

*The*  
ARTWORK  
*as*  
*a* LIVING  
SYSTEM

CHRISTA SOMMERER & LAURENT MIGNONNEAU

Artelana sistema bizidun gisa

*Karin Ohlenschläger*

### **Sarrera**

Christa Sommerer-ek eta Laurent Mignonneauk 1996an argitaratu zuten lehen aldiz *Artea sistema bizidun gisa*<sup>1</sup> kontzeptua, Machiko Kushara-rekin batera idatzi zuten saiakeraren izenburu gisa. Ideia hori funtsezko elementua da beren obra artistiko osoan eta egungo atzera begirakoaren *leitmotiva* da.

Ikuspegi horretatik abiatu nahi nuke, bi artisten epe luzerako lana zehatzago aztertzeko, ikuspegi zientifiko eta artistiko batetik bizitzaren interpretazioaren testuinguru zabalagoan. Aurrerago ikusiko dugunez, bizitza ezin da entitate bakartzat hartu, diskurtsoari ikuspegi

askotatik eragiten dion entitatetzat baizik. Itsuen eta elefantearen arteko enkontruaren parabolan bezala, diziplina bakoitzak animalia handiaren zati bat deskribatzen du, hain zuzen, ulertu ahal duena edo bere ezagutza-eremuarekin bat datorrena. Aitzitik, neurrigabekeriaren edo nolabaiteko nahasmenaren ideiak batzen ditu ia diziplina guztiak, orain, lehen bezala, ezin baita beti zehaztu bizitza non edo zein une zehaztetik aurrera har daitekeen halakotzat. Diskurtsoari dagokion zehaztugabetasun horretan sakontzeak aukera emango du bi artisten obraren irismena hobeto ulertzeko.

Beren testuetan, biologiaren, zibernetikaren eta bizitza artifizialari (BA) buruzko ikerketaren eremuko ikuspegi ugari aipatzen dituzte. Bizitzaren azterketan hainbeste eztabaidatu ez diren jarrera batzuk gehitu nahi dizkiet horiei, eta ezagutzaren beste eremu batzuk sartu nahi ditut, hala nola biokomunikazioa eta teoria endosinbiotikoa.

Horretarako, lehenik eta behin, labur-labur deskribatuko dut bizitza kontzeptuak historian zehar zientziaren eta artearen esparruan izan duen bilakaera, eta, ondoren, bi artisten lanen oinarri diren bizitzaren kontzeptuak identifikatuko ditut.

## **Begirada bat bizitzaren kontzeptu kognitiboari**

Bizitza edo *Urtopos* gisa identifikatzen denaren ideia etengabe aldatu da natura-zientzien garapenarekin batera. Hasieran, dena animatua eta biziduna zela uste zen, hala izarrak nola harriak. XVII. mendeko pentsamendu mekanizistarekin, kontzeptu honek 180 graduko bira eman zuen, espiritua eta materia kategorikoki banandu zirenean. Ikuspegi materialistak bere horretan jarraitu zuen, eta, harekin batera, gizakia makina gisa<sup>2</sup> eta bizitza fenomeno fisiko huts gisa hartzen zuten ideiek ere bai.

Artean zein zientzian, batez ere XVIII. mendetik aurrera, bizitzaren osagaien ikuspegi eta sailkapen morfologiko bat aplikatu zen, ikuspegi mekanizista edo ikonografiko batetik. XIX. mendean, denboran oinarritutako prozesuez hitz egiten zen, hala nola garapenaz, herentziaz eta eraldaketaz. Era berean, harreman-sare ulergaitz bat aurkitu zen bizitzaren faktore organiko eta ez-organikoen artean<sup>3</sup>. XX. mendean hasieratik, bizitza materia, energia eta informazioaren interakzio kodetutzat hartzen duen ikuspegia da nagusi. Premisa horri dagokionez, bizitza prozesu zibernetiko, termodinamiko, metaboliko, kognitibo eta komunikatiboen sistema konplexu gisa ulertzen da.

Bizitza prozesu auto-antolatzaile, -mantentzaile, erreproduzitzaila gisa, hau da, autopoietikoa eta kognitibo gisa<sup>4</sup> hartzeko ideia berriz zabaldu zen XXI. mendean, eta datu biologikoak tratatzeko sistema bihurtu zen. Orduetik aurrera, «algoritmo biokimiko eta elektronikoen sare bat da, muga argirik eta banakako zentrorik gabea»<sup>5</sup>. Ikuspegi hori zibernetikan<sup>6</sup> eta beste arlo batzuetan egindako aurkikuntzen emaitza izan zen, zeintzuen ustez informazioak ahalmena ematen baitu etorkizuneko gizarteak egituratzeko. Giza genoma deskodetu eta sekuentziatu aurretik ere, Manfred Eigen-ek (1927-2019) jakin zuen informazioa materiaren ezaugarri molekular bat dela<sup>7</sup>. Orduetik, informazioaren teknologia ordenagailuen mundu digitaletik haratago hedatu da, eta gero eta gehiago barneratu da gorputzean bertan.

Gaur egun, datuen tratamendu elektronikoko prozesuek gero eta gehiago kodeterminatzen dituzte osasuna eta medikuntza. Horrela, bizitzaren *softwarea* kontrolatzeaz gain, zuzendu eta aldatu ere egiten da.

Ikuspegi guztien gutxieneko izendatzaile komuna da denboran oinarritutako prozesu itzulezinek bizitza zehazten dutela<sup>8</sup>, eta, gainera, bizitzak funtsezko ezegonkortasuna duela bereizgarri. Egonkortasuna eta oreka lehen aldiz sortzen dira bizitzak existitzeari uzten dion unean, heriotzan. Kosmosean bizitza posible bat bilatzen duen astrobiologiatik hasi eta maila subatomikoan bilatzen duen biologia kuantikora, aukera ugari aurkituko dugu termino horri heltzeko. «Bizitzaren» definizioen bilakaera eraldatzaile eta amaigabea kontuan hartuta<sup>9</sup>, artelan batek sistema bizidun bat zenbateraino gorpuztu dezakeen galderarekin aurrez aurre jartzeko aukera hartzen dugun terminologiaren arabera da. Bizitzaren zer kontzeptu den artelan bakoitzaren oinarria argitzeak neurri handi batean lagundu dezake haren esanahia ulertzen.

