

HEGALDIA: JAUZI EBOLUTIBOEN PARADIGMA

TESTUA ETA ARGAZKIAK: ANTTON ALBERDI ESTIBARITZ
Naturzalea

Gizakiak aspaldidanik miretsi izan duen gaitasuna da hegan egitea. Kristo aurreko 400. urtean Arkitas egurrezko uso hegalaria eraikitzen saiatu zenetik, egungo hegan egiteko tresneria moderno eta sofistikatuetaraino iritsi gara. Bide horretan, ordea, ez da izan gizakirik bere gorputzaren indar hutsez hegan egitea lortu duenik. Gure inguruaren erabateko kontrola lortu dugula uste dugun garaian ere, gora begiratu, eta airea laztantzen duten animalia horien gaitasunaz gozatzea besterik ez zaigu gelditzen.

Bizitzaren eboluzioan, hainbat animalia-taldek lortu dute aktiboki hegan egitea. Intsektuek lehenengo, pterosauruek gero, hegaztiek ondoren eta saguzarrek azkenik, bakoitzak bere aldetik lortu du oinak lurretik altxatu eta munduari beste perspektiba batetik begiratzea; alegia, gainerakoei ezezaguna zaien hirugarren dimentsio bat eranstea beren bizimoduari.

Jauzi ebolutibo gutxik izan dute hegan egiteko gaitasunak adinako eragina; izan ere, ahalmen horrek aldaketa ikaragarria dakar leinu baten eboluzioan. Ate ugariren

sarrailako giltza dakar berekin gaitasun berri horrek, eta, ordura arte ezezagunak ziren korridore ekologiko berrietara sartzeko aukera eskaintzen die animaliei. Ikusi besterik ez dago animalia hegalariek izan duten arrakasta ebolutiboa: 1.100 saguzar-espezie (ugaztunen % 20), 10.000 hegazti-espezie (sauropsidoen % 55) eta 950.000 intsektu-espezie (artropodoen % 81) ezagutzen dira.

Hegan egiteko gaitasuna nola eta zergatik garatu zen aspaldidanik eztabaidatu den afera da, eta eboluzioaren inguruko eztabaida sutsuenetariko bat izan da betidanik.

*Eboluzioa ez da indarra, prozesua baizik.
Eboluzioa ez da kausa, legea baizik.*

John Morley (1838-1923)
Politikari eta kazetari ingelesa

Izan ere, lorpen ebolutiboen paradigma da hegaldia, leinu ebolutibo berri baten oinarriak ezartzen dituen erdiespena, eta, horren aurrean, merezi du imajinazioari hegan egiten uztea. Hegalda gaitetzen, bada, eta has dezagun hegaldiaren eboluzioaren nondik norakoen, eboluzio-hipotesien eta hegaldi-ereduen gaineko bidaia.

HEGAN EGIN: ZERGATIK, ZERTARAKO?

Gizakiak hegan egiteko betidanik izan duen ametsa Ikaroren eta Dedaloren kondairan islatzen da. Hala ere, ezer gutxitan egiten



Sai arrea (*Gyps fulvus*).

dute bat Ikaroren elezaharrak eta hegaldira-ko gaitasunaren eboluzioak. Arrazoi nagusi bakar bat nahikoa da bi historiak —mitologikoa eta naturala— errotik bereizteko: aita-semeek Kretatik ihes egiteko helburuarekin eraiki zituzten hegoak; eboluzioak, ordea, inongo helbururik edo helmugarik gabe sortu ditu.

Eboluzioan zertarakoak bilatzea alferrikako lana da, eboluzioak ez baitauka etorkizunari begiratzeko gaitasunik. Eboluzioak une eta leku jakinetan eragiten du; hautespen naturalak —eboluzioaren eragile nagusia— memento eta toki jakinetara hobekien moldaturik dauden aleak hobesten ditu. Baldintza jakin batzuetan bizirauteko eta ondorengo gehiago izateko gaitasuna duten horiek dira historia ebolutiboa idazten dutenak.

Eboluzioaren teoria Charles Darwinek eta Alfred Wallacek aurkeztu zuten 1858an. Bi naturalisten ideia berriak urez betetako ontzi batean isuritako olio tanta bat bezain ezerosoak suertatu ziren garai hartako gremiokideen artean. Ideia guztiz iraultzaileak ziren, eta, hainbatek onartu zituzten arren, askori zail egin zitzaizen mentalitate estatiko eta ordenatua alde batera utzi eta etengabe aldatzen ari zen mundu baten ikuspegia barneratzea.

