

# Enrike Zuazua:

## “Harrigarria da matematikak zer zehaztasun duen errealitatea adieraztean”

Galarraga Aiestaran, Ana

Elhuyar Zientziaren Komunikazioa

**Enrike Zuazuak jaso berri du Zientzia eta Teknologia arloko 2006ko Euskadi ikerketa-saria. Zuazua katedraduna da Matematika Aplikatuan, Madrilgo Unibertsitate Autonomoan, eta patxadaz eta adeitasunez erantzun die gure galdera guztiei.**

**Hasteko, zorionak eman nahi dizkizugu sariarengatik. Ezusteko handia izan da?**

Eskerrik asko. Egia esan, ez nuen espero. Izan ere, zientzia eta teknologian jende asko dago gauza bikainak egiten, eta, esparru horretan, matematika arlo txiki bat besterik ez da. Horregatik, ez nuen uste matematika sarituko zutenik.

**Hortaz, zu ez ezik, matematika ere saritu dutela iruditzen zaizu?**

Hori da; neurri handi batean hala da, nire ustez. Horrez gain, kontuan hartu behar da gaur egun matematikari batek ez duela bakarrik egiten lana. Beraz, pertsona bat saritzen dutenean, harekin lan egiten dutenak edo kolaboratzen dutenak ere saritzen dira.

Nire kasuan, atzean Leioako irakasleak daude, eta ez Leioakoak bakarrik, lehenago eskolan izan nituen irakasle bikain haiek ere bai. Haiek gabe, seguru asko nik ez nuke matematika aukeratuko gero ikasgaitzat, eta orain ez ginen honetaz berba egiten egongo.



Enrike Zuazua EHU-n lizentziatu zen, eta han egin zuen doktoretza. Tesia euskaraz aurkeztu zuen.

**Ez dakit zenbateraino ez ote den aitzakia izango, baina askok esaten dute eskolan izandako irakasle txarregatik ez zaiela orain gustatzen, adibidez, matematika.**

Bai, hori sarritan entzuten da, baina beste gaietan ere gauza bera esan daiteke: hizkuntza, historia, geografia... Geratzen da matematika horiek baino zailagoa dela, eta horrek ere eragiten du. Hala ere, niri galdetzen didatenean: zer da hezkuntza-sistemaren garrantzizkoena? Bada, nik uste dut irakaslea dela, zeren, nahiz eta gela txikia izan, ikasle asko izan, baliabide gutxi izan..., azkenean, irakasle bikain batek irakatsi egiten baitu.

## Dena dela, esan duzu matematika zaila dela. Esaterako, fisika eta kimika edo biologia baino zailagoa dela uste duzu?

Seguruena ez. Agian, esan daiteke zientziak, oro har, zailak direla. Dena den, biologia, adibidez, modu deskriptibo batean ere azter daiteke, nahiz eta azaldu izan. Matematikan hori ezinezkoa da. Bueno bai, geometrian, esan daiteke irudi hau karratua dela, edo biribila dela... Baina hortik aurrera laster hasten da zailtasunak. Gauzak kuantifikatu egin behar dira, kalkuluak egin behar dira, eta, orduan, zaila bihurtzen da.

## Zergatik, abstraktua delako edo?

Matematikan arlo bi daude, abstrakzioa eta konputua. Eta biak dira nolabait zailak jende gehienarentzat. Hori nabaritzen da, inkestetan garbi ikusten da. Berez, konputuak egiteak ez dauka zailtasun handirik. Azken batean, arauak jarraitu behar dira, sistematikoki, arin, eta kito. Ez du zertan zaila izan. Baina badakigu jendeak arazoak dituela horrekin.

Gero, abstrakzioaren arloa dago. Eta bitxia da, baina bata bestearen atzetik dator. Hori badakigu matematikariok eta zientzialariok, eta horrela da: abstrakzioa heldu baino lehen, ariketa asko egin behar dira. Ariketa asko eginda eta askotan errepikatuta, mekanismoak barneratu egiten dira eta automatikoak bihurtzen dira. Esaterako, integrazioa nahiko erraza bihurtzen da, baina, horretarako, lehen-dabizi, berrogeita hamar edo ehun integral egin behar dira. Eta hori zail egiten zaio jendeari.

## Ados zaude Zenbakirik gabe bizi liburuaren tesiarekin? Tesi horren arabera, zenbakiak behar dituen gizarte teknologiko batean bizi gara, baina jendea ez dio axola zenbakiak ez ulertzea.

Bai, hori da gaur egungo paradoxa. Inoiz ez gara bizi izan hain gizarte numerikoan, eta gizarteak ez dio inoiz hain argi bizkarra eman matematikari.



Uhinen ekuazioa akustikan, elastikotasunean eta beste hainbat arlotan aplikatu daitezke.