## **Artea eta bizitza**

Bere historiaren hasieratik, artea bizitzaren inguruan ibili da. Hasiera batean, bizitza denaren edo izan zitekeenaren irudimen intelektual eta sinbolikoak bat egin zuen haren forma, kolore eta materialtasunaren irudikapen mimetikoarekin. XVIII. mendean ondo sartuta egon arte, lehen lerroan egon zen naturaren ahalik eta kopia estatikorik zehatzena lortzeko interes aktiboa.

Are gehiago, garai hartan, Jacques de Vaucanson-en (1707-1782) ahate, txirulari eta danbolindariaren irudi mekanikoetan, bizitza artifizialaren ideia oso ezaguna zen. Beste horrenbeste esan daiteke Pierre Jaquet-Droz (1721-1790) idazle mekaniko, marrazkilari eta organistaz.

Garai erromantikoan, gero eta subjektibotasun handiagoarekin, giza formen, animalien eta landareen mundua nahastu zen irudikapen atmosferikoekin eta barneko emozioen adierazpenekin. Aire, argia eta mugimendua ere, pertzepzio-printzipio berrien elementu iragazkor gisa, Impresionismoaren funtsezko elementuak izan ziren. Azkenik, zinemak mugimenduan jarri zuen irudia eta saiatu zen bizitzari heltzen narrazio- eta garapen-egitura berrien bidez. Horrela, XIX. mendearen amaieran, bizitzaren ezegonkortasun- eta eraldaketa-prozesuak mimetikoki irudikatu ahal izan ziren lehen aldiz.

XX. mendearen hasieran, kubistek artea askatu zuten, ikuspegi nagusi batetik hartutako orientazioarekin zuen obsesiotik. Ezagutzaren errealitate berrien aurkikuntzak eta haietan murgiltzeak<sup>10</sup> errealitateen esplorazio abstraktua ekarri zuten, eta dadaistek, futuristek eta surrealistek hainbat generotan agortu zuten. Errealitate berri horiek ezin ziren atzeman ikusmenaren bidez, baina prozesu kognitiboen bidez eskura zitezkeen. Fisika kuantikoa, erlatibitatearen teoria eta psikoanalisi, konfrontazio artistikoen katalizatzaile gisa, espazioaren eta denboraren, materiaren eta energiaren, psikearen eta adimenaren barneko egiturez eta funtzioez arduratu ziren.

Aldi berean, eskultura mugikorrek sortu ziren, argiaren, haizearen eta elektrizitatearen bidez animatuak. Marcel Duchamp (1887-1968), Vladimir Tatlin (1885-1953) eta Lázló Moholy-Nagy-ren (1895-1946) lehenbiziko argi eta mugimenduzko objektu zinetikoek iragartzen zuten are handiagoa izango zela borroka motorren bidez mekanikoki animatutako artearekin. Nicolas Schöffer-ek (1912-1992), 1950eko hamarkadako bere lan zibernetikoetan, are gehiago garatu zituen Konstruktibismoaren eta Arte Zinetikoaren elementuak, sinkretismo berri batera iritsi arte. Roy Ascottek (\*1934) arte zinetikoa eta zibernetikoa arte konduktista gisa ere definitu zituen<sup>11</sup>. Sistema irekiak zituen ezaugarri, eta sistema horien osagaiek erreakzionatu egiten zuten barne-konposizioak eta kanpoko inguruneak egindako erronkaren aurrean, eta, hori egitean, etengabe aldatzen ziren oro har: «Portaera duten egiturak, hau da, barruko eta kanpoko inguruneen bultzadari erantzuteko beren zatiak artikulatzen dituzten forma artistikoak»<sup>12</sup>. Orain, artearen eta bizitzaren arteko harreman berria ez dute soilik osatzen mugimenduak eta denborak, harreman konplexuagoak ere bai baitaude, portaera-ereduak, interakzioak eta komunikazioa.

## **Artea eta bizitza prozesu-sistema gisa**

1960ko hamarkadan artea eta bizitza parekatzeko prozesuak<sup>13</sup> garrantzi gehiago hartu zuen ikuspegi politiko, sozial eta kulturaletik. Hala gertatu zen, batez ere, Happenings eta Fluxus mugimenduen performatibitate- eta partaidetza-artean, baita Body Art eta Land Art mugimendu berrietan ere.

Gure gorputzaren ekarpenaren bidez edo beste pertsona, animalia, landare, onddo edo bakterio batzuen parte-hartzearen bidez, arteak eta bizitzak berdinak izan behar zuten. Hala gertatzen zen, esaterako, haragia eta landareak, lizuna eta gorozkiak hazteko eta deskonposatzeko prozesuetan, energia natural eta artifizialen eta substantzia organiko eta ez-organikoen eraginarekin. Aldi berean, artearen eta bizitzaren interfazeak eta mugaldea etengabe birnegoziatzen ziren, eta iragankortasun eta eraldaketa etengabean esperimentatu ahal ziren. Hor, bizitzaren prozesu itzulezinek, material inskribatutako denboraren faktoreak, existentziaren izaera iragankorra irudikatzeaz gain, artearen izaera iragankorra ere adierazten zuten. Hala erakusten dute, adibidez, Piero Manzoniaren (1933-1963) *Merda d'artista* (1961) lan satirikoak, Daniel Spoerri (\*1930) eta Antoni Miraldak (\*1942) deskonposatzen ari diren janari-hondarrek egindako instalazioek, eta Artur Barrioren (\*1945) *Livro de carne* (1978/79) lanak, garai horretako beste obra askoren artean.

Batzuetan, azaleratzen ari ziren adierazpideak —beti hibridoak— nahita desegiten ziren bizitzaren prozesuetan. Material berriek, kognizio-dinamikek eta sorkuntza artistikoaren komunikazioak bat egiten zuten gorputzean, eguneroko bizitzan, espazio publikoan eta paisaian. Aldi berean, artistek askatu egiten zituzten beren artelanak itxia eta bere baitan jaso den obra baten eksklusibotasunaren esparru estutik —zentzun bikoitzean—. Beren proiektuek gero eta gehiagotan eratzen zituzten sistema irekiak, sozialak, politikoak eta ekologikoak, zeintzuek, interakzioko faktore berriak sortuz, agerian jartzen zuten hainbat

eragileren batasun inklusiboa. Jack Burnham-ek (1931-2019)<sup>14</sup> sortutako Sistemen Artea (System Art) terminoak definitzen duen adierazpen-modua harreman-eremu irekietan sortzen, hazten eta eraldatzen da.

