

## Aritmetika egiten ote dute umetxoek?

Zenbakiz inguratuta gaude. Objektuak kontatzeko, prezioen berri izateko, denboraren igarotzeari erreparatzeko, txapelketen emaitzak jakinarazteko, aldizkariak sailkatzeko eta beste hainbat eta hainbat kontuetarako erabiltzen ditugu zenbakiak. Haiekin kuantifikatu, graduatu eta identifika dezakegu edozein izate, erreala ala birtuala. Lengoiaren sostenguaren esker, zenbakizko informazioa prozesu dezakegu egundoko doitasunez eta aplikazio amaiezinetan.

Egun zenbakizko informazioa maneiatzeko gaitasuna, hein handi batean, kulturak eragindako gaitasuna delako baieztapenak adostasun zabala du. Puntu hau ukaezin izan arren, azken urte hauetan neuropsikologiaren arlotik bestelako datu osagarriak mahairatzen hasi dira. Hauen arabera, gizakiaren zenbakizko gaitasuna ez da *de novo* agertzen. Aitzitik, pentsamendu matematikoari buruzko ikerkuntzak zehaztu du hilabete gutxiko haurtxoetan ez ezik bestelako espezi ornodunetako animalietan ere antzeman daitezkeela zenbatekotasunezko informazioa erabiltzen ahalbideratuko lukeen sistema biologiko baten arrastoak.

Egia da perspektiba berri honek oraindik erronka galanta duela: zehaztea noraino heltzen den beste animalia espezien eta umetxoek zenbakizko informazioa diskriminatzeke ahalmena baina, edonola ere, argi dirudi ezin dugula gehiagotan umea ulertu *tabula rasa* analogiarekin. Ez du ematen umeak sortzetiko ahalmenik gabe jaiotzen denik ezta bere ezaguera eta gaitasunak interakzio eta esperientzi sentsorialetan erroturiko ikaskuntza prozesu baten ondorioak baino ez direnik ere.

Hau guztia justifikatzeko, jarraian laburbilduta aurkituko dira, lehenik, zenbaki-nozioaren gaineko zenbait aspektu kontzeptual eta, jarraian, pentsamendu matematikoaren inguruan, animalia eta hilabete gutxiko umeekin erabiltzen diren metodologia eta emaitzak.

### Zenbakien gaineko kontzeptuak

“Zenbaki” kontzeptuak biltzen ditu zenbakizko kognizioaren aspektu ezberdinak. Aitzan har dezagun, esterako, ondo esaldi hau: *lasterketan parte hartu zuten zazpi lagunetatik hamalau dortsaldunak irabazi zuen, bere bigarren garaipena zena.*

Esaldi horrek erakusten ditu hiru zenbaki kategoria ezberdin:

Lehenengoak (*zazpi*-k) zerikusirik du “zenbat” galderari erantzutearekin; hau da, zentzu kuantitatibo ala zenbatekotasuna adierazten duena. Kategoría hau objektu, subjektu ala gertaera multzo baten tamaina ala zenbatekotasuna dagokio eta esangura **kardinala** deritzo.

Bigarrena (*bigarren*) lotuta dago sekuentzia bateko elementua izateari; hau da “zein” galderarekin eta identifikatzen du sekuentzi baten barruko objektu, subjektu ala jazoera baten estatusa ala posizioa. Esanahi **ordinala** esaten zaio.

Azkenak (*hamalau*-k) soilik ezagutarazi, nabarmendu ala identifikatzen du objektu, subjektu ala jazoera jakin bat multzo baten barruan. Honi zenbaki **nominala** deritzo eta propioki atipikoa da; zeren zenbakia *izen* gisa erabilia baita.

Zenbakien hiru zentzuok batuta garatzeko beharrezkoa den gaitasun kognitiboa mintzamenak hornitzen du; izan ere, objektu eta zenbakien arteko erlazioak berbazko errepresentazioen bidez lotzen dira. Honen ondorioz, gizakiok gara, mintzamenari esker, zenbakien zentzu kardinal, ordinal eta nominala batuta erabil ditzakegun bizidun bakarrak.

Hala eta guztiz ere, ikusi da bai zenbait animaliak bai hilabete gutxiko umeek azalarazten dutela objektu multzoen eta gertaera serieen propietate kardinala eta ordinalaz jabetzeko gaitasuna betiere, zenbakien ez-berbazko errepresentazioekin lotuta.

## **Zentzu kardinala animalietan**

Historikoki Otto Koehler<sup>(1)</sup> (1889-1974) zoologo alemaniarra izan zen animalien zenbakizko zentzua ikertu zuen lehenbizikoa. Honek hegaztiekin eginiko ikerlan ezberdinetan frogatu zuen animalia hauen zenbatekotasunaren zentzua.

