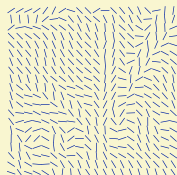


FORMA ETA KONPLEXUTASUN BIOLOGIKOA:  
TAI CHI ARTEAREN ISLAK

---

DIEGO RASSKIN-GUTMAN  
BIOLOGIA TEORIKOAREN INGURUKO TALDEA  
ICBIBE, VALENTZIAKO UNIBERTSITATEA



KONPLEXUTASUNA  
BILATZEA

---

Vassily Kandinskyk, abstrakzioaren aita, Bauhauseko irakaslea eta gaur egungo artearen pertsonaia handietako bat bera, «barne premia» baten existentzia defendatzen zuen, artista ezinbestean bultzatzen duena bere lana sortzera. Jakina, sorkuntzaren nola definizioa hala premia gaur egun, *Espiritualtasuna artean* argitaratu zenetik ehun urte bete direnean, arte kontzeptua bera ere zalantzan jartzen duten eztabaida anitzetako gaia da. Baina interesgarria da gogoeta egitea bultzada zientifikoaren antzekoa den bultzada honetaz; haren barne premia nabarmenagoa da, eta «barne jakin-min» esan geniezaiokeena bihurtzen da: natur fenomenoak ezagutu eta haiei arrazoiz objektiboa den eta intelektua asebetetzen duen oinarri esplikatibo bat emateko premia bat. Naturan konplexutasuna bilatzeak zuzenean erantzuten dio barne jakin-min horri, eta zenbait oinarri kontzeptualek elikatzen dute. Alde batetik, bilatze horrek badu osagai bat mendebaldeko erlijio monoteistetatik oinordetua, haietan gizakia Sorreraren zentroa baita, eta haren garuna Unibertsoko zelula konplexuena. Azken gogoeta hori aise aurki daiteke edozein biologia testutan, eta, gutxienez, apaltasun falta pixka bat uzten du agerian naturaren eskergatasunaren aurrean. Bestalde, konplexutasunaren problemari erantzunak bilatzeak aitortpen bati erantzuten dio: natur fenomenoek antolatze

eskalak bestelakoak direla, eta fenomeno bat iragartzeko posibilitatea arrazoizkoaren eta iragartzen ezinezkoaren artean mugitzen dela. Beste oinarri asko daude konplexutasuna bilatzeko. Haietako bat Tai Chi artearen barruan aurkitu nuen.

2008ko azaroan matematika eta biologia inguruko biltzar batean parte hartzeko aukera izan nuen, Okinawa japoniar uhartean. Han, Txinako itsasoaren aurrean, koralez betetako hondarraren gainean, Tai Chi praktikatuz meditatzen ari nintzela, gogora etorri zitzaidan ekialdeko metafisikako *koan* ideia zaharra, zeinean analogia ezinezko bat, metafora bideraezin bat edo funtsezko aporia bat daraman galdera itxuraz paradoxiko batek haratago joatera behartzen baitu, eta, nire kasuan, zientziaren eta biologiarren enigma ugaries pentsatzera. Handik denbora batera berriro pentsatu nuen *koan* ideian ondoko galdera, XIX. eta XX. mendeko biologian topikoa zena, birformulatzean: organismoaren konplexutasuna arrautza ernalduan aurkitzen al da? Funtsean galdera ez da *koan* bat, galdera zientifikoki balioduna baizik. Behaketak egin daitezke, konplexutasunaren ideia bat kalibratu daiteke, eta arrazoiak aurkitu baiezko edo ezezko erantzuna emateko. Esate baterako, preformazionismoak, homunkulua espermatozoidea- ren barruan kuzkurtuta irudikatzen zuena, baietz zioen, dena presente zegoela hazi hartan, eta gizabanakoaren konplexutasuna hazkunde prozesu osoan mantentzen zela. Aitzitik, enbriologiaren determinismo genetiko horrekin lehian zegoenak, epigenesiak, proposatzen zuen ezer ez zegoela eginda baizik eta konplexutasuna zatitu egiten zela eta pixkanaka azaleratzen zela, enbrioia hainbat garapen fasetatik pasatu ahala. Biologia modernoak epigenesiari eusten dio, enbrioaren hazkundearen deskribapen balioduna den aldetik, baina gauza jakina da badaudela espresio genetikozko halako molekula-molde «eredu-aurreko» batzuk, zenbait egitura enbrionario agertuz doazen leku zehatza markatzen dutenak. Eboluzio prozesuan antzeko prozesu bat gertatu ahal dela egiaztatzeak errekapitulazio ontogenetikoaren hipotesia ekarri zuen, alegia, enbrioak garapenean barrena beren oinordetza historiko, filogenetikozko estadio «primitiboetatik» pasatzen zirela. Hipotesi horrek eztabaida ugari sortu ditu, eta gaur egun, aldaketa batzuekin, zutabeetako bat da evo-devo delakoan, alegia, garapenean topatutako antzekotasunetan oinarrituta eboluzioaren dinamika aztertzen duen zientzia. Gaur egungo evo-devoak gauza bat egiaztatzen du, hots, arbaso baten konplexutasuna ondorengo espezie batean dagoela presente eta haren konplexutasuna erregulatzen duela enbrio garapenaren bitartez. Orduan, XIX. mendeko galderak (eta nire *koanak*) oihartzuna aurkitzen du XXI. menderako galdera batean (eta beste *koan* batean): espezie baten konplexutasuna presente al dago haren eboluzioaren historian?