Ingurumen-gaiekin eta sistema ekologikoekin lotura duten proiektu artistikoak ere garai horretakoak dira. Testuinguru horretan, intsektuak, arrainak eta landare biziak lan artistikoen funtsezko elementu bihurtu ziren, hala nola Luis Benedit-en (1937-2011) *Microzoos* (1968) eta Biotron (1979) serietan eta Hans Haacke-ren (\*1936) *Rhinewater Purification Plant* (1972) instalazioan.

1970eko hamarkadan arte konputazionalak lehen sistema grafiko sortzaileak garatu zituen. Algoritmoetatik abiatuta garatutako unitate modularrez osatuta zeuden, eta horien konbinazioak gero eta konfigurazio konplexuagoetara jo zuen modu autonomoan. Hortik sortu ziren halabeharrak moldaturiko ezin aurreikusizko formak, azalerak, bolumenak eta portaera-ereduak, gero animazioetan mugitzen eta bilakatzen zirenak.

1970eko eta 1980ko hamarkadetako arte konputazional autonomoko eta sortzaileko sistemen ondoren —horien artean ditugu Louis Bec (\*1936), William Latham (\*1961) eta Yoichiro Kawaguchi-ren (\*1952) lan aitzindariak, Sommerer eta Mignonneaurengan eragin bereziki inspiratzailea izan zutenak<sup>15</sup>—, 1990eko hamarkadako arte mediatiko interaktiboa iritsi zen. Publikoak artelan irekiaren garapenean aktiboki parte hartzea eta esku hartzea zuen ezaugarri. Arte-mota honek algoritmoa baino zerbait gehiago behar du proiektu baten egitura eta funtzioa, aurkezpena eta bilakaera lortzeko. Interfazeak —gizakia makinarekin lotzen duen elkargune zehatzak— ere garrantzia hartu zuen, obraren sormen-elementu gisa. Era berean, publikoa eta horrek proiektuarekin duen zuzeneko interakzioa erabakigarriak dira zoriaren araberako prozesuetan, elementu deterministekin bat egiten baitute. Bestalde, kasu askotan interakzioa ezinbestekoa da artelana ikusgai jartzeko eta publikoak harekin esperimentatu ahal izateko. Interakzio hori Sommerer-en eta Mignonneauren 1992ko lehen obra elkarreragileetan ere ikus daiteke.

## **Sommerer eta Mignonneau**

Bi artistak elkarlanean hasi zirenean, Bizitza Artifizialaren (BA) kontzeptua sortzeko prozesuan zegoen, zientzia eta artearen ikerketa-eremu berri gisa. 1987an, Christopher Langtonek honela definitu zuen BA: «sistema bizidun naturalek dituzten portaera artifizialen azterketa. [...] Biologiaren oinarri empirikoa zabaltzean Lurraren gainean eboluzionatu duen karbonoan oinarritutako bizitzatik haratago, Bizitza Artifiziala lagungarria izan daiteke biologia teorikoan, bizitza ezagutzen dugun moduan kokatzeko bizitzaren irudirik zabalaren barruan izan litekeen moduan»<sup>16</sup>. Era berean, 1990 eta 2003 bitartean giza genoma deszifratu zuten, eta horrek eragina izan zuen bizitzaren arkitekturari buruzko ezagutza berritzaileetan, eta, ondorioz, zientzia formal eta naturalen arteko diziplinarteko lankidetzak premia berria hartu zuen.

Bi artisten instalazio interaktiboan diziplinarteko ikuspegia, une horretan, aurretik

eskuratutako prestakuntzan islatzen da. Vienako Arte Ederren Akademian trebatu aurretik, Sommerer-ek biologia ikasi zuen. Eta Frankfurtoko Städelschule-ko Medio Berrietarako Institutuan elkar ezagutu baino lehen, Mignonneau ikus-entzunezko artean eta programazioan espezializatua zen.

Sommerer eta Mignonnearen paisaia eta ekosistema berri, birtual eta bakanez, etengabe goraka doazen paisaiek, beren eragina hedatzen dute ordenaren eta kaosaren tentsioan, programatutako eta ezin aurreikusizko gertaeraren tentsioan. Landareen, intsektuen, pertsonen eta makinaren harremanekin egindako ehun ireki eta performatiboez osatuta daude, edo, bestela esanda, silizio- eta karbono-agenteen sistema interaktiboak dira. Aldi berean, kasu bakoitzean, sare hori bizidun gisa definituko genukeenaren zati bihurtzen da.

A priori, artelan horiek sistema biziduntzat har litezke, beren osagai guztiek elkarreragiten, komunikatzen, aldatzen eta eboluzionatzen baitute. Aldi berean, bizitza osatzen duenaren mugak zalantzan jartzen eta zabaltzen dira etengabe.

Hala, hasiera batean ez du garrantzirik elementuak artifizialak edo organikoak izateak. Lynn Margulisen (1938-2011) hitzetan: «Biosferaren ikuspegitik, makinek DNAREN estrategiarik berrienetako bat dute antzinako autopoiesia hazi, jarraipena izan eta garatzeko. [...] Makinak gizakien mende daude, eraikitze eta mantentzeko, baina itxuraz hori ez da argudio garrantzitsua haien eboluzio-ahalmenaren aurka»<sup>17</sup>.

Horrela, Margulisek gizakiaren eta makinaren, artifizialaren eta naturalaren nozio dualistak identifikatzen ditu, eredu kontzeptual anakroniko gisa. Besteak beste, printzipio kartesiarrak ezin baititu bete gaur egungo esperientziaren eta ezagutzaren sorkuntzaren eskakizunak eta konplexutasuna.

Jakina, hemen berehala agertzen dira bizitzari buruzko ezagutza osoari forma eman dioten galderak: non hasten da eta non ditu mugak? Non koka dezakegu zehazki bizitza organikoaren eta artifizialaren edo sistema irekien eta itxien arteko elkargunea?

Testuinguru horretan, ondo jakin behar dugu Sommerer-ek eta Mignonneauk lantzen dituzten tresnak mekanika kuantikoa erabiltzen duten teknologietan oinarritzen direla. Elektronika digitalaren eremu osoa fisika kuantikoaren ezagutzetan oinarritzen da. Hemen, bereizketa ez da «edo-edo» bipolaritatea. Izan ere, partikula txikien mundua «biak/eta» da. Azken hori bat dator Werner Heisenbergen (1901-1976) ziurgabetasun-printzipioarekin eta Nils Bohr-en (1885-1962) osagarritasun-printzipioarekin, baita Erwin Schrödinger (1887-1961) fisikari kuantikoaren katu bizi eta hilaren eredu kontzeptualarekin ere<sup>18</sup>.

