

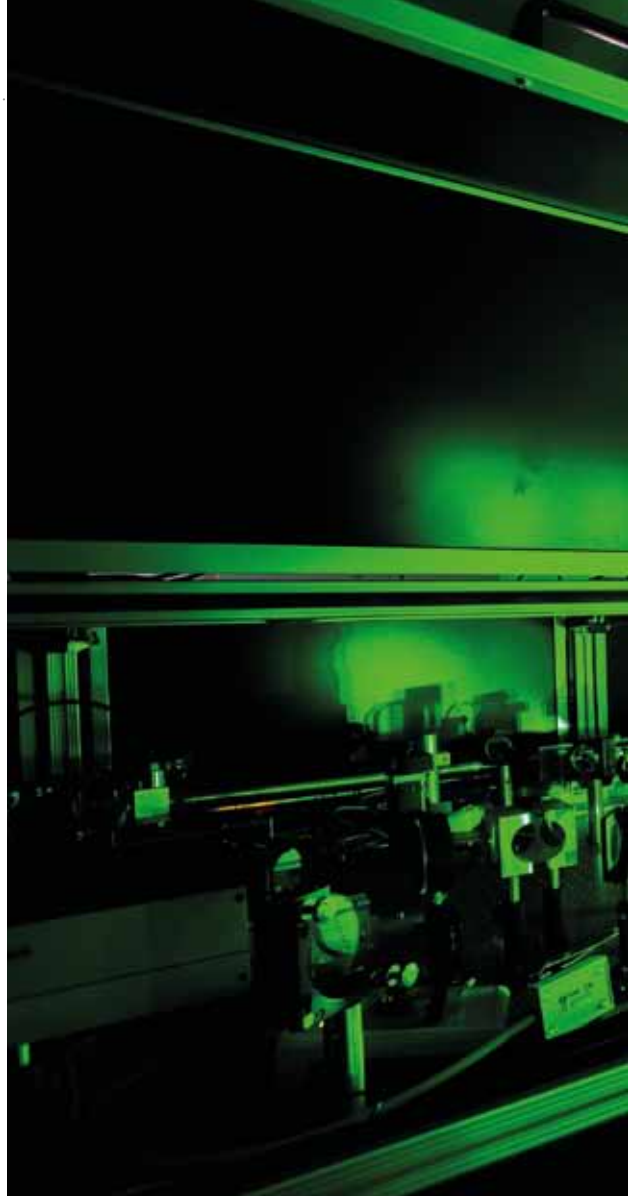
# Laserrak ezagutzaren mugak argitzen

Egoitz Etxebeste Aduriz · Elhuyar Zientzia

1960an Theodor Maimanek laserra asmatu zuenean, ez zuen ezertarako balio. Orain, edonon daude. Sortu dira laser-mota berriak ere; ulertzeko ere zaila den denbora-tarte labur batean potentzia ikaragarriak hartzeko gai dira, izar baten bihotzean gertatzen dena hurbiltzeraino. Zertarako balioko duten, adituek badiute ideia bat, baina, neurri bateraino soilik.

Intentsitate handiko laser ultramotzei buruz, Gerard Mourou Nobel saridunak dio une honetan mota horretako laserrek dituzten aplikazioak gehiago direla dauden laserrak baino; nahiz eta, aldi berean, aitortzen duen aplikazio horietako asko oraindik frogatu egin behar direla. Joan den maiatzean, Salamancan, egin zituen adierazpen horiek; hantxe baitago balizko aplikazio horietako batzuk frogatzeko balio lezakeen laserren zentro garrantzitsuenetako bat: CLPU zentroa (Centro de Laseres Pulsados).

Donna Stricklandek eta Mourouk laserren mundua irauli zuten, 1980ko hamarkadaren erdialdean, laserren intentsitatea handitzeko modua asmatu zutenean. Garai horretan, laserrek izan zezaketen intentsitate-mugara iritsi zirela zirudien; izan ere, intentsitatea gehiago handitzen saiatzen baziren, material anplifikatzailea suntsitzen zen. Alabaina,



Stricklandek eta Mourouk arazo hori gainditzen zuten teknika berri bat asmatu zuten: CPA teknika (Chirped Pulse Amplification): pulsu labur-labur batetik abiatuta, pulsu luza, gero anplifikatu, eta, azkenik konprimatuta, intentsitatea asko handitu zitekeela erakutsi zuten. Iaz, Fisikako Nobel saria jaso zuten lan horregatik.

