

GIZA GENOMA PROIEKTUAREN ITZULKINAK

AITOR SANTISTEBAN ALDAMA
Zientzia Biologikoetan doktorea

Krisiaren ondorioz murrizketak zabaltzen dira zerbitzu publikoetan, eta zientzia-ikerikuntzan aritzen diren erakundeak ez dira salbuespenak. Finantziario-arazoen sortutako geldialdi honek etorkizunean ekar litzakeen ondorio ekonomikoak ulertu ahal izateko, etekin ekonomiko apartak eta sekulako aurrerapauso zientifikoak sortzen dituen inbertsio arrakastatsu bat azaltzen da artikulu honetan.

Krisia dela eta, murrizketak heldu dira gizarteko alde guztietara, eta etengabe ikusten dugu hedabideetan oraintsu arte “ongizatearen estatua” izan denaren zutabe nagusiak (osasuna, hezkuntza, lan-baldintzak...) argalduz doazela ostiralero, Ministro Kontseiluak asteko dekretuak plazaratzen dituenean. Estu eta larri dabilta erakunde publikoetako langileak zerbitzu egokiak mantentzeko, eta haien kekek eta erabiltzaileen protestek kaleak betetzen dituzte egunero.

Baina badago gizarteko beste zutabe bat egoera honetako larritasunak jasaten ari dena, baina hedabideetan hainbeste agertzen ez dena: zientzia, edo hobeto esanda, ikerikuntza. Batez ere Espainia mailan, iker-

kuntza-instituzio nagusietako finantziario-murrizketek kolokan jarri dute haien iraunkortasuna. Adibide ezagunena CSIC da, ziur asko: 2010etik 500 milioi euroko murrizketari aurre egin behar izan dio, eta une honetan ez dago batera argi nola helduko den urte honen amaierara. Maila orokorrean, eta aurtengo apirileko datuekin, Espainiako zientzia-ikerikuntzako inbertsioa % 39 murriztu da 2009tik.

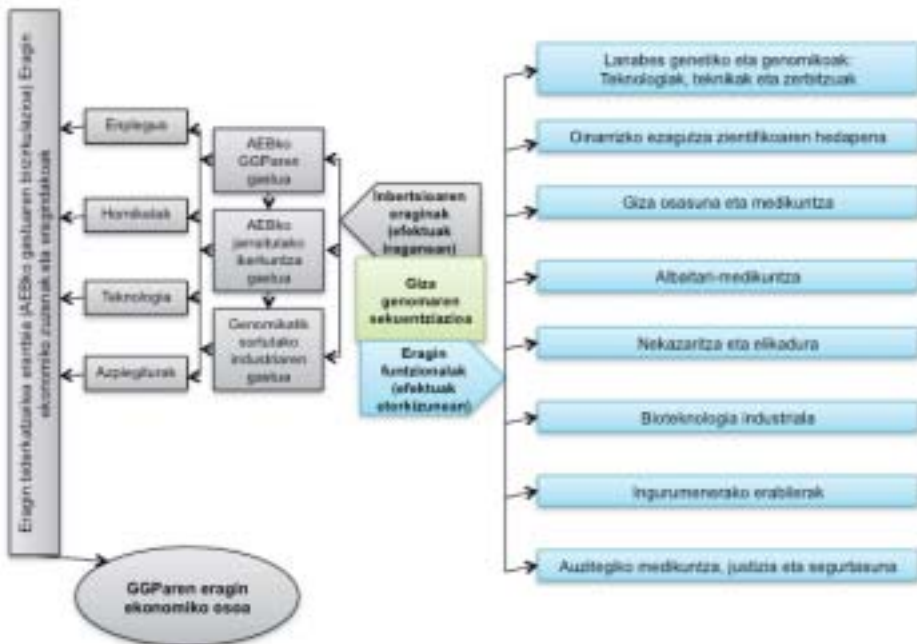
Zientzialarien ustez, murrizketa horiek arriskuan jartzen dute zientziaren etorkizuna Espainian, ikerlanak ezin direlako orain eten eta urte batzuk igarotakoan haiekin jarraitu, geratu zen puntutik aurrera; gehienetan, zerotik hasi behar izaten da berriro, eta ur-