Schrödinger-ek «Zer da bizitza?» izeneko hitzaldi-sorta eztabaidatua eman zuen Dublingo Trinity Collegen 1940ko hamarkadan. Baina ez zen arduratzen historiaren harreman sistematiko eta ebolutiboez. Horren orde, zelulen mikrokosmosa eta haien interakzio subatomikoak interesatzen zitzaizkion: mundua ez, baizik eta organismo bizidunak bere esparrurik intimoenetan bereizgarri zuen guztia eta hura loturik zuena.

1940ko hamarkadatik aurrera, beste fisikari eta matematikari batzuek ere proiektu interesgarriak egin zituzten bizitzari buruz. John von Neumannek (1903-1957) automata autoerreplikatzaileen teoria garatu zuen 1953an. Laguntza eman zuen 1950eko hamarkadan adimen artifiziala garatzeko, eta 1980ko hamarkadan BAren diskurtsoa sustatzeko.

Bizitzaren jokoan, 1970ean, John Horton Conwayk (1937-2020) matematikoki kalkula daitekeen bizitzaren lehen simulazioetako bat programatu zuen. Bere automata zelular bidimentsionalak bizitzaren mikrokosmosaren portaera, garapena eta aldakortasuna imitatzen zituen, eta inspirazio-iturri izan zen Christopher Langton (\*1949) biologo teorikoarentzat. 1986an, Langtonen inurriak, Turing makina bidimentsionalak, arau errazak erabiltzen zituen egitura ordenatuen garapena marrazteko, zeintzuek sistema kaotiko-konplexu bihurtu arte eboluzionatzen zuten. Biek erakusten eta kalkulatu zuten bizitzaren garapena, eredu simple batetik jokabide konplexu bateraino.

Fisikaren, matematikaren eta BAren ikerketaren aurkikuntza aitzindari horiek guztiek erakusten dute bizitzaren *Urtoposaren* diskurtso bukatugabea, bere definizioaren amaiera oro ukatzen duena. Aldi berean, aztertu den eta aztertuko den guztiaren jatorrizko matrizea da bizitza, etengabe presente dagoena. Dena zehazten duen presentzia baten anbiguotasuna eta logikoki ulergarria den azken definizio baten aldi bereko ukapena nabariak dira bi artisten instalazio interaktiboetan, baita azken esperimendu mekaniko kuantiko, matematiko edo biologikoei buruzko ezagutzarik ez duten bisitariarentzat ere. Azken finean, Sommerer-en eta Mignonneauren obren boterea BAren ingurunean agertzen da, hala dimentsio birtualean, nola presentzia sentsitibo integral eta ukigarrian. Bi artistek BA erabiltzen dute helburu eta bitarteko gisa, bizitza zer den edo zer izan daitekeen modu zabalagoan ulertzeko tresna gisa.

Artistek ez dute birtualtasuna erabiltzen errealitatearen aurkari gisa. Aitzitik, haien ustez, naturaren fisika kuantikotik, partikularik txikienarekin bat datorrenaren oinarrizko faktorea da birtualtasuna. Ildo horretan, Heisenbergen ikaslea izandako Hans-Peter Dürr-ek (1929-2014) honako hau dio: «Ordura arte onartutako munduaren orde, 'errealitate' (latinez res = gauza) mekanizista, elementuz betea eta aldi batez zehaztua —Wirklichkeit erreala ('wirkt' egiten duen mundua, hau da, gauzatzen duena edo eragiten duena)— 'potentzialtasuna' izan zen: harreman-sare zatiezina, materiagabea, aldi batekoa eta funtsean zehaztugabea, probabilitateak bakarrik zehazten dituena, ulermen material-energetiko baterako gaitasun bereizia (potentzia)»<sup>19</sup>. Dürr-ek honela jarraitzen du azaltzen: «Elementu materialen/objektu bereizien 'errealitate' klasikoa soilik azaleratzen da potentzialaren bitartekotza arrunt baten bidez, eta, horrela, omni-lotura holistiko bihurtzen da, aldi baterakoa eta funtsean irekia, materiagabea eta banaezina»<sup>20</sup>.

## 1) **Potentzialtasuna**

Sommerer-en eta Mignonneuren proiektu guztien buru dago larrialdiko eta gainbehera potentzialeko prozesu performatiboa. Ildo horretan, batzuetan gainjartzen diren bost obra-sail bereiz daitezke. Aurrenekoak, 1992 eta 1996 bitartean eginak, David Bohm-ek (1917-1992) berezko potentzialtasunaren existentzia gisa deskribatzen duena jorratzen du<sup>21</sup>.

Obra-sail honetakoak dira, besteak beste, *Interactive Plant Growing* (1992), *A-Volve* (1996), *Phototrophy* (1994) eta *Eau de Jardin* (2004).

Potentzialki posiblea denaren gaineko «biak/eta» esperientzia argi eta garbi azaldu zen *Interactive Plant Growing*en, 1992an. Bisitariak intuizioz uzten zuten beren eskuek errege-landare bakoitza laztan zezaten, eta, bitartean, paisaia birtual bat sortzen zen haien aurrean. Hain zuzen, paisaia horrek barne hartzen zituen garo organikoarekin, kaktusarekin, huntzarekin, zuhaitz txiki batekin eta ukitu berria zuten goroldioarekin bat zetozen forma digitalak.

Bisitarien eta landare errearen arteko interakzioak natura digitalaren hazkundera eta eraldaketa baldintzatzen du. Eskuaren mugimenduak eta seinale elektromagnetikoen energiak eta informazioz elikatzen dute sistema. Eta hori aditzera ematen da bolumenen eta mugimenduen bidez, mundu birtualak etengabe eraldatzen instalazioaren proiektio-azaleraren gainean.

Mundu fisikoan, hazkundera eta eraldaketa espazio-denborazko dimentsioetan gertatzen dira, eta giza zentzumenak ez dira beti gai zuzenean hautemateko. Hala ere, ingurune digitaleko algoritmoek izendatzaile komun bat osatzen dute, maila bereko espazio-denborazko eskalak hautemateko. Horrela, bizitzari datxezkion prozesuak —horietako batzuk oso geldoak dira— ikusgarri eta zentzumen aldetik ukigarri bihurtzen dira. Era berean, interakzioan den publikoak kontzienteki ikusten du bere burua esperimendatzen, sistema bizidun baten osotasunaren parte aktibo gisa. Eta multzoko elementu bakoitzak ingurunean ere eragiten duen bezala, zati sistema osoak moldatzen du bakoitzaren garapena. Hori guztia ondo uler daiteke, hala ingurune artifizialetan eta naturaletan, nola digitaletan eta errealetan.