Zientzialari honek animaliei planteatzen zizkien zereginak honako honetan zeutzan: animaliak aurkitu beharra zuen bi ontzietako batean gordaturiko saria (janaria). Ontzi hauen tapakietan zirkulu beltzez eginiko irudiak zeuden. Animaliak saria aurkitzeko konparatu behar zuen irudi horien zenbatekotasuna eskaintzen zitzaizkion modelo batek adierazten duenarekin. Test hauek ikerlariaren presentziarik gabe egiten ziren (kamera batez grabatzen zituen) eta egoera mota anitz (baita situazio berrietara ezagutzaren transferentzia exijitzen zenetan ere). Hauen bidez baieztatu ere egin zuen animalien *zenbakitasun*-zentzua baita espezi ezberdinen zenbatekotasuna antzemateko mugak: usoentzat, 5; papagaitxoentzat, 6 eta beleentzat, 7.

Garrantza handiko kontua izan daiteke jakitea ea esperimentu hauetan animalien erantzunak elkartuta ote dauden zenbakizko zentzuarekin baino gehiago ondo trebaturiko estimulu-erantzun moduko errutina batekin. Hartara errutina horien bidez animaliak barneratu duen zenbatekotasunaren gaineko ezagutza testuinguru berrietara zabaltzen ote den zehazteak ezinbesteko dirudi eta halaxe frogatu da zenbait ikerkuntza lanetan.

Primateekin frogatu da kapaz direla zenbakizko zentzua transferitzeko inoiz ikusi ez dituzten zenbatekotasunera<sup>(3)</sup>. Esate-baterako, 1 eta 4 bitarteko zenbaki-sortaren bisualizazioaren aurrean, goranzko ordena ukitze-ekintzen bidez adierazteko trebaturiko tximinoek gaitasuna izan dute sekula ikusi gabeko 5 eta 9 arteko zenbakien bisualizazioen goranzko ordena adierazteko ere, baita portaerarako errefortzu barik ere. Honek nabarmentzen du primateok adierazten zutela kardinaltasuna eta honen araberrako ordena ulertzeko ahalmena.

Bestelako animaliekin aztertu da kantitate zentzua. Arratoiekin, adibidez, frogatu da oinarrizko aritmetikarekin loturiko ekintzak burutzeko abilezia<sup>(2)</sup> daukatela.

Esperimentuotan, arratoiak trebatzen ziren bi argi-zeinuren aurrean ezker palankatxo bat sakatzeko eta 4 argi-zeinu ikusi ostean, eskuin palankatxoa eragiteko. Bestalde, animaliak berberak trebatzen ziren soinuekin portaera bera izateko; hau da, bi soinu-seinale aditutakoan esker palanka eragiteko eta lau entzun eta geroa, eskuinetakoa. Ikerketaren muina zerean zetzan: aztertzean ea zer gertatuko ote zen, alde aurretik entrenatu gabe, arratoiak aurre egin behar zienean bi argi-seinale gehi bi soinu-seinale osaturiko estimuluei. Harrigarria iruditu arren, arratoiek eskuin palankatxoa sakatzen zuten. Esperimentu hauek ezinbestean pentsatzera daramate arratoiek ikuste eta entzutezko informazioa integratzeko gauza izateaz gain, modalitate sentsozial ezberdinen artean *zenbakitasunaren* errepresentazioa abstraktua ere izan behar dutela zeren eta errepresentazio horrek ahalbideratzen du estimuluen arteko batze kognitiboa.

Ikerketa-praktika hauek guztiak laborategiko artifizioztat har daitezkeenez, naturan bertan animalien portaera eta haien jokabide espontaneoak ere aztertuak izan dira ea egoera horietan zenbaki konpetentziaren arrastorik aurkitzen den. Primateetan atzeman da animalioek bere kabuz eta alde aurretik trebatze gabe, oinarrizko kardinal-zentzuan erroteriko eginkizun sinpleak (objektu multzo txikiak batu ala kentzea) burutzeko gauza direla<sup>(4)</sup>.

Halaber, zenbakiekin loturiko balorazioak ikusi dira animalien basa-portaeran ere. Esaterako, lehoiek beste talde bateko orro mehatxagarriak entzundakoan erabakitzen dute erasokorki erantzun ala ez, alderatuz zenbat taldekide diren, aditzen dituzten orro kopuruarekin. Primateetan ere ikusi da halako portaera eta txinpantzeak, adibidez, elikatze-errekurtsoak defenditzeko beste talde baten kontra borrokatuko dira soilik kopuru handiagotan bere burua hautematen badute (zehatzago, ikusiz gero 1,5 aldeko faktorea bada). Era berean, trebatu gabeko *rhesus*

motako tximinoen aurrean sagarrak dituzten ontziak uzten direnean sistematikoki sagar kopuru gehien duena aukeratzen dute (2 sagar dituen ontzia *versus* 1 duena, 3 *versus* 2 eta 4 *versus* 3).