Niretzat, eta espero dut irakurlearentzat ere hala izatea, bi galderok, *koan*aren misteriora birmoldatuak, irudimen zientifikozko ahalegin bat egitera behartzen naute. Tai Chia milaka urteko arte martziala eta meditaziorako espazioa da, eta haren gauzatze fisikoa «Forma»

izenpean ezagutzen da; ba Tai Chi praktikaren dinamikak eta sinbolismoak *koan* moduan ere joka dezake, eta konplexutasun biologikoaren bidean agertzen diren zenbait zoko ezku begizatzen lagundu diezaguke. Hala ere, ez dago gauza artifizialagorik *koan* bati logika eta arrazoibide zientifiko erantzuten saiatzea baino. Hori dela eta, metafora gisa erabiliko dugu Tai Chia, organismoen konplexutasunaren alderdiak gogora ekartzen dituen arte ekintza/adierazpen gisa. Aukeraketa hori Tai Chi praktikaren izaera kontzeptual sakonak zuritzen du, formak eta sinboloak baititu espazioan dabilzanak lau puntu kardinaletara apuntatuz etengabe zirkuluak eginez. Mugimendu bakoitza inguruko espazioaren ekuazio bat da, lurterra denaren eta zerutarra denaren arteko erlazioaren eredu konplexu bat. Emaizta osotasun konplexu baten buru-antolamendua da, Formaren konplexutasunaren buru-antolamendua. Mugimenduak serie diskretu batetik abiatzen dira, eta haien konbinazioak espazio harmoniatsu bat sortzen du, zeinean praktikatzailearen gogoak ihes egin baitezake bere burua bilatzeko. Espazio diskretu horren eratzeak iradokitzen du zenbait puntu komun daudela berezko morfoespazioaren antolamenduarekin.