*Interactive Plant Growing* (1992) ez bezala, *Phototrophy* (1994) lanaren ardatza argiaren funtzioa da, faktore bizi-emate eta aldi berean suntsitzaile gisa. Eguzki-sistemaren maila makroskopikoak zelula bizidunen dimentsio mikroskopikoarekin lotzen dituen zirkulazio metaboliko bateko elementua da argia. Sommerer-en eta Mignonneuren instalazio interaktiboan, argi-iturria linterna baten sorta elektromagnetikoak dira, aukera ematen baitute proiektio-azalera baten gainean bizitza artifiziala sor dadin, eta «elikatzen», mugitzen eta ugaltzen baitute. Publikoaren interakzioaren arabera, argi hori suntsitzailea eta hilgarria ere izan daiteke, sortu den bizitza erretzen baitu.



*A-Volve* lanean (1996), formaren, mugimenduaren eta portaeraren arteko erlazioa eta elementu deterministen eta ausazkoen interakzioa ez dira inolaz ere erabakigarriak mundu artifizialak garatzeko. Garrantzitsuena, hain zuzen, mutazioa, oinordetzaren transmisioa eta izaki bizidun artifizialen arteko lehia dira, baita gizakien, makinaren eta izaki artifizialen arteko komunikazioa ere.

Gainera, obrak bizitzaren hasierako uneari heltzen dio. Ahalegina egiten du aurrena zer egon zen galderari erantzuteko: funtzioa edo informazioa (arrautza edo oiloa). *A-Volve* lanean, artistek modu artistikoan konpondu zuten paradoxa hori. Ikusleek hatzak ukipen-pantaila baten gainean jarri eta gainazal lauan irristatzen dituztenean, mugimendua eta irudia *gestalt* bihurtzen dira. Horrela, bada, aurrena mugimendua, hau da, funtzioa, eta gero *gestalta*, hau da, gorputza, (in)formazioa.

Era berean, sistema informatikoak pantaila lauan agertzen den irudia «elikatzen» edo prozesatzen du, harik eta eboluzionatu, eta bere (in)formazioak zehaztutako portaera duen hiru dimentsioko izaki bihurtu arte.

*A-Volve* (1994) laneko mundu birtualean, algoritmoek zehazten dituzte organismo digitalen ugalketa, hazkunde, mutazio eta bizi-itxaropenaren funtzioak ere. Dena dela, azken garapena publikoaren ausazko interakzioaren mende dago. Adibidez, publikoaren arreta zuzenak eta keinuek banakako organismo bakoitzarekiko eragina dute organismoen garapenean eta bizi-itxaropenean, elkarren arteko komunikazio- eta lehia-portaeraren neurri berean.

*Eau de Jardin* lanean, ura bizitza ematen duen eta bizitzari eusten dion elementu gisa aurkezten da.

## **2) Komunikazioa**

BA instalazio-itxurako bigarren obra-sail batean —*GENMA* (1996) eta *Life Writer* (2006) lanen arteko obrak barne hartuta—, Sommerer-ek eta Mignonneauk bizitzaren eta komunikazioaren arteko harremana ikertu zuten. Sail hori Noam Chomskyren (\*1928) biolinguistikari oinarritzen da. 1950eko hamarkadan, Chomsky hizkuntzaren jatorria arakatzen saiatu zen, kode genetikotik hasi eta adierazpide kulturaletaraino. Horren adierazgarri da atzera begirako honetako *Life Species II* (1999) proiektua.

Sommerer-ek eta Mignonneauk hizkuntzaren garapenaren ideia hori birstortu dute obra-multzo batean, konposatu organikoen lau oinarri kimikoetako bakoitza kode bitar bihurtuta. Zeinuen ordena aldakorra, bestalde, bat dator alfabetoko hogeita sei letrekin.

Eskuarki jakina denez, mihiztadura genetikoari dagokionez, bizitzak lau oinarri nukleotido (letra) edo unitate kimiko baizik ez ditu: adenina, guanina, timina eta zitosina. Helize bikoitzean, ordea, A eta T eta G eta C dira egon daitezkeen parekatze bakarrak. Organismo bat beste batetik bereizten duena DNAREN molekula bakoitzeko unitate kimikoen guztizko kopurua eta sekuentzia dira.

Publikoak, Internet bidez edo erakusketa-gune batean dagoen instalazio batean, sistema

baterako sarbidea du, zeinak bisitariek ordenagailu eramangarri batean idazten dituzten hitzak eta esaldiak aldatu, eta organismo artifizialen DNA bihurtzen dituen. Haren forma, kolorea eta mugimendua idazketaren hizkuntza sinbolikoa algoritmoaren hizkuntza matematikora eta, aldi berean, izaki artifizialen kode genetikoetara itzultzearen emaitza dira.

Bizitzaren oinarritzko osagaiek organismo artifizial horien existentzia aurrez zehazten badute ere, kasu honetan, determinismoaren eta zehaztugabetasunaren arteko interakzio askea da, hain zuzen, organismo artifizialen eraldaketan, hazkundean, mutazioan eta ugalketan eragiten duen faktorea.

Norbert Wiener-ek honela deskribatu zuen bizitza: estrukturalki itxia den forma eta homeostasiaren ikuspegitik funtzionalki irekia den sistema: «Zurrunbiloak besterik ez gara etengabe isurtzen den ibaian. Ez gara irauten duten gauzak, betiketzen diren ereduak baizik»<sup>22</sup>. Interakzio esperimentalean, artelan artistikoen erabiltzaileek unitate hori zuzenean esperimentatu dezakete, etengabeko aldaketak gorabehera.

### **3) Inguruneak**

Orain arte, denborak baldintzatutako bizitzaren prozesuak betetzen zuen obren esperientzia hartzailearen lehen planoan, baina hirugarren serieko instalazioak neurri handiagoan dute ardatz bizitzaren dimentsio espaziala. 1999 eta 2010 artean, Sommerer-ek eta Mignonneauk bizitzaren dimentsio molekularretik existentziaren mundu makroskopikora eramanez gintuzten. *Haze Express* lanak (1999) pantaila lau handi bat aurkezten du, abiadura handiko tren baten leihatila gisa, igarotzean ikusten dugun paisaia eskematikoki ezagutzeko aukera ematen diguna. Paisaia horren forma aldatu egiten da garraiobide hipotetikoaren abiaduraren arabera, eta erabiltzaileek bizkortu edo abiadura moteldu ahal dute, pantaila lauaren gainean eskuarekin presio txiki bat eginez.

