dira, gametoak (obuluak eta espermatozoideak, adibidez), organismoa heldutasunera iristen denean ugalketan parte hartzen duten bakarrak. Horregatik ondorengo organismoari bere hornidura genetikoa ematen diotenak dira. Gorputzaren beste zelula denek kromosoma-multzo bikoitza daukaten bitartean (diploideak dira) ugalketan parte hartuko duten gametoek kromosomen multzo bakarra dute (haploideak dira). Horrela ernalkuntzaren ondoren obulua eta espermatozoidea bat egitetik sortzen den enbrioak kromosoma-multzo bikoitza dauka berriro (eta ez laukoitza). Honen ondorio zuzena ugalketa sexualeraz ugaltzen diren organismoetan seme-alabak elkarrekiko eta beren gurasoak denak genetikoki ezberdinak izatea da. Seme-alaba bakoitzak guraso bakoitzaren hornidura genetikoen erdia ja-

3. irudia. Zelula emaileen hazkunde-zikloko egoera-aukeraketa.

Zelularen hazkunde-ziklotik irteera eta GO atsedean-egoeran geratzera eraginez nukleo diploide emaileen populazioa ekoizten da. Bestalde, Metafase II egoeran gerarazita dauden obuluak nukleoak kentzen dizkiete. Ondoren Metafase II-geldiarazita nukleorik gabeko obulua eta GO-geldiarazita zelula fusionatu egiten dituzte. *Naturetik hartua (Stewart, 1997).*





Nature



4. irudia. Dolly.

Finn Dorset endako 6 urteko ardi baten ugatz-guruineko zelula batetik sortutako arkumea, jasotzaile izan zen Scottish Blackface endako ardiarekin. *Nature*tik hartua (Wilmot et al., 1997).

sotzen du, baina inoiz ez erdi berbera.

Antzekotasuna

Xehetasun eta arazo teknikoak alde batera utzita, klonazioarekin (batez ere nukleoaren transferentziaren bidez egiten denarekin) aldatzen dena horixe da, hain zuzen: normalean ugalketa sexual ez sortzen den organismoa zelula diploide bakar batetik sortzea. Horren ondorioz organismo berriaren zelula guztiek nukleo emailearen zelularen material genetiko berbera dute, hau da, **genetikoki** berdin-berdinak dira. Bada ordua jada genetikoki berdina izateak edo kopia genetikoa izateak zer esan nahi duen galdeztzeko. Ohartu beharra dugu, lehen azaldu dugunez, informazio genetiko hori adierazi egin behar dela eta prozesu horretan inguruko beste partaideak ere aintzaketatzen hartu behar direla.

Biologian edozein organismo bi deskribapen-mota bereizten dira: genotipoa eta fenotipoa. Genotipoa organismo baten eraketa genetiko edo hereditarioa da. Fenotipoa organismo batean ageri diren ezaugarrien multzoa da, bere

genotipoak eta inguruneak baldintzatutakoa. Fenotipoa, ezaugarri morfologikoek zein jokaerazkoek osatzen dute. Gaur egun dakigunaren arabera, genotipoaren eta fenotipoaren arteko harreman hori askotik askora motakoa da, hau da, genotipo berberekin fenotipo ezberdinak daude eta fenotipo berdina genotipo ezberdinekin ere izaten da. Beti ingurunearen arabera.

Garapena, maila ezberdinetan faktore askok osatzen duten prozesu konplexua da. Nukleoko genoma horietako faktore bat besterik ez da, oso garrantzitsua eta beharbada beste batzuk baino funtsezkoagoa, jakina, baina inola ere ez bakarria edo ahalguztiduna. Pertsona baten kasuan genomaz gain kontuan hartu beharreko beste faktoreek zerrenda txiki bat osatzen dute. Lehenbizi genomaren baitan gene arteko dinamika bera daukagu, beti berak izango ez diren akats eta konponketa barne. Gero, amaren aldetik datorren herentzia dago, herentzia zitoplasmatikoa, obulu bakoitzean ezberdina izan daitekeena. Ondoren amaren sabelaren ingurua, zeharo aldakorra dena. Azkenik, jaiotakoan ingurune familiarra, soziala eta kulturala, askoz ezberdinagoa izan daitekeena.


Nahiz eta organismoaren genotipoa berdina izan, horrelako edozein faktore ezberdin izanez gero fenotipoa ezberdina izan daiteke. Ezberdintasun hori txikia edo handia izango da, itxuran edo jokaeran, trebetasunean edo azkartasunean, ... baina pertsona baten kopia egiteko asmoz dabilenarentzat zalantza handiegia da. Izan ere, berarentzat eredu garrantzitsua izan daiteken ezaugarria auskalo zein faktore-multzoren kontrolpean datzan.

Pertsona baten adimena, zintotasuna, errukia, anaitasuna, ... eta horrelako beste hamaika ezaugarri kognitibo-emozional edo sozio-kultural nork pentsa dezake benetan geneak kopiatu hutsare-

kin beste edozein pertsonarengan berdin berreraikiko ditugula? Eta geneak kopiatuz bakarrik burutu ezin bada, nork asmatu behar du ezagutzen ez ditugun edo kontrolatu ezin ditugun beste faktore guztiak kopiatzeko teknika magikoa?

Ondorio gisa

Askok esango dute giza klonazioa ezinezkoa izanda ere, badaezpada ezin dela klonazioari buruzko eztabaida alde batera utzi eta gaurtik aurrera egin behar zaiola. Baina zertaz ari garen zehazki ez badakigu, nekez ekidin ahal izango ditugu honek guztiak sor ditzakeen arriskuak. Gainera, ezinezko klonazio hau, ez ote da bioteknologiak berak dakartzagun beste zenbait arazo edo mehatxu batzuk ezkutatzeko ibiliko? Beste era batean esanda, akaso gaur egungo gizarte-ari klonazio fantasmagorikoaren debekua beste manipulazio genetiko partzialagoak onartzearen ordainean eskainiko zaio.

Horregatik, bukatzeko, klon genetikoez arduratzen bagara, ez ote genuke egiten ari garen ingurune kultural "kloniko" honetaz ere besteaz adina arduratu behar? 

* Biologiaren filosofiaren ikertzailea.

BIBLIOGRAFIA

- Campbell, K.H.S., McWhir, J., Ritchie, W.A. & Wilmot, I. (1996) Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature* **380** (7 March): 64-66.
- Wilmot, I., Schnieke, A.E., McWhir, J., Kind, A.J. & Campbell, K.H.S. (1997) Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature* **385** (27 Feb.): 810-13.
- Solter, D. (1996) Lambing by nuclear transfer. *Nature* **380** (7 March): 24-25.
- Stewart, C. (1997) An udder way of making lambs. *Nature* **385** (27 Feb.): 769-771.
- Wolpert, L. (1991) *The Triumph of the Embryo*. Oxford: Oxford University Press.
- Lewontin, R.C., Rose, S. & Kamin, L.J. (1985) *Not in our Genes*. New York: Pantheon.