Bestalde, hegaztiei kostu ekologiko handia dakarkie habian hegazti bizkarroiek utzitako arrautzak txitatu behar izateak eta, ondorioz, portaera parasito honen kontrako defentsak garatzeak egundoko balio ekologikoa dauka. Hala gertatzen omen da *Fulika* generoko txori urtarrarekin<sup>(5)</sup>. Honek erregulatzen du kumaldiko arrautza kopurua eta ekiditen ditu arrautza parasitoak ikuste-estrategia baten bidez zeinetan sartzan ei den arrautza kantitatea ezagutzea<sup>(6)</sup>.

Honen haritik, espekulatzen da hautespen naturalaren bidez animalien eboluzioan garatu direla zenbait abilezia kognitiboan. Gaitasun hauen artena kantitateak estimatu eta erabiltzekoak leudeke<sup>(7)</sup>. Uste hau errotzen da zenbaki-zentzu oinarritzko hauek dakartzan egokitze-balio eta abantaila ebolutiboak; interakzio sozialetan (adibidez, liskar eta borroka tartean sartzekoan), elikatzerakoan eta ondorengoak bereizteko uneetan.

## **Zentzu kardinala haurtxoetan**

Azken bi hamarkadetan psikologia, kognizio konparatua<sup>(8)</sup> eta neuropsikologiaren<sup>(9)</sup> arloetan buruturiko ikerkuntzak perspektiba berriak ireki dizkigu matematikaren prentsamenduaren garapenez eta, zehatzago, umetxoek inguruko zenbaki-erregulartasunaz jabetzeko adierazten duten ahalmenaz.

Egun hainbat ikerketa-lanek baieztatu dute umetxoen zenbaki kogniziorako abileziak dituztela. Ikerketa hauek, laburbilduz, bi metodologia nagusi erabiltzen dute: ohitze-metodoa eta presuntzioaren haustearena.

- **Ohitze-metodoaren** funtsa zerean datza: Lehenik *zenbakitasun* jakin bat ikusten ohitu behar da umea. Esaterako, zenbait aldiz 8 zirkulu beltzez osaturiko irudiak aurkezten zaizkio zenbait aldiz. Irudi hauetako zirkuluen tamaina eta posizioa aldatuz doa irudiz irudi.

Bigarren fase batean (test fasea, alegia) *zenbakitasun* bera dituzten estimuluen tartean, beste kopurua duen irudia aurkezten zaio umetxoari (adibidez, 16 zirkulu beltzekoa).

Umearen aurpegira zuzenduriko kamera baten bidez grabatzen dira bere begitartekoak keinuak; hain zuzen, neurtzeko zenbat denbora so egiten duen banan-banan agertzen zaizkion ikusizko estimuletara.

Ikerlariak kontrolatu behar du *zenbakitasuna* ez diren bestelako aldagaiek eragin ez ditzaten esperimenduaren emaitzak; hau da, ohitzeko faseko irudien ezaugarri jarriak (tamaina, distira, dentsitatea eta abar) eta test fasekoak ezin dira ezberdinak izan.

Ohitze-metodologiaren bidez eskuratu diren emaitzek argi adierazten dute test fasean estatistikoki umeek luzarago geratzen direla begira *zenbakitasun* berria irudikatzen duen estimuletara, estimulu ohikoetara baino. Adibideekin azalduz, 8 zirkuluz osaturiko estimuluaz umea ohitzen badugu, geroan, test fasean, 16ra so egingo du luzarago 8ra baino (eta alderantziz). Gauza bera ikusi da 16 *versus* 32. Baina esperimenduok umeen mugak ere erakusten dituzte; izan ere, umeek kale egiten dute bereizteko 8 *versus* 12 eta 16 *versus* 24. Honen esplikazioak zera ei da: umeak *zenkaitasunen* arteko gutxieneko distantzia behar duela aldea antzemateko.

- **Presuntzioaren haustearen** metodologian ere maiz ikusizko estimuluak erabiltzen dira baina azken urteotako esperimenduetan ukitze eta entzunezkoak ere maneiatu dituzte. Aurreko metodologian bezala, umetxoaren begiratze-jokabidea aztertu eta neurtzean datza.

Aldea, ordea, zera da: umeari agertzen zaizkio aurreikusteko moduko gertaerak eta, tartean, presuntzioa hausten dutenak.

Adibidez, umetxoari panpinatxo bat erakutsi ostean, berau estalki batez ezkututzen da. Jarraian, erakusten zaio nabarmen nola beste panpinatxo bat jartzen den estalkiaren atzean, hasierako panpinatxoarekin batera. Amaitzeko kentzen da estalkia eta agertzen badira 2 panpinatxo, horixe da *aurreikusteko moduko gertaera*. Aitzitik, esperimentatzaileak, truku baten bidez, 3 panpinatxo agerrarazten badu, horixe da, *presuntzioaren hausten* duen jazoera.

