

Genetika: biziaren zientzia

Iñaki Aizpuru

Biologiak jadanik utzi dio artisau-zientzia izateari. Nahiz eta oraindik zientzia honen alor desberdinetan berean jarrai, genetikaren tresna berriek, bizia zuzentzen duten molekularaino iritsi ahal izateko bideak zabaldu dizkiete ikertzaileei.

Gainera, oraindik lehen urratsak ematen aritu arren, zientziaren alor berri honen etorkizunak sortzen dituen itxaropen eta zalantzak izugarriak gertatzen zaizkigu. Pentsa une batez, biziaren oinarrietaraino goazela, bera sortzen duten molekulak miazuz eta, ala nahi izanez gero, aldatuz gainera.

Genetikaren hastapenak

Egun, badira genetikarien aurkikuntza bat baino gehiago, gure arteko oinarritzko kulturari aski barneratu ditugunak; besteak beste, joan zen mendean Mendel-ek aurkituriko herentziaren oinarritzko legeak, edo aurkitu berriagoak diren kromosomak eta

hauen esanahia herentzia bideratzeko gai fisiko bezala; halaber ezaguna da azido desoxirribonukleikoa, DNA, kromosomak eratzen dituen oinarritzko gaia eta berak duen egitura espaziala, espiralean bilduriko helize bikunaren irudi ezaguna.

Gai berean sakonduz, dagoeneko ezagutzen dugu kromosoma horiek osatzen dituzten nukleotidoen konposaketa kimikoa, hauek sekuentzia berezi batean nola eratzen diren eta beraien funtzionamendua nolakoa den; nola, informazio kode baten bidez, biziaren eraikuntza materiala osatuko duten proteina desberdinak sintetizatzen diren eta nola bikunetaren bidez zelula berriak eratzen dituzten edo eta hozi-zelulen bidez bizidun berriak sortertzen dituzten. Kromosoma barnean proteina bat sintetizatzen informazioa daraman DNA zatian gene deritzogu eta informazio horren zeinutegiari gene-kodea.

Hauekin batera bada funtsezkoa gertatzen den nozio bat, biziak hartzen dituen forma ezberdin guztiak bateratzen dituena. Biokimikan eta genetikan eginiko aurkikuntzek erakusten digutenez, bizitza eta bere herentzia eraendu eta gidatzen dituzten molekulen konposaketa, egitura eta funtzionamendua, unibertsalak dira, hau da, berdina dira, funtsean, bizidun guztientzat. Honen ondorio bezala, munduan garen bizidun guztiak, birusak, bakteriak, landareak, animaliak, gizasemea barne, jatorri berdinekoak garela aitortu behar.

Badu nozio honek genetika-lanerako ondorio ikusgarriak; hauen artean, edozein bizitza-motatan eginiko azterketetan lorturiko informazioa, beste guztietarako probetxagarria gertatzea edo bizidun- mota batzuk sintetizatzen dituzten gaiak, gainontzekoentzako baliagarriak izatea, garrantzi handikoak izan daitezke oraingo honetan.

Genetikak, zientzi bezala, urte gutxitan somatu duen aurrerakuntza, ia sinestezina dugu; honen zergatiak desberdinak izan arren, zientzi alor gehienetan bezala, bi ildo nagusitatik doaz, zientzilarien jakinmina batetik eta aurrerapen hauek lortu ditzaizketen ondorio ekonomikoak bestetik.

Azken hauek, inbertsio ikusgarriak egitera eroan dute eta nahiz eta orain urte gutxi batzuk espero ziren berehalako ondorio zabalak ez izan, aurrera dihardute, gero eta diru-sarrera gehiago eskatzen duten ikerketekin jarraitu eta zabalduz. Alde honetatik, nahiz eta hasiera batean uste baino zailtasun gehiago aurkitu, genetikaren aurrerapenak sortuko dituzten ondorioak, ukazinezko hedapena izango dute; eta hemendik hala nola, ikerketa hauek, maila handi batean behintzat, aurreratuenen artean diren enpresa espezifikoen langai bihurtu diren eta noski, azken urteetan lortzen ari diren aurkikuntzen zergati garrantzitsuetako bat.