BEREZKO MORFOESPAZIOA KONPLEXUA  
ETA DISKRETUA DA, FORMA BEZALA

---

Munduaren eta, bereziki, organismoen eta fenomeno ebolutiboen konplexutasunaren inguruko auziak aukera ematen du gogoeta egiteko antolakuntza morfologikoaren sorreraren inguruan. Tai Chi praktikatzaile eta irakasle naizen aldetik, kontu horrek gogora ekartzen ditu, gainera, artearen begiradari hurbiltzen zaizkion beste zenbait kontu. Tai Chi praktikatzaileak artistak eta zientzialariak bilatzen duten gauza bera bilatzen du. Haren barne premiak —mugimendu bakoitzarekin bilaketa pertsonaleko bidaia bati ekiten diona— eta milaka urteko praktika horren mugimendu mantsok ulertzeko haren jakin-minak bultzatu egiten dute harmonia fisikoa bilatzera espazioan hartutako posizio zehatzen bidez. Tai Chi praktikan gorputzaren parte mugimenduek (berariaz mantsok, praktikatzen ari denari meditazio egoera bat ahalbidetzeko moduan) hiru harmoniaren jolas bati erantzuten diote: esku/oin, belaun/ukondo eta aldakak/sorbaldak, une bakoitzean giza gorputzak eskaintzen duen osotasunaren antolakuntza/forma alorreko koherentziari eusten diona. Horren ondorioz, Formaren konplexutasuna mugimendu koordinatu horiek erakusten dituzten harmonietan aletu daitekeela esan liteke. Ez da hala, horratio: parte azterketa horrek ezin dezake osotasunaren konplexutasunaren berri eman, praktikatzailearen nahitakotasunak mugimenduaren behaketa sinpletik ezin ondoriozta daitezkeen esanahiak sortzen dituelako. Gehiago ere bada go: mugimendu bakoitzak —64 dira Yang estiloko forma luzean— bere

sinbolismoa gordetzen du, erlazionatzen duena natur objektu batekin (hodeiak, eguzkia, ilargia, haizea) edo animalia batekin (tigrea, tximua, oilarra edo hartza) edo landare batekin, hala nola lotoa. Eta hori nahikoa izango ez balitz, Tai Chia era kolektiboan praktikatzeak banako bakoitza beste osagai bat bihurtzen du, gorputz baten zelula bat balitz bezala, eta haren mugimenduek sinkronizatuta egon behar dute gainerako praktikatzaileenekin, harmonia perfektuzko makroegitura bat sortuz. Konplexutasuna gizabanakoaren nahitakotasunetik sortzen diren printzipio oinarritzko eta mugatuetatik sortzen da.

Forma organikoaren kasuan nahitakotasun hori ez dago. Eboluzio alorreko zenbait murrizketari erantzuten dio bakarrik, eta garapenearen dinamikari lotutakoei. Organismoen konplexutasunak eta haiek eboluzio prozesuan zehar bereganatu dituzten forma ugariak —anitzak baina ez infinituak— ez dute nahitasunari (teleologiari) lotutako helbururik, Tai Chi mugimenduetan bezala, baizik eta soil-soilik motibo sortzaile bati erantzuten diote: enbrioi garapenean organismoa eratu arte txirikordatuz eta haziz doazen egiturak eratzea. Dinamika horretan gertakari hierarkia bat gertatzen da, ikusiko dugun bezala eten sorta baten mendean dagoena. Dinamika horren eta permisiboa denaren eta murriztailea denaren arteko oreka horren azken ondorioa forma diskretuak dira espazioan: konplexutasun guztiak ez dira posibleak. Morfoespazioaren diskretutzea esaten diogu horri. Forma guztiak posibleak ez diren bezala, eraldatze guztiak ezin eutsi diezaiokete dinamika ebolutibo bati. Eta organismoen substratu jaraungarria (adenina, guanina, zitosina eta timina oinarrien segida) gutxi-asko ausaz alda badaiteke ere, eta konplexutasun genetiko ia mugagabeak eratzten lagundu, geneak proteina funtzioaletan kodifikatzea askoz murriztaileagoa da. Eta metazoo baten (zelulaniztun organismo baten) zelula alorreko jokabidea are murriztaileagoa da, eta oraingoan bai, adibidez eskuak hodeiak bezala mugitzean (Tai Chi mugimendu tipikoa) topatzen ditudan murriztapen fisiko orokor berdinen mendekoa. Horrenbestez, forma organikoak era diskretuan eboluzionatzen du, eta proteinen funtzionamenduaren murriztapen kimiko eta fisikoeekin zein nola zelulak osatzen dituzten molekulen hala ehunak osatzen dituzten zelulen —eta horrela jarraituz banakoa eratu arte— murriztapen estrukturalekin zerikusia duen logika sortzaile bati erantzuten dio.