Metodologia hau aplikatu diren esperimentuetan estatistikoki frogatu da umeak luzaroago geratzen dela begira presuntzioaren hausten duen jazoeretara (adibidez  $1+1 = 3$ ), aurreikusteko moduko gertaeretara baino (adibidez,  $1+1 = 2$ ). Bestalde, ikusi da zentzumen ezberdineko informazioa ere integra dezaketela.

Egun oraindik ez dago esperimentu hauen guztien datuak integra ditzakeen modelo bakarra eta eztabaida gehien sortzen duen gaia zera da, ea zenbatekotasuna irudikatzen duen umek bi sistema ala sistema bakar bat ote duten. Lehenengo modeloaren arabera, umek irudikatzen dute zenbatekotasuna magnitudea izango balitz bezala, zenbakiekiko proportzionala (akaso, 1, 2 eta 3 zenbaki txikiekin izan ezik).

Bigarren modeloaren aldekoek (atxikimendu zabalena duen modelo) nabarmen dute umek bi sistema ezberdin dutela. Objektu, jazoera ala soinu multzo txikiekin (1, 2 eta 3) umearen joera izango litzateke pertzepzio bidezko informazioa maneiatzeko elementu bakoitzaren ezaugarri sentitibo jarraituak kontrolatuz; hau da, hautemate-egintza lotuago legoke indibidualtasun sorta batekin, taldearen kardinal-zentzuarekin baino. Aitzitik, objektu kopurua handitzeak (8, 18, 32) umetxoaren pertzepzio-eremuaren birplanteatzera lekarke; izan ere objektuen ezaugarri partikularrei, banan-banan, erreparatuz gero pertzepzio-ahamena ezinbestean gainezkatu litzateke. Kasu honetan, hautemate-egintza gidatuko da objektu, jazoera ala soinuek, bere osotasunean hartuta, duten kardinal-zentzurantz. Sistema honek objektu bildumen gaineko gutxi gorabeherako estimazioak baino ez litzateke ahalbideratuko eta, ondorioz, *zenbakitasun* hurbilen artean (8 versus 12, adibidez) umeak kale egingo luke.

Edonola ere laburbilduz, 4-7 hilabete arteko umetxoek zenbatekotasuna sumatzeko duten gaitasunaz eginiko ikerlanek baieztatutzat jotzen dituzte ondoko puntu hauek:

- a.) Urte erdiko ume jaioberriek ere gaitasuna dute zenbakizko informazioa detektatzeko.
- b.) Zenbakizko informazioa ikusmen, entzumen eta ukimenaren bidetik jaso dezaketela; bereizita ala zentzumen ezberdinetatik jasotako informazioa integratuz.
- c.) Aritmetika oinarrikoarekin loturiko akzioez jabetzeko gauza dira.
- d.) Aurreko ideietatik eratortzen da haurtxoak gauza direla entitate ezberdinen *zenbakitasunaren* abstrakzioa egin, memorian izan eta informazio berriarekin konparatzeko.
- e.) Abilezia hauek kultura eta mintzairaren eskuratze-prozesutik independenteak dira.

## **Bibliografia osagarria**

- (1) [http://es.wikipedia.org/wiki/Konrad\\_Lorenz](http://es.wikipedia.org/wiki/Konrad_Lorenz)
- (2) Church, Russel & Warren Meck. 1984. The numerical attributes of stimuli. In Roitblat, Herbert, Thomas Bever & Herbert Terrace (eds.), *Animal cognition*, 445-64. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- (3) Brannon, E. M. & Terrace, H. S. Ordering of the numerosities 1 to 9 by monkeys. *Science* 282, 746–749 (1998).
- (4) <http://www.wjh.harvard.edu/~mnkylab/publications/learnconcepts/FlombaumEtalRhesusAdd.pdf>
- (5) [http://www.euskadi.net/r33-2734/eu/contenidos/informacion/aves\\_txingudi/eu\\_txingudi/04\\_may\\_jun.html](http://www.euskadi.net/r33-2734/eu/contenidos/informacion/aves_txingudi/eu_txingudi/04_may_jun.html)
- (6) <http://www.nature.com/nature/journal/v422/n6931/abs/nature01505.html>
- (7) [http://www.cognicion.net/cognicion/ver\\_articulo.asp?ID=36&IDART=172](http://www.cognicion.net/cognicion/ver_articulo.asp?ID=36&IDART=172)
- (8) [http://en.wikipedia.org/wiki/Animal\\_cognition](http://en.wikipedia.org/wiki/Animal_cognition)
- (9) <http://es.wikipedia.org/wiki/Neuropsicolog%C3%ADa>