Asmatu zutenetik, gero eta intentsitate handiagoko laserrak egiteko oinarritzko teknika bihurtu da. Salamancako CLPU zentroan iaz jarri zuten martxan zentroko hirugarren laserra, ahaltsuena: VEGA-3. Gisa horretako laserretan munduko intentsitate handieneko hamarren artean dago. Petawatt ba-



ARG.: © Ecole Polytechnique/J. Barande.

teko potentzia du, alegia, 1.000.000.000.000.000 edo  $10^{15}$  wattekoa; Espainia osoko argindarraren potentzia baino 25.000 aldiz gehiago, gutxi gora-behera.

### **Pultsu ultramotzak**

Hala ere, ez du energia askorik behar hori lortzeko, laserraren pultsuak oso oso laburrak baitira, 30 femtosegundokoak. Femtosegundo bat  $10^{-15}$  segundo da, alegia, 0,000000000000001 segundo. Unibertsoaren adinean segundo batek duen proportzio bera du femtosegundo batek segundo batean. Hortxe dago halako potentziak lortzeko gakoa, hain zuzen ere. "Laser hauen ezaugarri

garrantzitsua da pultsukakoak direla —dio Jon Apiñaniz Aginako CLPUko ikertzaileak—; hau da, laser arruntek argi-fluxu jarraitu bat sortzen dute, eta, kasu honetan, berriz, argi-bala batzuk jaurtitzeko dira, argi-kantitate oso handia denbora oso laburrean kontzentratuta, eta, horrela, potentzia izugarriak lortzen dira".

Argi-bala horiek argizko bolatxo mikroskopikoak dira, hainbesteko energia dutenak, ezen, ukitzen duten materia plasma-egoeran jartzen duten. "Plasma egoeran materiak oso jokaera desberdina du. Guk hori ikertzeko erabiltzen dugu laserra; materia energia-maila oso altuetara eramaten dugu,

*“Materia energia-maila oso altuetara eramaten dugu, zentral nuklear bateko egoeraren edo izarren nukleoetako egoeren antzekoetara”*

zentral nuklear bateko egoeraren edo izarren nukleoetako egoeren antzekoetara”, azaltzen du Apiñanizek. Batez ere, fisika nuklearra, laborategiko astrofisika eta, oro har, oinarrizko fisikako ikerketak egiteko balio dute horrelako laserrek.



CLPU zentroa, Salamancan. ARG.: © Yaiza Cortes/CLPU.

CLPU zentroko baliabideak mundu osoko ikertzaileren eskura daude. Jasotzen dituzten eskaerak, baita bertako ikertzaileenak ere, kanpoko batzorde batek aztertzen ditu. Eta batzorde horrek erabakitzen du baliabideak nola banatu. Eskaerarik ez zaie falta. Izan ere, VEGA-3 laserrak, potentziaz gainera, badu beste ezaugarri bat, ikertzaileentzat oso erakargarria: azkartasuna. Segundoko pulsu bat jaurti dezake. Potentzia horretako laserretan hori egin dezaketen beste bi baino ez daude munduan. “Hori oso garrantzitsua da —argitzen du Apiñanizek—, esperimentuak konplexuak dira, eta aldakortasun handia dago tiro batetik bestera; horregatik, ezinbestekoa da datuak pilatzea, estatistikoki baliagarriak izateko. Laser askotan agian ordubete edo itxaron behar da tiro batetik bestera, kondentsadoreak hozteko, berriz kargatzeko eta abar, eta horrela zaila da datuak pilatzea”.

### **Erronka teknologikoa eta zientifikoa**

Segundoero 30 femtosegundoko eta petawatt bateko argi-balak jaurtitzeko gai den laser bat eraikitzea eta mantentzea ez da lan erraza. “Benetako erronka teknologikoa eta zientifikoa da”, dio Apiñanizek. “Kristalen purutasunak oso zehatza izan behar du; tenperatura oso zehatz batean mantendu behar dira; laserrak, behin anplifikatuta, ezin du leiarretatik pasa, suntsitu egingo lituzkeelako, eta, beraz, leiarren ordeztu hainbat motatako ispiluak erabili behar dira (esferikoak, parabolikoak...); laserrak hutsean bidaiatu behar du, bestela, airea ere ionizatu eta plasma bihurtuko lukeelako...”