Injinerutza genetikoa

Artikulu honetan ezinbestekoa den laburtasunari lotuz, genetikaren eremu osoa ukitu partez, egun hain garrantzizkoa dugun alor honetan saiatuko gara, bera bait da ertzera jota, giza eta ekonomi errekurtsio gehienak mugitzen dituen eta, ondorioz, aurrerapen handienak jasaten ari dena.

Injinerutza aipatzeak, tresneria dakarkigu burura, elkartu beharrezkoak diren zati desberdinak, teknologi gaiak hitz batean; genetikoa gehitzen dugunean, bere material fisikoa, DNA delakoa, aipatzen dugu. Beraz, injinerutza genetikoa DNA-n egin daitezken eragiketez saiatuko da, hau da, geneak isolatu, aldatu, biderkatu, organismo desberdinetan sartu eta hauen antzekoak diren beste zenbait prozesuz.

Orain hamasei urte sortu zenetik, perfektutasun-maila handi batera iritsi da eta injinerutza genetikoa biologiaren ikerketa-alor guztietan, ezinbesteko teknika bezala inposatu da. Geneak isolatzeak, beraiek sorterazten dituzten proteinak nola eraikitzen diren jakiteko gai bihurtzen bait gaitu, eta ari berean, oso urriak edo bestela lortezinak diren sustantziak sintetizatzeke bidea izan dezakegu; gainera, gizakiak beharrezko edo desiragarriak dituen organismoak lor ditzakegu, egungo bizidunak eraldatuz.

Lehen aipatu dugun bezala, geneen konposaketa eta gene-kodea berdinak dira, funtsean, bizidun guztietan; beraz, propietate hau erabiliz, edozein funtzio gobernatzan duen gene bat edo gehiago, bizidun batetik beste batera pasatzeko ahalmena izan dezakegu, beraien euskarri fisikoa den DNA molekula marniatzeko gai baldin bagara.

Iraultza teknologiko hau bultzatu zuena beraz, DNA molekula ikusgarri honetan interbentzio zehatzak egiteko ahalmenaren aurkikuntza izan zen. Prozesu hau, proteina berezi batzuen bidez lortzen da, entzima murrizkorren bidez hain zuzen ere, DNA sekuentzia zehatz batzuk ezagutzeko gai bait dira eta, gainera, puntu horietan katea mozteko ahalmena dute beraiekin. Honekin, jatorri desberdina duten bi DNA zatitu eta segidan bata bestearekin lot ditzakegu, ligasa deritzon beste entzima baten bidez.

Honetaz gainera, jadanik kapaz gara DNA zati bat osatzen duten nukleotidoen sekuentzia irakurtzeko; orain gutxi arte eskulan zena, automatiko bihurtzeko bidean dago jadanik, lehen-go lan neketsua orain askoz erosoago eta bizkorrago, automatikoki egiteraino iritsi gara.

Hemendik aurrerako pausoak, lorturiko geneen klonazio-lanak bakterien bidez, banku genomikoen erainkuntza, azken urte hauetan abiadura handian aurreratu dira eta 1980. urtean lan izugarria zena, orain ohizko bihurtu zaigu. Guzti hau, biologian inoiz ezagutu gabea zen esfortzu tekniko eta enpresari handi bati esker iritsi zaigu, egun merkatuan klonazio-joko desberdinak salgai izatera iritsi arte.

Mikroorganismoen erabilpena

Aipatu dugun bezala, bakteriatzuk dira, *Escherichia Coli* deiturikoa batez ere, klonazio deritzon prozesuaren bidez, DNA

zation kopiak lortzeko erabiltzen diren bizidunak. Hau honela izatearen arrazoiak, ximpleak dira, ingurune egoki batean jarrigero, bizitzeko eta ugaltzeko duten ahalmen ikusgarria eta beren kromosoma bakarrean lanean aritzeko ematen dituzten erraztasunak beste batzuren artean; bestalde, lehen aipaturiko moduan edozein gene berenganatu eta adierazi dezakete.