## Benasqueko Pedro Pascual zentroko topaketa emankorrak

Benasquen, Aragoiko Pirinioetako mendi garaian artean, zientzia-zentro berezi bat dago. Pedro Pascual izena du, zentroaren sortzailetako baten omenez (tamalez, duela gutxi hil zen), eta haren asmoari eusten dio: arlo desberdinetako zientzialariak biltzea era guztiz informalean eta irekian, batzuk bestearen lanaren berri izateko aukera emateko eta ideia berrien sorrera sustatzeko.



Enrike Zuazuak oso gustuko ditu Pedro Pascual zentroan egiten diren topaketak: "Kongresu gehienetan, hitzaldi eta aurkezpen asko egoten dira, eta ez dugu inolako aukerarik albokoarekin hitz egiteko. Informazioa jasotzen dugu, baina ezin dugu trukatu. Benasqueko kongresuak juxtu kontrakoak dira: giro lasaian, hitzaldi gutxi batzuk antolatzen dira, eta denbora gehiena batzuk besteekin aritzeko izaten da. Izugarri aberasgarria da".

Aurten, abuztuaren 26tik irailaren 7ra Benasquen izango da Zuazua, han egingo duten ekuazio diferentzial partzialei eta diseinu optimoari buruzko kongresuaren antolatzailetako bat baita.

## Behintzat, zientzia eta teknologiaren arloko Euskadi saria emateko garaian gogoratu dira matematikarekin...

Eta eskertzekoa da, noski.

*"pertsonek bat saritzen dutenean, harekin lan egiten dutenak edo kolaboratzen dutenak ere saritzen dira"*

## Epaimahaiak bereziki nabarmendu ditu deribatu partzialen ekuazioen teoriarik egindako ekarpenak eta kontrol-teoria eta haren aplikazioak diseinu optimoan eta aeronautikan. Hori da zure espezialitatea edo horretan aritzen zara, ez?

Bai. Nik Parisen ikasi nuen, Laboratoire d'Analyse Numérique zelakoan —gaur egun, Jacques-Louis Lions izena du—. Hain zuzen, Jacques-Louis Lions izan zen sortzailea (duela sei urte hil zen), eta nik harekin lan egiteko aukera paregabea izan nuen. ➔

Laborategia duela hogeita hamar bat urte sortu zuten, matematikaren aplikazioak aztertzeko. Ordurako, munduan bazegoen korrante sendo bat matematika gauza praktikoetara eramateko.

Horretarako, hainbat metodologia daude, adibidez, estatistika. Denok ezagutzen dugu estatistikaren erabilera inkestetan, soziologian, eta abarretan. Baina beste arlo batzuetan bestelako tresna matematikoak erabiltzeko beharra sortzen da askotan, eta, sarritan, metodologia aproposa Newtoni eta Galileori jarraitzean datza.

Galileoren hitzetan, natura matematikaren hizkuntzan idatzita dago. Horrek zer esan nahi du? Bada, naturako edo zer aztertzen baduzu eta hori ondo ulertzeko metodologia sortzen baduzu, nahi eta nahi ez formula matematikoak sortuko dituzula. Formula horiek ekuazio diferentzialak eta deribatu partzialen ekuazioak dira.

Halakoak erabiltzen ditugu guk arazo korapilatsuak aztertzeko, hala nola trenen edo autoen diseinua, hegazkinen diseinua, zentral elektrikoak, energiaren inguruko arazoak...

### **Beraz, errealitatea matematikoki zehatz-mehatz adierazte posible da?**

Bueno, Einsteinek esan zuen, ez? Harrigarria dela matematikak zer zehaztasun duen errealitatea adieraztean. Benetan, harrizkoa da nola mimetizatzen duten errealitatea eredu matematikoeak.

### **Literaturak ere balio du errealitatea azaltzeko, baina askotan metaforak eta bestelako amarruak erabiltzen ditu. Matematikak ere baditu halakoak?**

Matematikan egon ez dago amarrurik, logikari loturikoa ez bada. Matematika gizakiaren eraikuntza da, eta, horregatik,



L. JAUREGALITZ/ARGAZKI PRESSED



ARTXIBOKOA

hasiera-hasieratik zalantzan jar daiteke zer-nolako balioa duen. Baina, behin oinarritzko ereduak eta printzipioak ontzat hartuz gero, matematikariaren metodologia eta arauak zuzen jarraituz gero, ez dago errorearendako lekurik.

Hori bai, matematikak tresna abstraktuekin lan egiten du, eta haren indarra abstrakzio horretan dago. Hala,  $ax=b$  formula kalkulu erraza izan daiteke,  $x=b/a$  erantzun bakararekin, edo baita planeten higidurarako eredu bat ere. Orduan, matematikaren amarrua sinplifikazio horretan egon daiteke; sinplifikazio hori gehiegizkoa bada, akats handiak egin daitezke, eta emaitza okerra izan daiteke. Baina matematika, berez, zuzena da. Hala ere, matematikak erantzun zuzenak emateko eredu aproposak behar ditu.