Instalazio interaktiboak kategorikoki erakusten ditu gure ingurunearen pertzepzioan eta forman izandako aldaketak, interkonektatutako mundu digital batean.

*World Wide Web* asmatu eta hamar urtera sortu zen obra. Internetek eragin iraultzailea izan zuen ingurunearen globalizazioan, trenek eta sareko garraio-sistemek XIX. mendearen hasieran eskualde- eta estatu-inguruneetan izan zuten moduan. Ildo horretan, *Haze Express* lanak (1999) William Turner-en (1775-1851) *Rain, Steam and Speed - The Great Western Railway* (1844) margolan ezaguna ekartzen digu gogora, lainotik eta aurrerapen teknologikoan oinarritutako esperientzia bisual eta fisiko berrietatik sortutako paisaia ere bereizgarri duena. Industria-iraultzara egokitutako ingurunearen gaia areagotu egin zen gero *Industrial Evolution* (2000) instalazio interaktiboan. *Riding the Net* (2000), *The Living Room* (2001) eta *The Living Web* (2002) lanek ulergarri eta ukigarri egiten dituzte iraultza digitalak gure eguneroko kontzientzian dituen inplikazioak.

#### **4) Interfaze**

Sommerer eta Mignonneauren lanen laugarren serieak, *NanoScape* lanetik (2002) *Between the Lines* lanera (2014), interfaze berritzaileen garapena du ezaugarri.

Beren instalazio interaktiboetarako, artistek interfaze berriak garatu zituzten, prozesu nanometriko ñimiñoenen eta giza gorputzaren arteko komunikazio-konexio berriak.

Horretarako, bitarteko tradizionalak —idazmakina zahar bat, irrati-aparatu bat, boligrafo bat edo telefono mugikor bat— interfaze digital bihurtu ziren. Informazioaren bitartekari gisa jarduten zuten giza pertzepziora iritsi ezin ziren existentzia-eskalen artean.

*NanoScape* (2002) lanak, adibidez, aukera ematen dio publikoari prozesu subatomikoak zuzenean hautemateko, teknologia digitalik gabe giza gorputza ez baita gai horiek hautemateko ukimenaren bidez edo bisualki. *Mobile Feelings* (2003) lanak datu biometrikoak transferitzen ditu erabiltzaileen telefono mugikor indibidualen artean, hala nola bihotzaren taupadak eta pultsua. Kamera bidezko jarraipen-sistema batekin, *The Value of Art* (2010) lanak konexioan jartzen ditu ikusleek irudi bati ematen dioten arreta eta sistema informatiko bat. Horrek, era berean, arreta horren datu kualitatiboak merkatu-balioaren faktore kuantitatibo bihurtzen ditu.

Oro har, artistek interfazeen diseinua erabiltzen dute, errealitate-maila desberdinen elkargune gisa. Horrela, komunikazio-prozesu bat diseinatzen dute —eta horretarako bide ematen dute— kode genetikoaren, algoritmo matematikoen, zeinu semantikoen sistemen eta hartzaileen gorputzen artean.

Beren artelanek interfaze berritzaileen garapenaren garrantzia nabarmentzen dute ezagutza ekoizteari begira. Helburua da aukera ematea bizitzaren kodeek harreman hautemangarri bat sor dezaten, hitzaren zentzurik zorrotzenez, harreman ukigarria erabiltzaileentzat.

Biokomunikazioaren diziplinarteko ikerketaren arloko aurkikuntzarik berriek agerian uzten dute interfazeen diseinuak berebiziko garrantzia duela sistema bizidunak hobeto ulertzeko. Arlo horretan, informazioaren trukea aztertzen da, bai zelulen eta organoen barrukoa, bai haien artekoa, baita espezie berdinen, antzekoen eta desberdinen artekoa ere. Günther Witzany-ren (\*1953) azalpenaren arabera, «zelulak, ehunak, organoak eta organismoak komunikazio-prozesuen bidez koordinatzen eta antolatzen dira». Era berean, Witzanyk azpimarratzen duenez, «nukleotidoen sekuentzia genetikoaren antolamendua genoma zelularretan eta ez-zelularretan (biralak) linguistikoki egituratuta dago eta arau batzuk betetzen ditu: konbinatzaileak (sintaktikoak), testuinguruarekiko sentikorak (pragmatikoak) eta edukiaren espezifikokoak (semantikoak)»<sup>23</sup>.

#### **5) Koexistentzia sinbiotikoa: lankidetzaren lehiaren ordeza**

Organismo biologikoei dagokienez, XVIII. mendean, taxonomia klasikoak, hasieran, landareak eta animaliak baizik ez zituen bereizten<sup>24</sup>. XX. mendearen erdialdean, bost erreinu desberdinen arteko bereizketa sortu zen<sup>25</sup>: zelula-nukleoa duten izaki bizidunen erreinua, hau da, Plantae, Animalia eta Fungi; zelula-nukleo hori ez duten izaki bizidunen

erreinua, hala nola algak eta protozooak biltzen dituen erreinu protista; eta Monera erreinua edo prokariotoa, gehienbat arkeo eta bakterioez osatua. Taxonomia berriek dagoeneko zazpi erreinu aipatzen dituzte<sup>26</sup>. Azken ikerketen emaitzek estimazioak egiteko aukera ematen dute, eta, horien arabera, gizakiak hogeita hamar mila milioi eukarioto eta hogeita hemeretzi mila milioi bakterio ditu gorputzean<sup>27</sup>. Hain zuzen ere, baieztapen horrek zalantzan jartzen du berriz giza identitate biologikoaren ideia tradizionala, eta, azken buruan, eragina du identitateari buruzko gai filosofikoetan ere.

Azkena eta bosgarrena den saioak gai hori du ardatz. Hala, ikusgarri eta ukigarri bihurtzen dira izaki mikroskopiko ugari eta dibertsoz osatutako «ni»aren kontzeptu berriak. Hemen, ordea, bakterioek ez, euliek zehazten dute Sommerer eta Mignonneauren BA sistemak erretratututako ikusleen irudi digitala. Bakterioak edo euliak izateak ez du garrantzirik. Obra osoan hainbat modutan agerian jartzen da «ni»aren identitate biologikoa «gu» bat baizik ezin izango dela izan une oro.