Honela, lan eta aurrerapen handiak egin dira bide honetatik azken urteetan, sortzen dituen aukera ugariak direla medio; adibide gisa, interesgarriak ditugun proteinen edo beste eratako molekula organikoen sintesia, edozein biomasa eraldatzeko prozesuak, energia edo elikagaien produkzioa, kutsaduraren aurkako borroka, e.a.

Ikus dezakegunez, eremu interesgarri eta zabalak ditugu aurrean, baina era berean esan behar da, egundainoko lorpenak ez direla hain ikusgarriak izan. Irudi daiteke, gene bat klonatzearekin eta bere sekuentzia DNA bizidun batzuetatik bestetara pasatzeko gai izatearekin, lanaren zati haundiena egina dugula, baina hau ez da horrela gertatzen. Aitortu beharra dago, egun hain errazak egiten zaizkigun eragiketa hauek, lehen urratsak besterik ez direla, hemendik aurrera nahikoa korapilo gelditzen bait da oraindik askatzeko; hauen artean aipa dezakegu adibidez, kromosoma arrotz batean txertatu dugun geneak bere transkripzio-lana aurrera eramateko zeinu molekular desberdinak behar dituela kromosomaren barruan, proteinarainoko prozesua hasteko, noiz bukatu jakiteko, e.a., eta guzti hauek erantsi beharko dizkiogula gene horri, bere lanari ekin diezaion nahi badugu.

Nahiz eta zailtasunak ugari izan, astiro baino etengabe emaitzak lortzen ari dira alor honetan, batez ere beste era batzurekin oso zailak edo ezinezkoak diren produktuak ekoizteko, azkenean, proportzio handi batean behintzat, kide bakoitzaren etorkizuna, balantze ekonomikoak erabakitzen badu ere.

Sortzen diren arazoak gainditzearren, mikroorganismo ugarietan egin dira lan -saiaketak, espezie desberdinen abantailak

probetxatzeko asmoz, nola baktería hala ondoekin. Azken hauen artean, hartzidura eragiten duten legamiak aipa ditzakegu bereziki. Ekonomi mailan duten garrantziari esker, egun zabalak dira beraien biologia eta genetikaz ditugun ezagupenak. Honela, injinerutza genetikoaren bidez hobea gotu dira batzuk, *Saccharomyces cerevisiae*, deritzona batez ere, berak hartitzen bait du ogiaren masa eta, beste batzuekin batera, ardoa, sagardoa eta garagardoa. Honela lortu da, ez bakarrik zepa hobea sortzea, baizik eta baita, farmazi, albaitaritza edo janari-industrian erabileraren duten proteinak ekoizteko gai diren zepa eraldatuak sortzea ere.

Genetika landareengan

Landareek duten gaitzetako bat, lepoko kuskuilua, hain zuzen ere baktería baten, *Agrobacterium tumefaciens*-aren, eraginez sorturikoa dugu. Baktería honen kutsadurak, mugagabea haziera duten kuskuiluak, kantzerrak, sortera zuten landare batzutan, sustraiak eta zuztarra elkartzen diren lepoan, landarea ahulduz eta gehienetan, hil eraztera iritsiz. Gaitz honekiko, bakteriararen material genetikoa landarearen zelulata transferitzeak eragina izan zezakeelakoaren hipotesia aurkeztu zen orain hogeitun urte. Orduko hartan, teoria honek kritika zorrotzak jaso zituen; egun horrelako zerbait gertatzen dela egiaztatu ondoren, landareetan gene arrotzak txertatzeko mundu guztiko ikerlariek erabiltzen duten ohizko prozesu bihurtu zaigu.

Denboraldi labur honetan aurrerapen handiak izan dira, irekitako bide berri honetatik. Apurka, baktería hauen egitura eta funtzionamenduaren berri gero eta gehiago lortzen joan gara; horrela jakin ahal izan dugu, material genetikokoaren transferentzia, ez dela zuzenki bakteriararen kromosomarena, aldiz, bere barnean duen plasmido batena baizik.