teak pasatuko dira azken hamarkadetan lortutako mailara itzultzeko. Eta zientzialarien iritziz, zientziarik gabe ez dago etorkizunik; hura gabe, gizarteko beste arloen berrikuntza eta garapena lortuko bada, ezagutza eta teknologia kanpotik erosi beharko dugulako.

Zientzian inbertitzea eta etekin ekonomikoak lortzea lotuta daudela zenbateraino den egia ikusteko, adibide bat hartuko dut, azken urteetan mugari bihurtu den adibide bat; batetik, aurrerapauso zoragarria izateagatik zientziaren munduan, eta, bestetik, itzulkin izugarriak ematen ari delako dagoneko ekonomian, nahiz eta onura garrantzitsuenak hurrengo urteetan helduko diren etengabe.



IRUDIA: NHGRI



Giza genomaren sekuentziazioaren iraganeko eta etorkizuneko eraginaren egitura.

GIZA GENOMA PROIEKTUA (GGP)

Giza Genoma Proiektua 13 urteko lana izan zen, 1990ean hasi eta 2003an amaitu zena ofizialki, 20.000-25.000 gene aurkitu eta argitaratuta. Besteak beste, 3.000 milioi azpiunitateren edo baseren sekuentzia osoa aurkitzea eta sortutako arazo legal eta etikoak aztertzea zituen helburu.

Estatu Batuetako Energia Sailak (DOE) eta Osasun Institutuek (NIH) koordinatu zuten proiektua, eta, geroago, Erresuma Batuko Wellcome Trust elkartu zen, eta zenbait nazioek ere ekarpenak egin zituzten: Japonia, Frantzia, Alemania, Txina eta abar.

Giza genomaren sekuentziazioa da zientzia biologikoaren historian egin den lanik handiena, eta lorpen zientifikoaren artean mugari modura geratu da. Horren zergatia ulertzeko, datu batzuk emango ditugu: Estatu Batuek zuzendutako nazioarteko proiektu bat izan zen, programa pribatu osagarri batekin; 13 urteko epe laburrean burutu zen, eta, horretarako, beharrezkoa izan zen teknologia aurreratua garatzea eta diziplina anitzeko talde bat osatzea: biologoak, kimikariak, fisikariak, informatikariak, matematikariak eta ingeniariak.

Gaur egun, zientzialariek genoma sekuentziazioa erabiltzen dute erreferentzia moduan; haren egitura eta GGPTik hartutako beste datuak oinarriak dira funtsezko aurrerapenak lortzeko medikuntzan eta zientzian, giza gaixotasunen prebentzioa, diagnostia eta tratamendua helburu izanik.

Gizaki eta organismo ereduetan zentratuta dagoen ezagutza hori biomedikuntzatik harago doa, “iraultza genomikoa” da, eta haren efektua sentituko duten arloak ugari dira: energia berriztagarriak, bioteknologia industriala, albaitari-zientzia, ingurumen-zientzia, auzitegi medikuntza eta segurtasun publikoa; eta diziplinen artean, zoologia, ekologia, antropologia...

ONDORIO OROKORRAK

1. Giza genomaren sekuentziazioaren eragin ekonomiko eta funtzionalak itzelak dira, eta gutziz zabaldua daude. Hauexek izan ziren 1988tik 2012ra bitarteko giza genomaren sekuentziazioaren proiektu...

tuek, eta harekin lotutako ikerkuntza eta jarduera industrial zuzen eta zeharkakoek sortu zituzten inpaktuak: 965 mila milioi dolarreko eragin ekonomikoa; 293 mila milioi baino gehiagoko soldata-sarrerak, eta 4,3 milioi lan-urte.