*Portraits on the Fly* (2015) lanaren hasieran dauden irudi interaktiboetan, euli birtual batzuek aurpegi-ezaugarri indibidualak edo ikusleen siluetak osatzen dituzte. Euli horiei jarraitu ahal zaie pantaila lauaren irudi digitaletik, eskuaren edo gorputzaren mugimendu arin batekin, baina etengabe pausatzen dira, itzal ilun bat bezala, BA sistemaren ispilu digitalaren aurrean geldirik gauden unean erretratututako gure irudiaren gainean.

Oro har, «gu»k, izaki kolektibo gisa, erronkei aurre egiteko, hau da, gure inguruneke egungo arazoei aurre egiteko, lankidetzari jarri behar du lehen planoan. Lehenago, Lynn Margulisek esana zuen: «Bizitza ez zen borroka eginez jabetu munduaz, sareak sortuz baizik»<sup>28</sup>. Neodarwinistek esandakoari kontra eginez, hainbat mikroorganismoren arteko interakzio sinbiotikoak urte askoan ikertu ondoren, ondorioa bat atera zuen, eta horrek beste bultzada bat eman zion sinbiogenesiaren teoriari hirurogeita hamarreko hamarkadan. Sinbiogenesiak ezartzen duenaren arabera, eboluzioaren teoriaren osagarri, bizimodu berriak agertu eta garatzeko, epe luzerako lankidetzari behar da, eta mikroorganismo bereiziek azkenean unitate endosimbiotiko berriekin bat egin behar dute. Hortaz, gizakia organismo endosimbiotiko bat izango litzateke.

## Ondorioak

Ondorio gisa, gure testuinguruan, Margulisen baieztapena nabarmendu behar da. Margulisek dioenez, makinaren mundua ez zuten gizakiek eta gizakientzat bakarrik sortu; izan ere, «Homo sapiens existitu aurretik ere, planeta honetan gurekin dauden izakiek mineralak manipulatu eta eraikuntza artifizialak landu zituzten»<sup>29</sup>. Eboluzioaren historiaren faktore kooperatibo hori sakonago aztertzen badugu, Donna Harawayren baieztapenak ere esanahi berria hartzen du: «XX. mende amaierako makinek erabat anbiguo bihurtu dituzte natural eta artifizialaren, adimen eta gorputzaren, autogarapen eta kanpo-diseinuaren arteko aldeak, baita organismoei eta makinei aplikatu ohi zitzaizkien beste bereizketa

asko ere. Izan ere, gure makinak bizidunak dira oso modu kezkarrian, eta gu izugarri geldoak»<sup>30</sup>.

Christa Sommerer eta Laurent Mignonneauren lanetan, gai hori esperimentatu daiteke modu taktikoan, bisualean eta performatiboan. Beren lanek erronka jotzen diete bizitzari buruz ditugun ideiei eta ezagutzei. Gainera, probokazio bat dira, eta erreferentzia bat gure baitan eta gure inguruan dagoen bizitzari beste arreta bat emateko garrantziaz. Letra larriz idatzitakoa fisikoki agertzen da bizitza material gisa, eta letra xehez idatzitakoa, berriz, ekintza eta prozesu gisa ulertzen da.

Bizitzaren esperientziaren eta ezagutzaren gaur egungo eremu irekietan, artelana sistema bizidun gisa hartzen duen gaiak erantzuna lortzen du fisika kuantikoaren *both/and* mailan. Sommerer eta Mignonneauren proiektuetan, ez dira bakarrik bizitza karbonoan oinarritutako organismoak, silizioan oinarritutako prozesuak ere badira. Hainbat hamarkadatan, silizioa mikrotxiparen funtsezko osagaia izan da, eta, beraz, softwarearen garapen osoarena ere bai, Sommerer eta Mignonneauren instalazio interaktiboan oinarri gisa.

1953ko Miller-Uray esperimentuak lehen zantzua eman zuen molekula biologikoak substantzia ez-organikoetatik sor daitezkeela erakusteko. Urte berean, Francis Crick (1916-2004) eta James Watsonek (\*1928) DNAREN helize bikoitzaren aurkikuntza eman zuten argitara. Argi dago, beraz, beste milaka milioi urte igaro beharko direla karbonoaren eta silizioaren balizko lotura batek bide eman dezan bizitzaren forma eta prozesu berriak izateko.

Zalantzarik gabe, arteak, zientziak eta teknologiak atea ireki dute bizitzaren modu eta prozesu berrien mundura sartzeko. Sommerer eta Mignonneauren etengabeko lanak urrats bat gehiago egin du aurrera etorkizunaren orainerantz. Beren obrek aukera ematen digute ulertzeko ulermen ukigarria eta hautemangarria, potentzialki posible denaren birtualtasuna, sistema bizidunen funtsezko osagai gisa. Atzera begirako erakusketa, beraz, gonbidapena da garapen ireki baten esferetan murgiltzeko, haiek hautemateko eta, hitzaren zentzu bikoitzean, atzeman eta esperimentatzeko. Azken finean, erabiltzaileak ere bizitzaren etorkizuneko bilakaera eta konfigurazioa izan litekeenaren parte aktiboa dira. Wiener-en hitzekin amaitzeko, «badakigu denbora luzez egiten dugun guztia abiapuntua baizik ez dela izango une horretan gure azken emaitzak ezagutzeko abantaila dutenentzat»<sup>31</sup>.

---

<sup>1</sup> Kusahara, Mashiko, Sommerer, Christa, eta Mignonneau, Laurent, "Art as a Living System", in *Systems, Control and Information*, 40. libk., 8. zk., Tokio 1996, 16-23 or.

<sup>2</sup> Julien Offray de la Mettrie-ren (1709-1751) *L'Homme Machine* (1748) laneko ideal mekanizistek gaurdaino iraun dute transhumanismoaren eremuan, biologia sintetikoan eta bizitza artifizialaren beste ikerketa-arlo batzuetan (AL, ingelesezko sigletan).

<sup>3</sup> Humboldt, Alexander von, *Cosmos: A Sketch of a Physical Description of the Universe*, New York: Harper and Brothers Publishers, 1866.