Plasmidoak, zirkulu formako DNA molekula bat baizik ez dira, milaka nukleotido-pare edo ehundaka mila batzuk izan di-

tzaketelarik. Beren informazio genetikoa ez da beharrezkoa bakterientzat baina, egoera baldintzatu batzutan, ezinbestekoak gertatzen zaizkie, ekologi desberdinetara moldatzeko, elikagai desberdinak probetxatzeko edo antibiotiko bat desegiteko.

Bakteria hauek ez dira beraz patogenoak, ez dute toxina edo entzima kaltegarriak jariatzen, eta plasmidoa da, bere DNA-ren zati bat landareen kromosoman txertatuz, zelula hauen neurrigabeko zatiketa eragiten duena, kantzerra sortuz; aldi berean, opinak deituriko sustantzia batzuk jariatzerara behartzen ditu zelula hauek, gero bakteriek elikagai bezala erabiliko dituztenak hain zuzen ere.

Honen antzeko neurrigabeko ugalketa, beste kasu batzuetan ere ematen da, hauen artean "hairy root" edo sustrai iletsuak deituriko gaitzean; kasu honetan ere, egiaztatu ahal izan da arrazoi bezala beste bakteria bateko plasmido baten gene-transferentzia.

Hemendik aurrera hasi ziren saioak, plasmido horien DNA erabiliz, gene desberdinak landare-zeluletan sartzeko asmoz. Prozesu hau asko erraztu zuen beste teknika zera dugu, landare-zelulen "in vitro" hazkuntza eta zelula hauetako bakoitzetik edo protoplastoetatik landare osoak bilakatze tekniketan lortu diren aurrerapenak. Honela, nahiz eta tartean gaintitzen joan diren zailtasunak egon, landare-zelula batzutan, plasmido eraldatu horien bidez, gene herezi bat txerta dezakegu eta zelula horiek landare oso bat bilakaerazi.

Helburu agronomikoekin, eragiketa genetikoaren bidez aldatu-riko lehen landareak, 1986. urtean azaldu ziren. Herbizida batzuei egindako erresistentzia sorterazten zuten geneen txertaketa izan zen lehendabiziko hau, aurrerago ere beste horrelako batzuk atera direlarik. Honek dituen ondorio ekonomikoak irudikatzea ez da oso zaila, herbizida horien erabilpenaren zabal-kuntza kontuan hartzen badugu; bestalde, ondorio ekologikoak ez dira noski hain argiak.

Badira hala ere, itxura hobea duten ondorioekiko aurkikuntzak antzeko arazo batzuk konpontzeko. Izurriteak sortzen dituzten intsektu batzuekiko borrokan, *Bacillus thuringiensis* deituriko bakteria bat erabiltzen da, intsektuentzat, batez ere tximeleten harrentzat, toxikoa den proteina bat jariatzen bait du. Lehen aipaturikoen antzeko manipulazio genetikoaren bidez, toxina hori sorterazten duen genea landare batzutan txertatzea lortu da, intsektu horien aurkako immunitatea lortuz.

Aplikazio zuzen hauetaz gain, oinarriko ikerketek, geneen adierazpena erregulatzen duten mekanismoak ulertu nahian dihardute. Oraindik gutxi ezagutzen ditugun mekanismo hauek, ehun eta organoen hazkuntza erregulatzen dute edo erreserbako proteina baten sintesia, e.a. Mekanismo hauen ulerketak beraz, beraiek manipulatzeko moduan jartzeko lehen urratsak ditugu. Emaitzak biltzen hasiak gara eta badirudi aurki izango dugula ahalmena uzten baloratzen diren propietateak handiagotzeko, konposaketa aldatuz eta elikagai edo teknologi prozesuetarako kalitatea hobetuz azkenik. Ezaguna da bestalde, nola *Rhizobium* jeneroko bakteriek, lekadun familiako landareei atmosferako nitrogenoaz baliatzeko ahalmena ematen dieten; manipulazio genetikoa erabiliz, hobetu egin daiteke nitrogenoaren erabilpen hori edo lekadunak ez diren landareei, hainbesteko beharrak dituzten laboreei adibidez, bakterien gene horiek txertatzea lortu. Ildo beretik, gainbalio handia duten sustantzia batzuk, elikagai koloratzaile edo edulkorante naturalak adibidez, errazago eta merkeago lortzeko bideak ireki ditzakegu.