2. Gobernu federalak 3,8 mila milioi dolar inbertitu zituen zuzenean GGPan, 2003an amaitu zen arte, eta, gero, beste 9,1 mila milioi, 2012ra arte. Inbertsio horrek 796 mila milioi dolarreko emaitza ekonomikoa sortu zuen 2010era arte, eta 178/1 erlazioko itzulkina izan zen; hau da, inbertsioaren dolar bakoitzak 178 sortu ditu ekonomian.
3. Urteka hartuta, industria genomikoa 3,7 mila milioiko sarrera ekonomikoa eragin zuen 2010an, eta 3,9 mila milioi dolarrekoa, 2012an; eta zergaren ikuspuntutik —zerga federalak eta tokikoak—, 2,3 mila milioi bildu ziren 2010an, eta 2,1 mila milioi dolar, 2012an. Zifra horiek hartuta, ikusten da urte bateko itzulkinak GGParen 13 urteko inbertsio osoaren baliokideak direla; eta 1988-2012 aldia aztertuz, berriz, AEBko biztanle bakoitzeko urtean 2 dolarreko inbertsioa eginez, bilioi bat dolarreko emaitza lortu zela.
4. Dena dela, hasi besterik ez du egin. Giza medikuntzan, nekazaritzan, energian eta ingurumenean eskala handiko etekin onenak heltzeko daude.
5. Esan genezake GGPa dela gaur egungo zientzian egin den eragin handieneko inbertsioa eta zientzia biologikoen aurrerapenerako oinarria.

GGP-AREN ERAGIN FUNTZIONALAK

Baina GGParen eragin ekonomikoak izugarriak izan arren, ez da hori garrantzitsuena; gure biologiarren, osasunaren eta ongizatearen...

Eruginak	Enplegua (lan-urteetan)	Soldata-sarrerak	Balio erantsia	Emaitza	Itzulkinak zergetan (estatukoak eta tokikoak)	Itzulkinak zerga federaletan
Ondorio zuzenak	780.665	86.656,6	116.738,6	333.401,8	4.259,7	16.100,9
Zeharkako ondorioak	1.504.671	107.760,5	170.397,3	320.525,8	320.525,8	21.682,9
Eragindako inpaktua	2.066.137	98.310,0	174.552,3	311.696,1	17.805,3	21.146,0
Eragin osoa	4.351.472	292.727,1	461.688,2	965.623,6	34.807,6	58.929,7
Inpaktu biderkatzailea	5,57	3,38	3,95	2,90		

Giza genomaren sekuentziazioaren eragin ekonomiko metatua, 1988-2012 (milioi dolarretan; 2012koak).



ren ezagutza hobetzea baitzen helburu nagusia. Bizitza zuzentzen duten oinarriko prozesu molekularrak argitzeko antolatu zen proiektua, eta, orobat, beste hainbat arlo bereganatuko zituztelako ezagutza eta teknologia genomikoaren aurrerapenak.

Tresna, teknologia eta teknika horien erabilerak sortu duen oinarriko ezagutza biologikoaren hedapena ikaragarria izan da, eta paradigma zientifikoaren aldaketa eragin du, hau da, GGPa zientzialariek biologia ulertzeko modua aldatu du.