Horregatik, gaur egungo ingeniartzan eta teknologian matematika tresna bat da, baina ez da tresna bakarra. Hau da, auto bat egitean, eredu matematikoak erabiltzen dira, bai; baina, horrez gain, laborategiko esperimenduak eta hainbat proba egiten dira. Ez da matematikaren esku jarritzen prozesu guztia.

*“naturako edo zer aztertzeko eta hori ondo ulertzeko metodologia sortzen baduzu, nahi eta nahi ez formula matematikoak sortuko dituzu”*

### **Eta zein da, zure ustez, zure ekarpenik handiena?**

Ez dakit; bat bakarra esatea ez da erraza. Lehen kontrola aipatu duzu, eta oso garrantzitsua da, denoi eragiten digulako. Hain zuzen ere, kontrola prozesu konplexuak gure mesederako kontrolatzeko erabiltzen da; adibidez, tenperatura egokia izateko etxean edo saltokigune handi batean. Beste adibide bat poluzioa edo zarata murriztea izan daiteke, edo satellite bat nahi den lekura eramatea... Kontrol-prozesuak denean daude.



L. JAUREGALTZO/ARGAZKIPRESS

Zuazuaren arloa matematika aplikatua den arren, denbora gehienez matematika teorikoan aritzen da.

Nik horretan egin dut lan asko. Kontrolaren teoriaren, ekuazio diferentzialen edo deribatu partzialen ekuazioen, eta analisi numerikoaren triangelu horretan. Eta nik uste dut egin ditugun gauza batzuk interesgarriak izan direla. Uhinen ekuazioa, esaterako, aplikatu daitezke akustikan, elastikotasunean, eta beste hainbat arlotan, eta prozesu horien kontrola eta kontrolean azaltzen den analisi numerikoa garatu ditugu. Gainera, horrek izan du aplikazio txiki bat aeronautikan, eta beharbada horregatik aipatu du epaimahaiak.

Dena dela, horretan, aeronautikaren arloan, aholkulari besiterik ez gara izan. INTAko eta Airbuseko ingeniarietara lan egiten dugu. Ingeniaritzako metodoekin egiten dute lan, baina neurri batean badakite matematikari buruz, topaturiko akatsa noiz den era matematikoan ebazteko modukoa eta noiz egon daitezkeen matematikarentzat interesgarria izan daitezkeen arazo bat jakiteko adina. Hala, nik lehen modu akademikoagoan landutako gaiak aplikatzeko aukera izan dugu.

Azken finean, kontuan izan behar da, ezen, matematikan, galdera aproposa egitea, berez, balio handikoa dela. Hor dugu, adibidez, Fermat-en teorema. Hark, XVII. mendean, frogarik gabeko enuntziatu batekin, beste matematikari askorentzat 300 urterako lana utzi zuen, eta horren inguruan matematikari bikainak sortu eta bilakatu izan dira, galdera horri erantzuna eman arte, Andrew Wiles-en lanarekin, 1995. urtean, hain zuzen ere.

**Orduan, lehen lan gehiago egiten zenuen matematika teorikoan, eta gerora hasi zinen matematika aplikatuan?**

Bai, erabat. Orain dela gutxira arte, eta orain ere denbora gehienez, matematika teorikoan aritzen naiz, nahiz eta nire arloa matematika aplikatua den. Dena dela, hori guztiz normala da. Batzuetan kritikatu egiten gaituzte, beti aplikazioan aritu beharko genukeela uste baitute; baina gu matematikariak gara. Kontua zein da? Bada, urte askotan eusten

badiozu zure jardunari, eta beste zientzialariek hitz egiteko prest bazaude, erabat normala dela diziplina anitzeko zerbait ateratzea. Eta hori gertatu da. Horretarako, ordea, denbora behar da, eta guri orain iritsi zaigu une hori.

*“azken finean, kontuan izan behar da, ezen, matematikan, galdera aproposa egitea, berez, balio handikoa dela”*

**Denbora beharko da, baina gaztea zara. Denbora gutxian gauza asko egin dituzu.**

Tira, gaztea bai, baina ez horrenbeste. Begira, unibertsitatean 18 urterekin sartzen gara, eta askotan ez gara ateratzen. Nik, adibidez, 45 urte ditut, eta horrek esan nahi du 27 urte daramatzadala unibertsitatearen arloan. Urte-piloa dira; beraz, izan dugu zerbait dezentea egiteko aukera.

Egin kontu: Fields domina 40 urtetik beherako matematikarientzat da. Hortaz, matematikarion ikuspuntutik, 40 urte baino lehen gauza garrantzitsuak egiteko gai izan behar dugu. Gero Abel saria sortu dute, ibilbide osoarengatik edo bere garaian saritu ez zenari saria emateko. Eta hori oso ondo dago.

Edonola ere, gero eta sari gehiago ematen dira zientziaren munduan, eta ez dut esango akuilu handia direnik, egiten duguna maite dugulako egiten baitugu, baina beti dago ondo besteek noizean behin gure lana aintzat hartzea. ■