Dena den, arlo honetan ere, bidearen hasieran besterik ez gaude. Orain arte askatu diren arazoak xinpleenak dira noski eta orain arte azaldu ditugun adibideak hala pentsarazten badute ere, ezin dugu pentsatu landare-hautaketa egiten duten teknikoak bihar bertan beren tresneriaren artean injinerutza genetiko erabil dezaketetik. Aldiz, zaila eta neketsua izango da oraindik teknika hauek ohizko praktikan ezartzea; hala ere, beren martxa jarraitzen dute eta, dirudienez, etorkizun agingarriarekin.

Hau dela eta, lan hau agrokimika-enpresa handiek hartu dute beren gain, batez ere Estatu Batuetan eta Japonian, Europan berriz erakunde publikoek dira gehienbat ikerketa hauek bul-tzatzen dituztenak.

Genetika animalietan

Injinerutza genetikoak animalietan izan duen lorpen ezagu-netakoa, 1982. urtea bukatzearekin batera eman zen, arratoi-en hazkuntz hormona erregulatzen duen genea, ernalduberriak zi-ren xagu-arraultzetan txertatuz, xagu erraldoiak lortu zituztene-an. Animalia hauek "transgenikoak" deitu zituzten, beren geno-man beste espezie bateko gene arrotza integratu bait zuten. Handik hona hasi ziren galdera eta itxaropenak; ia ez ote zen posible gauza bera egitea azienda osatzen duten abereekin. Berehala Estatu Batuetatik hasi eta beste Herri batzuetan jarrai-pena izan zuten handinahiko programaketak kaleratu ziren.

Emaitzak, hala ere, ez dute hasiera batean uste zen bezalako ordainik eman. Oraindik ere proiektuak ugariak dira baina gehienetan aurreprobak besterik ez dituzte gaintu; ikerlariak konturatu direnez, azienda transgenikoen lorpena, iruzurrez be-terik dago. Oraindainokoa, lehenbiziko arazoa, organismo na-gusi baten genomak gene berri baten txertaketa nola bideratu, ez da satisfakzio osoz askatu.

Hasiera batean erabiltzen den teknika, nahikoa ximplea da; mikropipeta baten bidez, gene baten berrehundik mila arteko kopiak dituen DNA soluzio bat txertatzen da ernaldutako arraultze baten hunean. Hauetariko kopia batzuk, zelula horren genomak itsatsiko dira eta beren eragina izango dute animalia transgenikoan. Dena den, prozesu honen funtzionamendu-por-tzentaia aurrikusi ezinezkoa dugu oraindik.

Behemilako ornodunetan, arraietan adibidez, gauzak erra-zagoak direla dirudite, hauen arraultzen ernalketa kanpoan egi-

ten bait da eta zergatirik jakin gabe ere, nahikoa dirudi gene horiek arraultzen zitoplasman txertatzea, uneraino iritsi gabe; gainera, oraindik ongi ulertzen ez diren arrazoiengatik, DNA zati horiek bikoizketen bidez, hamarretik berrogeitamar bider arte ugaltzen dira, generen bat arraiaren kromosometan itsasteko aukerak sendotuz.

Ornodunetan baino saiakuntza gutxiago egin diren arren, badirudi ornogabeetan ere posible dela animalia transgenikoak lortzea. Bereizte modukoak izan dira drososofila izeneko eulian iginiko probak. Hauen kromosometan, legamietan edo landareetan bezala, badira gene batzuk jauzkorrak edo mugikorrak, transposoi izenekin ezagutzen direnak; hauek beren kabuz askatu daitezke dauden lekutik, DNA katearen beste leku batean itsatsiz. Beraien funtzioa ez dago oraindik garbi erabakita, baina badirudi garrantzi handikoak izan direla espezien aboluzio-prozesuan.