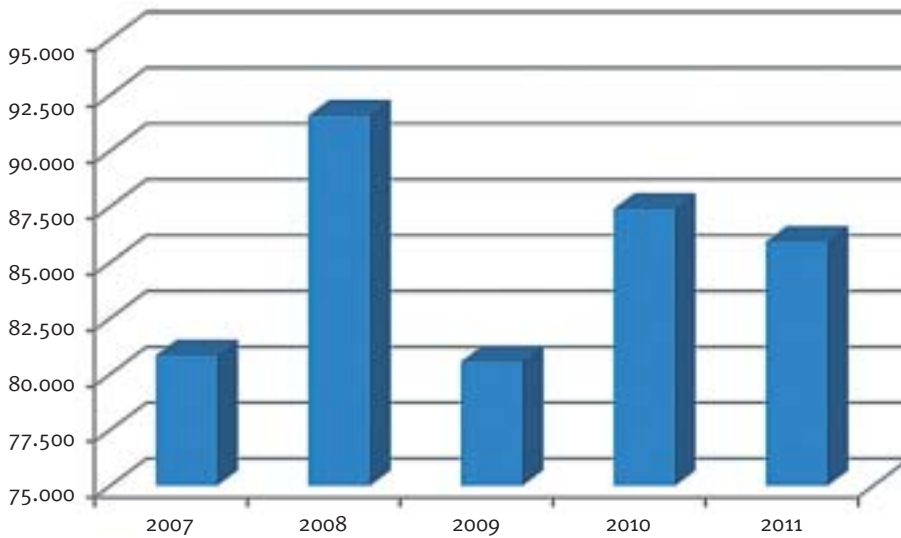
Badago azpimarratzeko beste eginkizun bat ere. DNAREN sekuentzia argitzen zihuan heinean, egunero plazaratzen zen Internet bidez, datuak berehala erabili ahal izateko. Informazio genomiko horren erabilgarritasuna dela eta, guztiz eraldatu dira gaixota-

Genomikako sektorea	Enplegu balioztatua					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bioinformatika	1.120	1.102	1.175	1.084	1.084	1.142
Genetika, genomika eta haiekin erlazioatutako azterketak	4.087	6.095	6.349	6.083	6.083	6.230
Gai biologikoak eta diagnostiko genomikoetarakoak	6.879	6.837	6.865	6.144	6.144	6.331
Lanabes eta hornikuntza genomikoak	16.017	14.851	16.274	15.930	15.930	15.662
I+G/Bioteknologia genomikoa	11.433	11.305	9.352	8.669	8.669	9.324
I+G sendagaietan eta genomika farmazeutikoan	7.009	6.825	8.712	8.468	8.486	8.611
Eragin osoa	46.545	47.015	48.727	48.727	46.396	47.300

Genomikarekin lotutako AEBko industriako sektore pribatuko enplegu berriak.