Eta laserrarekin egiten diren esperimentuak gertatzen dena neurtu ahal izatea ere, beste erronka bat da. “Hori da honen gako handienetako bat. Pulsuaren denbora-ezaugarriak neurtzea bera ez da erraza. Hemen ez du balio argi-sentsore batzuk jartzearekin. Elektronikak ez du abiadura horietan funtzionatzen. Metodo optikoak erabili behar dira”, azaltzen du Apiñanizek. “Eta esperimentera egitean zer gertatzen den jakiteko diagnosi-teknika behar bezain azkarrak garatu behar ditugu. Horixe da, hain zuzen, gure unitate zientifikoaren lana. Hainbat metodo erabiltzen ditugu. Adibidez, laserraren zati txiki bat desbideratzen dugu, bide luzeagoa eginarazi, eta femtosegundo batzuk geroago iristeko; horrela, esperimentuaren argazki bat ateratzen dugu femtosegundo batzuk geroago. Horrez gain, erabiltzen ditugu X izpien kamerak; partikula-espektrometroak, jakiteko zer partikula sortu diren eta zer energia duten; eta abar”.

“Eskala hauetan naturaren argazki bat ateratzeko, aztertu nahi duzunak irauten duena baino elkarre-



Jon Apiñaniz VEGA-2 laserraren (200 terawatt) esperimentazio-eremuan. ARG.: © Javier Sastre/CLPU.

kintza azkarragoak behar dituzu”, dio Apiñanizek. “Gertaera astrofisikoak, adibidez, izarren nukleoetan gertatzen diren prozesuak, edo atomoen nukleoan kitzikapenak, edo elektroienak, materiaren egoera kuantikoan aldaketak eta abar, femtosegundotako edo attosegundotako eskalatan gertatzen dira, gehienez ere nanosegundotan”.

### Fusioa jomugan

CLPUko laserrekin eta antzekoekin ikertzen ari diren gaien artean, bat azpimarratzen du Apiñanizek, guztien gaineratik: “Mota honetako laser ahaltsuenen azken helburua fusio nuklearra ikertzea da”. Zentral nuklearretan gertatzen den fusioaren kontrako prozesua da, fusioa. Atomo astun eta ezegonkor bat apurtu beharrean, bi atomo arin fusionatzean

datza, izarretan bi hidrogeno atomorekin helio atomo bat sortzen den modu berean. Horrek energia izugarria emango luke, hondakin erradioaktiborik sortu gabe.

*“Mota honetako laser ahaltsuenen azken helburua fusio nuklearra ikertzea da”*

[Aspaldiko ametsa da](#), baina atomo arinak fusionatzea oso kontu zaila da. Muturreko presioak edo tenperaturak lortu behar dira. ITERen gisako erreaktoreetan konfinamendu magnetikoaren bidez tenperatura igotzea da estrategia. Laserre-

kin berriz, helburua litzateke muturreko presioak lortzea. Erregai solido bati laser-pultsuak jaurtiko litzaizkioke, alde guztietatik, aldi berean; laserren presioak erregaia izugarri konprimatuko luke, eta fusioa eragin. "Horixe litzateke denok buruan dugun azken aplikazioa, nahiz eta oraindik oso urrun dagoen", aitortzen du Apiñanizek.

## *"Erabilgarria izan liteke medikuntza nuklearrean edo protoi-terapian"*

### **Gertuagoko aplikazioak**

Hala ere, badaude askoz gertuago egon litezkeen aplikazioak ere. "Materiari halako energia ematean, fisika nuklearreko hainbat prozesu gertatzen dira, eta, besteak beste partikulak azeleratzen dira", azaltzen du Apiñanizek. "Adibidez, protoiak azeleratzen dira LHC-ren gisako azeleragailuetan bezala, baina energia gutxiagorekin, eta askoz instalazio txikiagoetan. Hori erabilgarria izan liteke medikuntza nuklearrean edo protoi-terapian".