Darwinen ideiei aurre egin zienetako bat George Mivart naturalista britainiarra izan zen. Mivarten arabera, hautespen naturalak espezieen ugaritasuna edo kontserbazioa esplika zezakeen arren, ezin zuen argitu espezie edo ezaugarri berriak nola agertzen ziren. Mivartek, beste askok bezala, ezin zuen ulertu, begi-laurden batek, buztan-erdi batek edo hego nimiño batzuek zer abantaila eskain ziezaioketen animalia bati.

Darwinek dilema horri aurre egin behar izan zion, eta ordutik aurrera eboluzioaren ortodoxiaren mugari bilakatuko zen erantzun interesgarri bat aurkitu zuen: jarraipen funtzionalaren kontzeptua baztertu beharra. Alegia, ezaugarriek ez dutela zertan funtzio bera bete belaunaldi guztietan. Hegazti bat gai al da hegoen % 10ekin hegan egiteko? Ez, noski. Nork dio, ordea, hego hamarren horiek hegan egiteko funtzioa zutela hasieratik bertatik?

XIX. mendearen amaieran indarra hartu zuen kontzeptu horrek. *Preadaptazio* izena eman zitzaion, baina, izenak izan dezakeen konnotazio finalista dela eta, Stephen Jay Gould eta Elisabeth Vrba paleontologoek *exaptazio* kontzeptua sortu zuten 80ko ha-

markadaren hasieran. Hautespen naturalak funtzio jakin baterako moldatutako ezaugarri bati beste erabilera bat ematea da *exaptazio* deritzon fenomeno. Gaur egun, zaila da hegan egiteko gaitasunaren eboluzioa Darwinen, Goulden eta Vrbaen ekarpenik gabe ulertzea.

EBOLUZIO-HIPOTESIAK

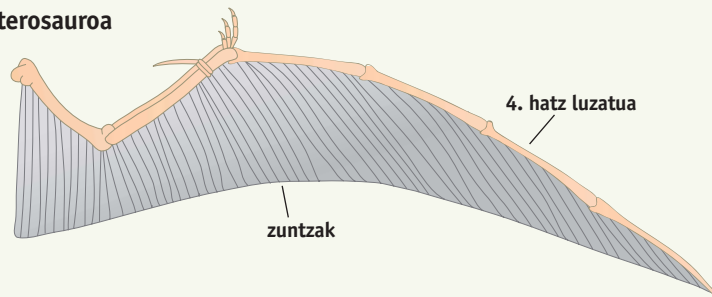
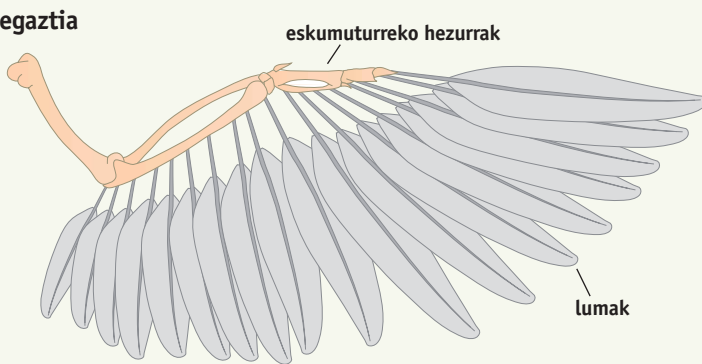
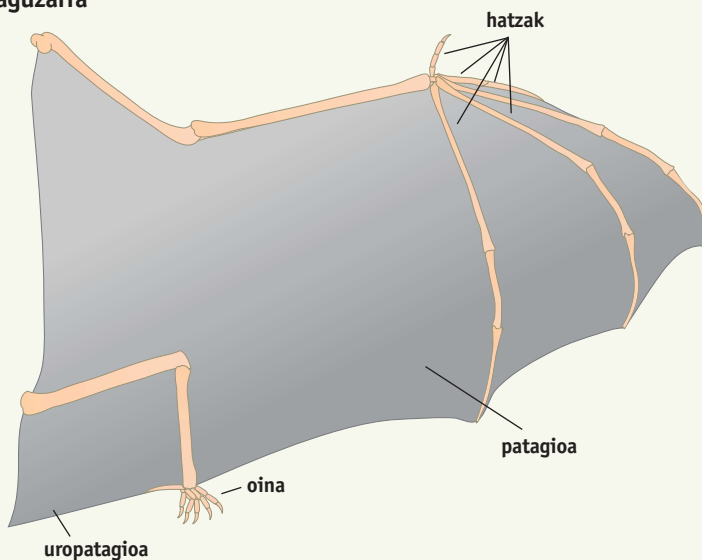
Hegan egiteko gaitasunaren teoria guztiak *exaptazio*an oinarritzen dira; hau da, onartutzat jotzen da protohegoak hegan egiteko izan beharrean beste zerbaitetarako erabiltzen zirela hasiera batean. Hegan egiteko baino lehenago hegoak zertarako erabiltzen