Erabilera potentziala	Egungo genomikaren aurrerapenak	Aurreikuspenak
Gene bateko gaixotasun mendeldarren diagnostikoa	3.000 gaixotasun monogenikoen gene espezifikoak aurkitu dira. Gaixotasun arraroen diagnostikoa hobetzea lortu da, lehenago gaizki diagnostikatu zirelako edota tratamendu desegokiak jarri zirelako. Jaio aurreko analisi genetikoek aukera ematen dute gaixotasun larri hereditarioen arriskuen berri emateko gurasoei.	Terapia genikoen aukera emango dute gaixotasunak edo desorekak sortzen dituzten anormaltasun genetikoen konpontzeko. Produktu terapeutiko pertsonalizatuak gene akastunak blokeatuko dituzte, edo haien espresioa aldatuko dute.
Gaixotasun zehatzak izateko joera alde aurretik ezagutzea	Minbiziak eta gaixotasun neurologiko, psikiatriko eta kardiobaskularrak izateko joeraren gene eta markatzaile asko identifikatu dituzte.	Test multigenikoen bidez arriskua ezagutzeak aukera emango du operazio terapeutiko egokiak egiteko eta nor bere jokabidea eta bizimodua aldatzeko. Gaixotasun bat agertzeko eta aurrera egiteko faktore genetiko erabakigarriak eragiten dieten ingurumen-eragileak identifikatuko dituzte, egoki tratatzeko.
Genomikari esker aurkitutako sendagaiak; sendagaien zentzuzko garapena deitutakoa	Sendagaietako itu berriak identifikatu dira. Tumorearen genomikan oinarritutako zenbait sendagai salgai daude dagoeneko: Gleevec (leuzemia mielogeno kronikoa), Herceptin (bularreko minbizia), Tarceva (biriketako minbizia) eta Avastin (kolon, birika eta abarretako minbiziak).	Sendagai eta konposatu biologiko berriak garatuko dira, identifikatutako itu berrien kontra eraginkorrek izango direnak.
Lehenago baztertu ziren zenbait sendagai berriz aztertzea edota gaurkotzea	Onartu gabeko sendagai batzuk azpipopulazio batzuentzat eraginkorrek direla ikusi da: Iressa, adibidez, onartu egin da EGFRren mutaziorako positibo ematen duten gaixoentzat.	Sendagai-kopuru handia egongo da, azpipopulazio zehatz batzuentzat eraginkorrek direla ikusi ostean; hala, botika-industriak merkatutik kanpo geratu ziren sendagai batzuk berreskuratuko ditu.
Infekzio-organismoen aurre egiteko baliabideen identifikazioa	Zenbait infekzio-organismoaren genoma sekuentziatu da. Horri esker, haien migrazio eta mutazioen jarraipena egin daiteke. Test genetiko hauek erabiltzen dira dagoeneko GIB/IHES duten gaixoentzako terapietan.	Organismo patogenoen sekuentziazio azkarrak, denbora errealean, giza gaixotasun eta animalien zoonosiei aurre egiteko ahaleginak hobetuko ditu. DNA-txertoak merkaturatzeak aukera emango du immunizatze eta tratamendu pertsonalizatuak egiteko.
Gaixotasun eta desoreka genetikoak tratatzeko terapia genetikoak	Zenbait zailtasun gainditu ondoren, terapia genetikoak arrakasta lortzen hasiak dira. Adibidez, adrenoleukodistrofia, garuneko desoreka hilgarri bat, tratatu da, eta gaitzak aurrera ez egitea lortu da ume-lagin batean.	Zenbait profil genetikoko jaio berriek terapia genetikoa eskuragarri izango dute, gene akastunak zuzendu ahal izateko; batez ere, desoreka monogeniko larrien kasuei dagokienez.

Genomika eta giza genomaren sekuentziazioaren erabilera biomedikoak.



EAEko bioteknologiako I+Gko gastuak (mila euro). ITURRIA: EUSTAT.

sunen mekanismoen identifikazioa, gaixotasun eta desoreka genetikoaren diagnosiak, ibilbide metabolikoak eta gaixotasun konplexuetan parte hartzen duten elementu biologikoak argitzea, eta sendagaietarako itu espezifikoaren detekzioa. Halaber, giza DNAREN sekuentzia osoa argitzeak hobekuntzak ekarri ditu biomedikuntzara, esate baterako, terapia genetikoaren, txertoen garapena, birsortze-medikuntza, zelula amekin egindako terapiak, eta emaitzen eta hartzailen arteko organoen eta ehunen bateragarritasuna.

Baina medikuntzako ohiko arloak zabalteaz gain, DNAREN sekuentziarioak arlo berriak sorrarazi ditu —farmakogenomika eta diagnostiko personalizatua, adibidez—, gaixoaren profil genetikoari dagozkion sendagaiak aurkitzeko eta dosi terapeutikoak doitzeko, eta, hala, eraginkortasuna handitu da, eta albo-ondorio kaltegarriak gutxitu. Minbizi-mota batzuen tratamenduan erabili da jadanik, eta ikusiko dugu farmakogenomika XXI. mendeko iraultza dela medikuntzaren praktikan.

BIOTEKNOLOGIA EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOAN

Biobask 2010 plana plazaratu zenetik hamar urte igaro diren epe honetan, bioteknologiako sektorea hazi eta finkatu egin da euskal sektore ekonomikoaren artean. Plan horrek, orobat, azpimarratzen du genomikatik sortutako erabilerekin ondorio itzelak izango dituztela, bai ekonomian, bai gizartean. Pro-

zesu bioteknologikoak erabiltzen zituzten 24 enpresa zeuden EAEn 2003an, eta batez beste 100 langile zituzten 40 berri sortzea zuen helburu. EUSTATen datuen arabera, 2011n, batez beste 41 langile zituzten 63 bioenpresa zeuden. Sektore horretan I+Gan gastatutako kopurua aldatu egin da urtez urte, eta, 2011n, 86 milioi euro izan ziren.