Transposoi hauei beste gene batzuk lotuz, lortu da jadanik drososofilaren genomak gene arrotzak txertatzea. Zoritxarrez, oraindik ez da aurkitu benetako transposoirik ornodunetan, baina balitekeena da transposoi horien zati batzuk, jauziak posible egiten dituztenak hain zuzen ere, abere horietan erabilgarriak izatea.

Beste bide batzuk ere jorratu dira bektore desberdinen bidez animalia transgenikoak lortzeko; hauen artean retrobirusen erabilpena edo birusak daramatzaten bakterien plasmidoak beste batzuen artean. Metodo hauen bidez lortu dira animalia transgeniko batzuk ere eta ekonomi mailan garrantzi handirik ez izan arren, genetikako prozesuen oinarritzko ezagupenean, nabariak diren emaitzak izan dituzte.

Gauzak horrela, prozesu hauen bidez zein abere-mota lortu nahi genukeen galde genezake. Lehenik bururatzen zaizkigunak, azienda osatzen duten abereen artean, bilakaera handiagoa izan eta erraldoi bihurtzekoak hain zuzen; beste batzutan, oilaskoen kasua adibide, haundiagoak lortzea baino bizkorrago

hazten direnak interesgarriagoa gerta liteke, ahal den denbora gutxienean salgai izatearren, mantenu kosteak jaitsiz. Dakigunez, hazkuntz hormonak bilakaeraren azelerazioa eragiten du, janari-kontsumoa proportzionalki handitu gabe; beraz, hazkuntz hormonaren geneak txertatuz gero, badirudi mirakuluak egin behar dituela; errealitatean aldiz, aziendako abereekin ez da xagurekin bezala gertatzen, pisu irabazia % 10etik ez bait da pasatzen kasu hoberenetan. Honen arrazoiak bilatzean, milaka urtetan dirauen historian aziendako abereek hautesmen-prozesu bat jasan dutela pentsa genezake, beste gauzen artean hazkuntz ahalmenagatik baina, noski, hau ez dela xaguaren kasuan gertatu.

Hala ere, emaitzak hain apalak izan arren, justifika daiteke berean jarraitzea, hormona honek berak, ugaztunetan esne-ekoizpena handitzen bait du, % 20 bat arte ausnarkarien kasuan, baina honetan ere, xaguak salbu, gutxi izan dira oraindik erakusteko moduko emaitzak. Honetaz aparte, badira lor daitezkeen beste emaitza-mota batzuk; landare-proteina askotan, lisina deritzon aminoazidoa oso urria da; pentsatzekoa da lisinaren sintesia zuzentzen duten bakteri geneak abereetan txertatzea, horrela lisinan aberatsak diren proteinen beharrik ez bait zuketzen izango eta berdin gerta daiteke beste edozein osagairekin, bitaminak barne. Aplikazioak ugariak dira, interesatzen zaizkigun moduko azienda-abereak lortzea azken finean, adibidez, arteriosklerosia sortzen dutelako hain kaltegarriak ditugun animalia lipido aseak, desasetuko dituen entzimaz hornituriko abereak, pertsona askorengan esnearen intolerantzia sortzen duen laktosarik gabeko esnea emango duten behiak, e.a.

Dena den, biologi ikuspegitik gauza asko posibletzat ikusiarren, proportzio handi batean ekonomi ikuspegitik ezinezkoak gertatu zaizkigu; ez dugu ahaztu behar inbertsio handien beharrenean gertatzen diren prozesuak ditugula, beraz txertatu nahi dugu ezaugarri berri horrek abantaila handiak izan beharko ditu aziendetan zabaltzeko. Bestalde, oraindik gauza gutxi ezagutzen dugu animalia transgenikoen osasun egoeraz eta badirudi kalte-

ak jasaten dituztela, bizitza laburragoa dutelarik. Areago oraindik, ez dira behar bezala kontrolatzen txertaturiko gene horien ondorio guztiak, onak bezain kaltegarriak izan ditezkelarik.