Gaur egun, medikuntzan, positroien igorpen-tomografiak (PET) egiteko behar diren isotopo erradioaktiboak lortzeko, partikula-azeleragailuak erabiltzen dira. Instalazio handiak dira, eta gutxi daude. "Laser hauek optimizatu ditzakegu, isotopo horiek sortu ahal izateko askoz instalazio txikiago eta erabilgarriagoetan", dio Apiñanizek. "Eta, hala, edozein ospitalean egin ahalko litzateke".

Nahiko gertu ikusten du hori Apiñanizek. Eta protoi-terapiarena ere, zertxobait gehiago kosta litekeen



VEGA-3 laserraren barruak; laserra amplifikatzen den guneeetako bat. ARG.: © Enrique García/CLPU.

arren, etorkizun hurbilean lor daitekeela uste du. Erradioterapia teknika bat da, non, ohiko X izpien ordez, protoiak erabiltzen diren. X izpiekin tumore bat irradiatzen denean, inguruko ehunak ere asko kaltetzen ditu. Tumorea sakon dagoen kasuetan, arazo larria izan liteke hori, tumorea baino lehen eta ondoren dagoena asko kaltetzen duelako. Protoiekin, berriz, zehazki nahi den sakoneran eragin daiteke. Horretarako, ordea, "protoi asko eta energia-maila jakin batekoak behar dira, eta, hori, gaur egun, protoi-azeleragailu handiekin bakarrik lor daiteke", azaltzen du Apiñanizek. "Laserren bidez ere lor genezake, ordea, askoz instalazio txikiagoetan, eta, orduan, askoz jende gehiagoren eskura egongo litzateke tratamendu hori; gaur egun oso leku gutxitan egin baitaiteke".

Mourouk, Salamancan eman zuen prentsaurrekoan, bost bat urteko epean lor zitekeela iragarri zuen. Eta haren azken urteetako ikergaia den beste aplikazio bat ere azpimarratu zuen Nobel saridunak: hondakin nuklearren tratamendua. "Energia nuklearra energia-iturri ezin hobea izan liteke, bai-

## “Ezagutzaren mugetan gaude, baita teknikaren mugetan ere”

na hondakin nuklearren arazoa konpondu behar dugu”, esan zuen Mourouk. “Intentsitate handiko laser hauekin energia handiko partikulak sor ditzakegu, eta partikula horiekin hondakin nuklearren transmutazioa eragin, hondakin horien erradioaktibitatea milioika urtetakoa izatetik soilik urte batzuetakoa, edo, egun batzuetakoa, izatera pasa dadin. Hemengo laserrak [CLPUkoak] balio du hori frogatzeko, baina, benetan aplikatu ahal izateko, oraindik existitzen ez diren laser eraginkorragoak beharko lirateke”; gehitu zuen.

### Europako proiektu erraldoia

Bitartean, [arazo administratibo eta politiko batzuk tarteko atzeratzen ari den arren](#), laster martxan egotekoa da Extreme Light Infrastructure (ELI) proiektu europar erraldoia. Hiru zentrok osatuko dute ELI. Txekiar Errepublikan, ELI-Beam

zentroan, lau laserren pultsuak erabiliko dituzte X izpien, elektroien eta protoien iturri gisa. Pultsuak femtosegundokoak izango dira, eta lau laserretan indartsuenak 10 PW hartuko ditu. Hungarian, ELI-Attosecond zentroak are pultsu laburragoak (attosegundoen eskalakoak) sortuko dituzten bost laser izango ditu. Eta, azkenik, Errumanian, ELI-Nuclear Physics zentroak 10 PWeko bi laser eta gamma izpien iturri bat izango ditu.

Martxan jartzen denean, sekula ikusi gabeko kondizio fisikoak sortuko ditu ELIk. Eta zientzialariak jakin-minez daude, halako laser-pulstu indartsuak jaurtitzean zer gertatuko den. “Egia esateko, nik ere ez dakit zer espero dezakegun. Ezagutzaren muge-tan gaude, baita teknikaren mugetan ere”, dio Apiñanizek. ●



Txekiar Errepublikan, ELI-Beam zentroko L3-HAPLS laserra dagoeneko erabilgarri dago. ARG.: LLNL.