Sektore publikoari dagokionez, mende honetan zientzia ezberdinen bateratzea gertatuko zela ikusita, 2002an, Eusko Jaurlaritzak Ikerkuntza Kooperatiboko Zentroak (CIC siglak ingelesez) zabaldu zituen, non elkartzen baitira ikerkuntzan aritzen diren erakunde publiko eta pribatuak, euskalduinak eta atzeritarrak. Gaur egun, bi zentrok lantzen dute bioteknologia: CIC Biogune, biozientzietakoa, eta CIC Biomagune, biomaterialetakoa; guztira, 250 ikertzaile inguru dira (17 herrialdeetakoak) eta 2002-2011 aldian 160 milioi euroko ustiapen-sarrerak kudeatu zituzten.

Sektore gaztea da euskal bioteknologiakoa, eta txikia oraindik beste sektore batzuen aldean. Adibidez, informazioaren eta komunikazioaren teknologien sektoreak, hau da, IKT sektoreak, 2.055 enpresa eta 22.000 langile ditu, eta EAEko BPGaren % 3,2 sortzen du. Ikusi beharko da nola eragiten dion krisiaren kolpeak sektoreari. Alde batetik, ikusi beharko da CIC zentroen maila mantentzea posiblea izango den finantziario publikoa gutxituz gero; bestetik, enpresei dagokienez, larri ibiliko dira berezko egitura nahiko sendoa ez dutenak eta diru-

laguntza publikoak edota kanpo-finantziario behar dutenak.

Oraintsu arte epe luzeak behar ziren zientziaren itzulkinak hautemateko, urteak edo hamarkadak kontzeptu berri bat sortzen zenetik haien erabilera praktikoak eskuragarri izan arte. Epeak laburtuz doazen heinean, gero eta argiago ikusten da zientzia eta ikerkuntza oinarritzeko tresnak direla herri baten etorkizuna eraiki ahal izateko.

ZIENTZIAREN BEREZKO GARRANTZIA

Nolanahi ere, ikerkuntzaren itzulkin sozial garrantzitsuenak ez dira epe laburrago edo luzeago batean etekin ekonomikoak sortzen dituztenak. Askotan, ezinezkoa izaten da aurretik jakitea zer arazo konponduko dituen zientziak. Adibidez, 1928an, Paul Dirac fisikariak positroiaren existentzia proposatu zuenean, inork ez zuen pentsatuko gaur egun posible izango zenik, positroien igorpenaren bidezko tomografiari esker, gorpuztean gertatzen diren zenbait prozesutako hiru dimentsioko irudiak hartzea. Pedro Miguel Etxenikeren esanean, “zientzian ondo trebatua dagoen gizartea askeagoa da erabakiak hartzeko; horretaz aparte, etekin ekonomikoak lortzeko, oinarritzko alderdiaren eta alderdi aplikatuaren garapen harmonikoa eta iraunkorra behar da”. ●

BIBLIOGRAFIA

<http://www.nature.com/nmat/journal/v12/n5/full/nmat3644.html>

<http://www.nature.com/news/anger-as-spanish-funder-claws-back-science-money-1.13345>

<http://feelsynopsis.com/jof/011/index.html>

<http://www.battelle.org/site/the-impact-of-genomics-on-the-u-s-economy>

www.eustat.es

“BIOBASK 2010: estrategia de desarrollo empresarial basado en las biociencias en Euskadi”, Eusko Jaurlaritzak, 2003.

<http://www.cicbiogune.es>

<http://www.eitb.tv/es/video/naukas—quantum/2698453634001/2700097412001/capitulo-7/>.