Injinerutza genetikoaren ondorioak

Oraindaino ikusi ahal izan dugun bezala, zientzia eta teknika elkartzen dituen disziplina honen itxaropenak ikusgarriak dira; baina badirudi bide berri hauek urratzen hasi zirenean zabaldu zen baikortasuna behar baino handiagoa zela eta, urteak igaro hala, zerbait apaltzen joan dela. Dena den, hainbeste aldiz errepikatu dugun bezala, beraren hastapenak besterik ez ditugu eza-gutzen oraindik, nahiz eta urte gutxi batzutan lortu diren emaitzak harrigarriak gertatu.

Azken finean teknika hauen bidez lor dezakeguna zera da, komeni zaizkigun ezaugarriak izango dituzten bizidunak sortzea; ez dugu ahaztu behar bizitza erregulatzen duten molekulak geure borondatera aldatzea izango dela azken helburua eta honek ematen duen boterea pentsa dezakegu.

Sarritan gerta ohi da gainera, gainditu ezinezkoak, ez direla arazo teknikoak, ekonomikoak baizik; beraz, zientzi eta teknika-mailan ohi den bezala, herri eta talde aurreratu eta indartsuenean egongo da aurrerapen hauetan jarraitzeko boterea, desberdintasun nabariagoak ezarriz.

Alde batera gizakia bera aldatzeak sor ditzakeen kezka eta arazoak marka ditzakegu eta bestalde beste bizidunetan soma ditzakegun abantaila eta akats nabari batzuk.

Mikroorganismoek aritu gara lehendabizi; lehen pausoak eman direla sinets dezakegu, aukeratu ditugun prozesuak eta komeni zaigun eran egiteko gai den edozein mikroorganismo-mota sortzeko gai izango garelarik. Onerako dituen ondorioak

judanik somatzen hasiak gara, batez ere medikuntz zientzietan, eta gainera gero eta nabariagoak gerta daitezke, industri eremu desberdinetan, hauen artean elikagaienetan, kimikoetan, ingurugirokoetan, e.a.; baina bestalde, ezaguna da gerra biologikoa deritzonak patogenoak diren mikroorganismoak erabiltzen dituela; pentsa dezakegu, honekin aurrera jarraituz, injinerutza genetikoak irekitzen dituen ateak gero eta kutsatze ahalmen handiagoa izango dituzten mikroorganismoak sorteraztera bideratzen direla, ondorio larriak pentsa ditzakegarrik.

Baina hain urrutira joan gabe, behin baino gehiagotan azaldu da, menderatu ezineko kutsadura ustegabearen sortzearen beldurra; gertaera honen posibilitateak handiak ez izanagatik, arriskua gero eta larriagoa gertatzen da, esperientzien zabalkuntza aurrera doan mailan.

Landareen kasuan itxaropenak izugarriak dira, nahiz eta emaitzak urriak izan oraindaino. Ez da zaila pentsatzea, hala ere hemendik aurrera, gero eta ahalmen gehiago izango dugula komeni zaizkigun ezaugarriak izango dituzten landareak sortzeko.

Animalietan berriz, organismo konplexuagoak direnez, zailtasun handiagoak sorterazten dituzte; hala ere, alor honetan ere, bide-urraketak hasiak dira eta aurrikusmenak egitea zail gertatu arren, lanek aurrera dihardute. Mikroorganismoetan baino maila apalago batean bada ere, animalien kasuan, landareetan bezala, arazoak sor daitezke bizidun transgenikoak aske geratuz gero, bizidun basatiekin izan ditzaketen harremanak kontuan hartuz gero. Posibilitateak oso handiak ez izan arren, ekologi mailan kontuan hartzeko arazoa izan daiteke.