#### HIERARKIA SORTZAILE ESTRUKTURALA EZ DA JARRAITUA

Bai denbora eskalan bai espazio eskalan, bizitzaren fenomenoak gutxienez hamar magnitude ordenatan agertzen da. Konplexutasuna sortzeko aukerak, beraz, oso handiak dira. Bizitzaren fenomenoak sortzen

den eskala horietaz gain, badago bereizgarririk antolamendu biologikoan, halako antolamendu hierarkiko bat, «blokeen barruko blokeena» esan geniezaiokeena, zeinean osagai txikiak osagai handiagoen parte baitira, atomoetatik hasi eta banako, populazio, tribu, espezie eta bestelako maila taxonomiko gorenetaraino. Badago hierarkia sortzaile bat, konplexutasun biologikozko mailak sortzen dituzten prozesu dinamikoak kontuan hartzen dituena, eta parteen hierarkia bat, murriztaileagoa dena, antolamendu biologikoa kutxa errusiar segida baten modura aurkezten baitu.

Bereizketa hori garrantzitsua da. Premisa murriztaileen mende, organismoak parteak eta haien elkarreraginak bezala deskriba daitezke. Paradigma horren barruan ideia bat topatzen dugu: biologia oro har biologia molekularra murriztu daitekeela, eta biologia molekularra fisikara zuzenean. Batzuetan datu biologikoekin batera zailak diren jauzi kontzeptualak egitea izaten da horren ondorioa. Paradigma organizistaren arabera, ordea, organismoen osagaien bereiztea egitean mailen artean sortzen diren ezaugarrietara iristeko (eta haiek ulertzeko) aukera galtzen dela ulertzen da. Biologia parteen barruko parteek osatutako zerbait bezala ikusteak jakintzat ematen du antolamendu maila bakoitzerako arau konbinatorio espezifikoak daudela. Eskuarki buru-antolamenduko arauak esaten zaiena da. Antolamendu mota honen deskribapen klasiko baten arabera prozesu horretan parte txikiak nonbait kokatu eta pilatzen hasten dira parte handiagoak eratu arte. Adibidez, atomoek molekulak osatzen dituzte, molekulek parte azpizelularrak osatzen dituzte, parte azpizelularrek zelulak osatzen dituzte, zelulek ehunak osatzen dituzte, ehunek organoak osatzen dituzte, eta horrela jarraitzen da gizakiarengana iritsi arte. Deskribapen horrek azken batean lerro jarraitu bat marratzen du atomoen eta organismoen artean. Analogia egiten da halaber konplexutasuna murrizteko espezietatik populazioetara, talde sozialetara, famili taldeetara, gizabanakoetara, eta abar, eta abar, atomoetara iritsi arte. Hierarkia sortzaileak, alderantziz, auzi interesgarri bat uzten du agerian: hierarkian gora mugituz goazen ahala, atomoetatik espezietaraino, etenak aurkitzen ditugu, antolamendu maila gorago batean osagai bat sortzea jada ezinezkoa den haustura puntuak. Nola sortzen dira, orduan, antolamendu maila berri horiek? Funtsean ez dira osagai oinarrizkoagoetatik sortzen, baizik eta hierarkia hautsita dagoen gunetan mailak eratzen dira prozesu errepikari eta autonomo gisara. Hori gertatzen da bai enbrioi garapen eskaletan bai eboluzio eskaletan. Sorrera errepikarizko lau maila topatzen ditugu: genoma, zelula, organismoa eta espeziea (diagraman ilustratua). Lau maila horiek ezin gerta daitezke oinarrizko parteen elkarretaratze gisa (nahiz eta parte horiek osatzen dituzten), egiturak berak eskaintzen duen aurretiko txantiloia behar dute beste osagai bat sortzeko. Genomak existitzen diren genometatik eratzen dira; polimerasek gauzaturako erreplikazioaren bidez, zelulek zelula berriak sortzen dituzte mitosiarren bitartez, banakoak ugaltzen dira beste banako batzuk eratzeko eta

espezieak sortzen dira aurretik zeuden espezetatik abiatuta. Hierarkia sortzailea fenomeno guztiz biologikoa da, lurrean bizitza agertu zenetik bakarrik identifika daitekeena. Lehen genoma edo lehen zelula edo lehen banako edo lehen espeziea eratu zenetik, hierarkia sortzaileak jardunean jarraitu du gaur egun arte, eta halaxe jarraituko du gure planetan bizitza dagoen bitartean. Beste hitzez esanda, bizitza buru-betikotu egiten da antolamendu maila diskretu desberdin (bir) sortzen dituen kontinuum batean.