Intsektuen hegoek ez dute ormodunen hegoekin inolako zerikusirik. Intsektuen hegoak toraxaren parte dira, kanpoeskeletoaren luzakinak, hain zuzen. Ormodunenak, aldiz, aurreko gorputz-adar eraldatuak dira.



Kaio iluna (*Larus fuscus*). Hegaztien artean, hegaldi-ereduen dibertsitatea azpimarratu behar da; izan ere, gainerako hegalarrietan ez bezala, hegaztien artean ia era guztietako ereduak garatu dira: saien, kaioen edo albatrosen hegaldi-ereduak ikusi besterik ez dago.

Pterosauroa**Hegaztia****Saguzarra**

Pterosauroen hegoen oinarria laugarren hatz luzea da, eta hegoak eratzen zituzten zuntzak hegaztien lumen analogoak —antzekoak, baina jatorri ezberdinekoak— direla pentsatzen da. Hegaztien kasuan bezala, zuntz horien jatorrizko funtzioa termorregulazioarekin lotuta zegoela uste da. Erradio luzeak, ulnak eta eskumuturreko hezurak (karpometakarpoeak) osatzen dute hegaztien hegoen ardatza. Saguzarren hegoa, berri, aurreko gorputz-adarretako lau hatzek, besoak eta atzeko gorputz-adarrak eusten duten mintz batez osaturik dago, patagio deritzona. Saguzarren hegan egiteko egituren artean bereizgarriena atzeko bi gorputz-adarrak elkartzen dituen mintza da; uropatagioa, alegia.

ziren, ordea, ez dago argi. Hainbat hipotesi proposatu dira, ez baitago animalia-talde guztien eboluzioa azaltzeko balio duen hipotesi bakar bat.

Harrapariaren hipotesia

Hegoak harrapakin txikiak harrapatzeko garatuko ziren, hipotesi honen arabera. Hegoak zenbat eta handiagoak izan, orduan eta bazka gehiago lortzeko aukera izango zuen animaliak.

Planeatzailearen hipotesia

Hipotesi honen arabera, animalia hegalariai arbaso planeatzaileetatik eratorriak liriateke. Izatez, zenbat eta hego luze eta zabalagoak izan, orduan eta handiagoa da planeatzeko gaitasuna. Gaur egun badira hegan aktiboki egiten ez duten baina planeatze-hegaldi luzeak egiteko gai diren narrastiak eta ugaztunak; *Draco* generoko muskerrak eta kologoak, esaterako.

Kurtsorearen hipotesia

Lasterka egin bitartean oreka mantentzen laguntzeko eta jauzi luzeagoak egiteko baino ez zuten balio hegoek, hipotesi honen arabera. Hego txikiak lasterketa-efizientzia hobetzen dute; hala frogatu dute hainbat espezieetako txitekin egindako ikerketa batean. Hego-hasikinak, besteak beste, ezauzgarri mesedegarriak izango ziren ehizarako edo ihes egiteko.

HEGO-EREDUAK

Hegan egiten duten animalia guztiek ezauzgarri bat partekatzen dute: hegoak izatea. Intsektuen hegoak kanpo-eskeletoko luzakin batzuetatik sortuak dira, eta nabarmen ezberdinak dira gainerakoetatik. Pterosauroen, hegaztien eta saguzarren hegoek, ordea, antzekotasun handiagoak dituzte euren artean. Dena den, ez dira elementu homologoak; hots, ez dute jatorri bera. Hiru hego-ereduek dituzte antzekotasunak, filogeniak (besoa osatzen duten hezurak, esaterako) eta hegaldiaren biomekanikak (hegaldirako fisika-oinarriak) inposatutako mugek eragindakoak, baina bistakoa da bakoitzak bere bidea hartu duela, hainbat eredu funtzional ezberdin sortu dira eta.