Ondorio nagusi bezala, kontuan hartu behar dugu, esku artean dugun tresna berri honek, orain urte gutxi pentsatu ezinezko boterea ematen digula, hau da, bizitza aldatzeko boterea. Honen emaitzak ikusgarriak izan badaitezke ere, ez dira apalagoak sor litezkeen arazoak. Itxura guztien arabera, aurrera jarraituko dugu bide honetatik, gero eta arrakasta handiagoa izango

duten emaitzak lortuz. Hala ere gauza ezezagun gehienen antze-
ra, kezka eta beldurrak sortzen dizkigunez, pausoak sendo eta
ondo azertu ondoren ematen saiatu beharko dugu.

I.A.

GENETICA: LA CIENCIA DE LA VIDA

GENETIQUE: LA SCIENCE DE LA VIE

La adquisición de las nociones básicas sobre los elementos que gobiernan la vida, los cromosomas, su composición química y funcionamiento, han supuesto un importante salto cualitativo en el campo de la biología. El desarrollo de las técnicas que hacen posible la manipulación de los cromosomas y con ellos la de los genes que gobiernan la vida, ha dado lugar a una disciplina, híbrida entre ciencia y técnica que se conoce con el nombre de ingeniería genética.

Hace unos años, la ingeniería genética parecía destinada a revolucionar muchas de las actividades económicas humanas; sin embargo, al lado de éxitos indiscutibles, son numerosos los fracasos consecbados. A pesar de todo, el ritmo creciente con que continúan los trabajos emprendidos, hace pensar en un futuro, si no tan cercano como se pensaba, abierto a un gran número de logros que incidirán en el futuro de la humanidad.

Los microorganismos constituyen la principal herramienta de trabajo, utilizados como sintetizadores de proteínas u otros compuestos orgánicos, transformadores de biomasa, productores de energía, etc. En los vegetales se han conseguido ya, por manipulación genética, plantas resistentes a herbicidas o plagas, y aplicaciones como el aprovechamiento directo del nitrógeno atmosférico pueden hacerse realidad en un plazo no muy lejano. En cuanto a los animales, la obtención de los primeros animales transgénicos dio lugar a inusitadas expectativas que, todavía, están lejos de llegar a ser realidad.

Pero estas aplicaciones tan prometedoras siembran también un halo de incertidumbre sobre nuestro futuro; a un lado las implicaciones éticas de la manipulación de los genes humanos, peligros como el de la evasión incontrolada hacia el medio natural de seres vivos manipulados genéticamente, deben hacernos reflexionar y tomar las medidas necesarias para evitar los males que, operaciones poco meditadas, pueden acarrear.

L'acquisition des notions de base sur les éléments qui gouvernent la vie, les chromosomes, leur composition clinique et leur fonctionnement, ont supposé un important saut qualitatif dans le domaine de la biologie. Le développement des techniques qui rendent possible la manipulation des chromosomes ainsi que celle des gènes qui gouvernent la vie, a donné lieu à une discipline hybride entre la science et la technique connue sous le nom génie génétique.

Il y a quelques années, le génie génétique semblait être destiné à révolutionner de nombreuses activités économiques humaines; cependant à côté de succès indiscutables, on récolte de nombreux échecs. Malgré tout, le rythme croissant et continu des travaux entrepris fait penser à un futur peut-être pas si proche qu'on ne le pensait, mais ouvert à un grand nombre de réussites qui joueront un rôle dans le futur de l'humanité.

Les microorganismes constituent le principal outil de travail utilisé comme synthétiseur de protéines ou autres composés organiques, transformateurs de la biomasse, producteurs d'énergie etc... Dans le domaine des végétaux, il a été obtenu par manipulation génétique, des plantes résistantes aux herbicides ou aux fléaux, et des applications comme l'exploitation directe de l'azote atmosphérique qui pourrait se faire dans un avenir très proche quant aux animaux, l'obtention des premiers animaux transgéniques a donné lieu à des attentes peu courantes qui sont encore loin d'être réelles.

Mais ces applications si prometteuses sèment aussi un halo d'incertitude sur notre futur; d'un côté les implications éthiques de la manipulation des gènes humains, même danger que l'évasion incontrôlée vers le milieu naturel des êtres vivants manipulés génétiquement, doivent nous faire réfléchir et prendre des mesures nécessaires pour éviter les maux que des opérations faites à la légère pourraient entraîner.