DIALEKTIKAK MUNDUAREN  
KONPLEXUTASUNA SORTZEN DU

---

Taoren antzinako tradizioan, munduaren konplexutasuna kontrakoen konbinaziotik abiatuta eraten da: printzipio aktibo/betearen (Yang) eta printzipio pasibo/hutsaren nahasketa desberdinek «10.000 izaki» izenekoak sortzen dituzte, duela zenbait milurteko txinatar ezagutzaren ikuspegitik ikusitako bioaniztasunaren inguruko ezusteko kopurua. Sinestezina badirudi ere, betearen eta hutsaren arteko konfrontazio hori «ezerezean» (Wu chi) hasten da, zeina Tai Chiren bidez nola Yina hala Yanga sortzeko gai baita. Tai Chi sinboloak, zirkulu zuri-beltz ezaguna, erdialde bakoitzean zirkulu txiki osagarri bana daramana, betea den guztiak hutsa eduki eta hutsa den guztiak betea eduki dezan eragiten duen nahasketa edo konbinazio hori adierazten du. Konbinazio horretatik sortzen dira trigramak eta hexagramak sortzen dituzten osagaiak: lerroak dira, jarraitu edo eten moduan agertzen direnak Yang edo Yin izan, eta zeroak eta batak balira bezala konbinatzen direnak, halako kode binario bat, *Aldaketen liburua* edo *I Ching* delakoan betekotutako mundu bat adierazten duena.

Fenomeno biologikoan «konplexutasunera» eramaten duten bi-deak antolamendu eta buru-antolamenduzko dinamiketarik pasatzen dira, banakoa eratu arte integratuz doazen molekula eta zelula eskalatan. Banako eskalatik haratago badaude beste antolamendu eskala batzuk, banakoen elkarrenginetik abiatuta sortzen direnak lurraren Biosferak barne hartzen duen guztia osatu arte. Lurrean bizitza sortu zenetik joandako gutxi gorabehera 4.000 milioi urteetan eboluzio biologikoak milioika espezie sortu ditu, eta haietatik gehienak galdu egin dira. Eraldatze genealogikozko prozesu horrek jardunean iraun zuen zelulabakarreko bizitza nagusi zen hasiera batetik, 3.000 milioi urtez gutxi-asko, azken 1.000 milioi urteetara iritsi arte, bizitzak Kanbriarraren erradiazioan, duela 500 bat milioi urte, gailurra jo zuen bioaniztasuneko eztanda jasan zuenean. Harrez geroztik, dinamika ebolutiboaren jarduera etengabea gorabehera, ezer gutxi asmatu da izaki bizidunen «plan estrukturalak» esaten zaienei dagokienez. Gauza batek argia dirudi: dinamika ebolutiboak zenbait konplexutasun sortu

ditu denbora horretan guztian. Bitxia badirudi ere, zelula-bizitzaren agerpenetik bioaniztasunaren kanbriar erradiaziora, «sinpletik» «konplexura»ko areagotzeak balio handitze zuzena dirudi, ez-lineala eta etena izan arren.