Pterosauroen eredua

Hegan egiteko gaitasuna lortu zuten lehenengo ornodunak pterosauroak izan ziren, eta baita Lurrean sekula izan diren animalia hegalaririk handienak ere. 140 milioi urte luzetan izan ziren aireko erregeak, harik eta duela 65 milioi urte dinosauro gehienekin



Saguzarren aztarna fosilak duela 60 milioi urtetik ezagutzen dira, eta, ordudanik, haien oinarrizko morfologia ez da asko aldatu.

batara (hegaztiak salbu) desagertu ziren arte. Pterosauroen hegaldi-eredua arkosau-ro lasterkari batetik sortu zela uste da, ez baita pterosauroen arbaso planeatzailerik ezagutzen.

Hegaztien eredua

Hegaztien taldeak izan du ornodun hegalarren artean arrakasta handiena. Esan bezala, hainbat ikerketak adierazi dutenez, hegoak guztiz eratu gabe dituzten hegazti gazte batzuek lasterka egiteko erabiltzen dituzte hegoak. Horrez gain, fosilek frogatu dute dinosauro bipedoen ondorengoak direla hegaztiak. Beraz, litekeena da hegoak, hegan egiteko egitura baliagarriak izan aurretik, korrika egiteko egitura laguntzaileak izatea. Bestalde, badirudi lumen sorrera gorputzeko barne-tenperatura erregulatzeko gaitasunarekin lotuta dagoela; exaptazioaren beste adibide bat dira, beraz.

Saguzarren eredua

Hegan egitea lortu duen animalia-talde berriena dira saguzarrak. Saguzarren hegaldirako gaitasunaren eboluzioaren inguruko eztabaidak bizirik dirau oraindik. Historikoki animalia planeatzaileetatik sortu zirela uste izan den arren, gaur egun badira hegal-

di aktiboa beste bide batzuetatik lortu zutela defendatzen duten zientzialariak. Horiek buztanaren erabileran eta enbriogenesian oinarritutako informazioa erabili dute euren hipotesiak defendatzeko.

EBOLUZIOAREN AZTERKETAREN ZIOAK

Kontu honen guztiaren funtsa, ordea, ez da hegoen jatorrira eta morfologiara mugatzen. Saguzarrek minutuko 600 pultsazio izatea edo kolibriek hegoak segundoan 50 aldiz astintzea ez dira hegoen eboluzio hutsaren emaitza. Hegoak astintzeak energia-gastu ikaragarria eragiten du, eta gorputzaren anatomia eta fisiologia gastu horretara doitzea izan da animalia hegalariek garatu duten lorpenik ikusgarriena. Ezaugarri jakin batek —hegoak garatzea, esaterako— bide ebolutibo berri baten hasiera eragin dezakeen arren, milaka aldaketa eta moldaera gertatu behar dira hegaldiaren moduko ezaugarri efiziente eta ebolutiboki egonkor bat garatzeko.

Eboluzio, *preadaptazio*, *exaptazio*... Hegaldiaren garapenaren azterketak zio ugari dituela argi dago. Gauza asko aurkitu dira azken hamarkadetan, eta teoria eta eredu ugari sortu dira gizakiaren imajinazioan. Eboluzioaren azterketa atzera begirako ari-

keta abstraktu bat izan arren, gaur egungo eredueta oinarritutako jakintza eta esperimentazioa da bidaia zirrargarri hori ulertzeko bidea. Izan ere, orainak geroari eta etorkizunari buruzko uste baino informazio gehiago eskaini diezaguke.

Izan ere, ba ote dago gure inguruaren funtzionamendua aztertzea eta inferitza baino buru-ariketa ederragorik? ●

BIBLIOGRAFIA

- DIAL, K.P.; ROSS, J.R.; DIAL, T.R.: "What Use Is Half a Wing in the Ecology and Evolution of Birds?". *BioScience* 56(5): 437-445. (2006).
- NORBERG, U.M.: "Evolution of vertebrate flight: An areodynamic model for the transition from gliding to active flight". *American Naturalist* 126: 303-327. (1985).
- PADIAN, K.; CHIAPPE, L.M.: "The origin and early evolution of birds". *Biological Reviews* 73(1): 1-42. (1998).
- TEELING, E.C.; SCALLY, M.; KAO, D.J.; ROMAGNOLI, M.L.; SPRINGER, M.S., STANHOPE, M.J.: "Molecular evidence regarding the origin of echolocation and flight in bats". *Nature* 403, 188-192. (2000).



Gai librean aritzeko, bidali zure artikulua aldizkaria@elhuyar.com helbidera.