- <sup>4</sup> Maturana, Humberto, eta Varela, Francisco, *Autopoiesis and Cognition*, Dordrecht, Holanda: D. Reidel Publishing Company, 1980.
- <sup>5</sup> Harari, Yuval Noah, *Homo Deus: breve historia del mañana*, New York: Harper Collins 2017, 378. or.
- <sup>6</sup> Wiener, Norbert, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Bigarren edizioa, Cambridge, MA: MIT Press, 1968.
- <sup>7</sup> Eigen, Manfred, *Selforganization of matter and the evolution of biological macromolecules*. *Naturwissenschaften* 58, 1971, 465-523 or., doi: 10.1007/BF00623322
- <sup>8</sup> Prygogine, Ilya, eta Stengers, Isabelle, *Entre el tiempo y la eternidad*, Madril: Alianza Editorial 1994.
- <sup>9</sup> Lahav, Noam, *Biogenesis. Theories of Life's Origin*, New York: Oxford University Press 199.
- <sup>10</sup> Apollinaire, Guillaume, *Meditación estética. Los pintores cubistas*, Madril: Visor 1994, 31. or. Lehenbiziko edizio frantsesa 1913an.
- <sup>11</sup> Ascott, Roy, "Behaviourist Art and the Cybernetic Vision", in *Cybernetica*, 9. libk., 1966, 247-264 or. Berriz inprimatua in Shanken, Edward A. (ed.), *Telematic Embrace*, Berkeley/Los Angeles: University of California Press 2003, 109-156 or.
- <sup>12</sup> Ibid, 119. or.
- <sup>13</sup> Schilling, J., *Aktionskunst. Identität von Kunst und Leben*, Verlag C.J. Bucher, Luzerna eta Frankfurt, 1978.
- <sup>14</sup> Burnham, Jack, "Systems Esthetics", in *Artforum*, 1968 libk., 30-35 or.
- <sup>15</sup> Sommerer, Christa, eta Mignonneau, Laurent, "Art as a Living System", in Sommerer, Christa eta Mignonneau, Laurent (ed.), *Art @ Science*, New York: Springer, 1998.
- <sup>16</sup> Langton, Christopher, *Artificial life*, Estatu Batuak: Interneteko argitalpena, 1987, o.g. (<https://www.osti.gov/biblio/6642130>, 2022ko otsailaren 11.)
- <sup>17</sup> Margulis, Lynn, "Gaia, el darwinismo y la evolución de las máquinas", in Ohlenschläger, Karin eta Rico, Luis, Banquete. Comunicación en evolución, edizio berezia/tartekia El País, Madril, 2005eko urtarrilaren 19a, 6-7 or. (<https://omegalfa.es/downloadfile.php?file=libros/gaia-el-darwinismo-y-la-evolucion-de-las-maquinas.pdf>, 2022ko otsailaren 2a).
- <sup>18</sup> Schrödinger, Erwin, "Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik", in *Naturwissenschaften*. (Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte - Berlin, Springer) - 23. libk., 1935, 812 eta 827. or., doi:10.1007/BF01491891 (1. parte), doi:10.1007/BF01491914 (2. parte)
- <sup>19</sup> Dürr, Hans Peter, *Beyond the Einstein-Russell Manifest of 1955: Potsdam Denkschrift* [http://www.mi2g.com/cgi/mi2g/frameset.php?pageid=http%3A/www.mi2g.com/cgi/mi2g/pres\\_s/300806.php](http://www.mi2g.com/cgi/mi2g/frameset.php?pageid=http%3A/www.mi2g.com/cgi/mi2g/pres_s/300806.php) 2022ko martxoaren 22a, o.g.
- <sup>20</sup> Ibid.
- <sup>21</sup> "Hau da, zer da berez izatera iristeko prozesua, objektu, gertaera, entitate, baldintza, egitura eta abar guztiak prozesu horretatik bazter daitezkeen formak diren bitartean". David Bohm, *Wholeness and the Implicate Order*, Londres eta New York: Routledge & Kegan Paul Ltd 1980, 61. or.
- <sup>22</sup> Wiener, Norbert, *The Human Use of Human Beings*, Londres: Free Association Books 1989, 96. or. Houghton Mifflin-ek lehen aldiz argitaratua, New York, 1950. ([http://asounder.org/resources/weiner\\_humanuse.pdf](http://asounder.org/resources/weiner_humanuse.pdf), 2022ko otsailaren 22a)
- <sup>23</sup> Witzany, Guenther, *Biokommunikation und natürliche Bearbeitung genetischer Texte. Die Anwendung der sprachpragmatischen Philosophie der Biologie*, 2011. ([https://www.researchgate.net/publication/260420101\\_Biokommunikation\\_und\\_natuerliche\\_Bearbeitung\\_genetischer\\_Texte\\_Die\\_Anwendung\\_der\\_sprachpragmatischen\\_Philosophie\\_der\\_Biologie](https://www.researchgate.net/publication/260420101_Biokommunikation_und_natuerliche_Bearbeitung_genetischer_Texte_Die_Anwendung_der_sprachpragmatischen_Philosophie_der_Biologie), 2, 2022ko otsaila)
- <sup>24</sup> Linnaeus, Carl, *Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. 1. libk. (10. ed.). Stockholm: Laurentius Salvius, 1758.
- <sup>25</sup> Whittaker, Robert H., "New concepts of kingdoms or organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms". *Science*, 163: 150-194, 1969.
- <sup>26</sup> Ruggiero, Michael A., et al., "A Higher Level Classification of All Living Organisms", in *PLOS ONE*, 10. libk., 4. zk., 2015. (<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0119248>, 2022/04/29)
- <sup>27</sup> Sender, Ron; Fuchs, Shai; eta Milo, Ron, "Revised Estimates for the Number of Human and Bacte-

ria Cells in the Body”, 2016. (<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/036103v1>, 2022/02/11.)

<sup>28</sup> Margulis, Lynn eta Sagan, Dorion, *Microcosmos*, lehen edizioa, New York: Summit, 1986.

<sup>29</sup> Margulis 2005.

<sup>30</sup> Haraway, Donna, “A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late Twentieth Century”, in *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*, New York: Routledge, 1991, 152. or. (lehen aldiz argitaratua 1985ean).

<sup>31</sup> Wiener, Norbert, *Norbert Wiener-A Life in Cybernetics: Ex-Prodigy: My Childhood and Youth and I Am a Mathematician: The Later Life of a Prodigy*, Cambridge, MA: MIT Press, 2018, 418. or.