Organismoen biologia eta haien eboluzioa egituraren eta funtzioaren, baita informazioaren mantenimendu eta eraldatze sistema baten, genomaren, arteko elkarrizketa baten mendean daude. Egiturak forma, tamaina eta materia hartzen ditu barne, eta funtzioa, berri, egitura horiek gauzatutako ekintzei dagokie, bi motatakoak izan daitezkeenak: organismoaren egonkortasun eta barne adostasuna mantentzeko ekintzak eta ingurunearen erronkei erantzuteko ekintzak. Lehenak hertsiki biologikoak dira —hala nola, epitelio bateko zelulen artean gertatzen diren indarrak guruin baten osotasunari eusteko—, baina bigarrenetan aukera asko eskaintzen dira, funtzio biologikoetatik hasi, hala nola janaria lortzea edo kopulazioa, funtzio sozial eta kulturaletaraino, hala nola bikotea bilatzea edo musika tresna bat jotzeko trebezia.

Naturan, iradoki dugu hierarkia sortzaileak nola eratzen duen konplexutasuna erreplikazio printzipio errepikariei esker. Konplexutasunaren sorrera kontrakoan arteko elkarreragin gisa agertzen duen metafora analogia hutsetik harago doa. Izaki bizidunengan, funtsean, bitariko banaketak gertatzen dira, existitzen dena ia akatsik gabe errepikatzen dutena, hartara etorkizuneko eraldaketei abiapuntu bat eskainiz. Bizitzaren konplexutasunaren osagai tipikoena, genoma, printzipio pasibo bat da —Yin—, enzima-konplexuen premia duena, printzipio aktiboa bera —Yang—, agerian agertzeko, nola bitariko erreplikaziorako hala proteina bihurtzeko. Banaketa zelularren agerpenak dena bi erditan banatu zuen eta organismo zelulaniztunen bioaniztasuna sortzea ahalbidetu zuen itsaskortasunezko mekanismoei esker, eta dinamika hori errepikatu egiten da enbrioi batek bere ibilbideari ekiten dion bakoitzean, ernaldutako arrautzaren lehen banaketatik abiatuta. Banakoek eta espezieek banatze-eredu horri jarraitzen diote, eta denboran barrena aldaketa ahalbidetu. Ontogenia eta filogenia etengabe ari dira konplexutasun biologikoaren bideak ibiltzen. Eboluzioa ez da gelditzen, dinamika hori baliatzen duen bizi-printzipio bat da. Munduaren konplexutasuna marrazten duen forma mugimendu betiereko bat da. Tai Chia bezala.

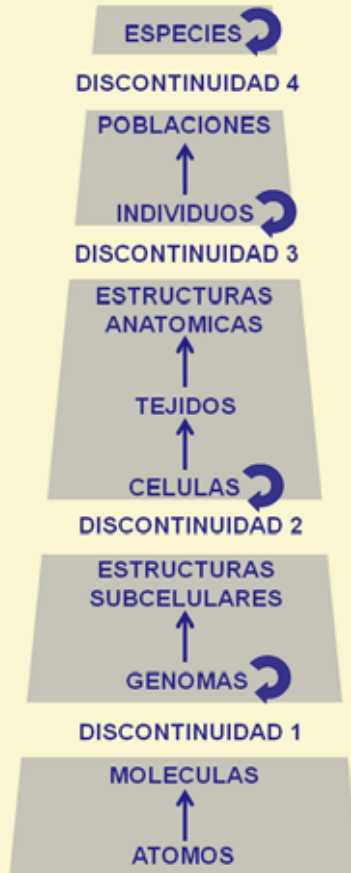
## Erreferentziak

Rasskin-Gutman D, Esteve-Altava B., 2009. «Modeling Evo-Devo: Broken Hierarchies and Multiple Scales of Organization and Complexity» In: Robert M. Sinclair, Klaus M. Stiefel, (ed.) *Multiscale Phenomena in Biology: Proceedings of the 2nd Okinawa Conference on Mathematics and Biology*. AIP Conference Proceedings 1167: 43-56.



DE LA SERIE «TAI CHI» BILDUMATIK  
ABEL RASSKIN  
2009





-1. DIAGRAMA-  
KONPLEXUTASUN SORRERAREN ETENAK  
HIERARKIA BILOGIKOAN

-DIAGRAMA 1-  
DISCONTINUIDADES DE LA GENERACIÓN  
DE COMPLEJIDADES EN LA JERARQUÍA BIOLÓGICA

