

L'alumne pot obtenir ràpidament un codi que funcioni centrant-se en la part matemàtica del problema, i a la vegada, després pot centrar-se a optimitzar-lo pel compilador de Julia, aprofundint en el coneixement intern de l'ordinador.

La recerca científica amb Julia

Ja hem vist que Julia es va dissenyar per fer-lo útil per a tasques científiques. En aquest sentit, un dels pilars fundacionals de Julia és simplificar i sistematitzar la reproductibilitat en aplicacions científiques. Un resultat científic ha de poder ser reproduït per qualsevol persona que pugui replicar les condicions en què s'ha obtingut. Per exemple, els resultats d'un experiment per estudiar la caiguda lliure d'objectes

a prop de la superfície de la Terra han de poder ser reproduïts per qualsevol que tingui instruments de mesura similars. El problema ve quan uns resultats es basen en l'execució d'un programa, perquè aquesta es pot veure afectada per l'entorn d'execució (sistema operatiu, elements de maquinari, versions de les llibreries que s'utilitzen, etc.).

Julia permet desar totes les variables de l'entorn d'execució en un fitxer. D'aquesta manera, es pot analitzar tant la correcció del codi que s'ha fet servir com totes les variables secundàries que poden afectar-ne l'execució. A més a més, donat un fitxer que contingui la informació de l'entorn d'execució, Julia permet imitar aquest entorn per tal de poder reproduir-la sense preocupar-nos de les característiques de la nostra màquina i el programari instal·lat.

Matemàtiques i música

Musimàticas: a la recerca de científiques històriques i actuals

Laura Farré

Doctoranda a Royal Birmingham Conservatoire, Birmingham City University

La inventora del primer algoritme informàtic de la història, Ada Lovelace (1815-1852), ja va predir en el seu dia que les màquines serien capaces de qualsevol cosa, fins i tot de compondre música, i que les seves úniques limitacions serien les de la imaginació d'aquelles persones que les programessin.

Tot i que diversos matemàtics van establir notables fites en aquest camp, com ara Gottfried Leibniz (1646-1716), Charles Babbage (1791-1871), la mateixa Ada Lovelace, i Alan Turing (1912-1954), Lovelace també va innovar a l'hora de vaticinar que els ordinadors del futur anirien més enllà d'esdevenir pures màquines de calcular.

És per aquest motiu, que amb aquesta matemàtica es va estrenar el programa *Musimàticas* a Radio Clásica, en el qual des de ja fa dues temporades d'estiu, cada setmana s'utilitza la trajectòria d'una científica històrica o actual com a font d'inspiració, servint-se de les figures mitològiques de les muses, per explicar una connexió entre la música i les matemàtiques.



Imatge promocional d'Ada Lovelace del programa radiofònic *Musimàticas* de Radio Clásica, presentat per Laura Farré Rozada

A data d'avui, el programa ha donat a conèixer als oients d'aquesta emissora estatal, les vides

i fites professionals de científiques de totes les especialitats, èpoques i nacionalitats: Ada Lovelace, Diana Deutsch, Kaisa Matomäki, Emmy Noether, Zaha Hadid, Rosalind Franklin, Hedy Lamarr, Olga Oleinik, Ameenah Gurib-Fakim, Nettie Stevens, Maria Sibylla Merian, Agnes Meyer Driscoll, Mary Cartwright, Delia Derbyshire, Tamilla Nasirova, Hipatia, Carme Torras Genís, Maryanne Amacher, Jessica Fridrich, Marta Sanz Solé, Nalini Anantharaman, Bertha Ringer Benz, Caroline Herschel, Hildegard von Bingen, Carol Shaw i Rózsa Péter. I si una cosa en destaquen els oients, més enllà del seu interès pel contingut matemàticomusical que s'hi divulga, és la seva incredulitat en no haver sentit a parlar mai de la majoria d'aquestes protagonistes.

Es podria argumentar que la societat, en general, no necessàriament hauria d'estar assabentada de les investigacions premiades de la matemàtica finlandesa Kaisa Matomäki (b.1985) en el camp dels nombres primers; de les contribucions igualment premiades de la francesa Nalini Anantharaman (b.1976) en física matemàtica; o que no fos fins al 2014 i el 2019, que la iraniana Maryam Mirzakhani (1977-2017) i l'estatunidenca Karen Uhlenbeck (b.1942) es convertissin en les primeres dones en guanyar la Medalla Fields i el Premi Abel, respectivament: els dos reconeixements més prestigiosos en matemàtiques. Però, potser, senzillament és una qüestió de prioritats, i concretament, de quin tipus de coneixement és fonamental i convindria que fos d'abast comú, en el transcurs d'aquesta eterna i lenta transformació cap a una societat més justa, la qual, idealment, hauria de promocionar i premiar les persones en funció dels seus mèrits.

El cas d'Emmy Noether (1882-1935), considerada la matemàtica més important de la història, n'és un exemple clar. Amb la demostració del seu teorema el 1915, va aconseguir una plaça a la Universitat de Göttingen, convidada pels matemàtics David Hilbert (1862-1943) i Felix Klein (1849-1925). Tanmateix, fins que no va obtenir el càrrec de catedràtica en àlgebra, no va rebre cap retribució per les seves classes, obligant la seva família a mantenir-la econòmicament. Quan finalment va poder esdevenir econòmicament independent, obtenint aquesta plaça oficial a la universitat, el partit nazi la va

expulsar per ser jueva, forçant-la a exiliar-se als Estats Units. Malgrat tot, Emmy Noether es va convertir en una experta mundial de l'àlgebra abstracta.



Emmy Noether

Un cas similar és el de la matemàtica hongaresa Rózsa Péter (1905-1977), més coneguda com la mare fundadora de la Teoria de la Recursivitat. També provinent d'una família jueva, Péter va patir l'assetjament a aquesta comunitat, pel que va decidir deixar d'utilitzar el seu cognom jueu "Politzer" i substituir-lo per l'hongarès "Péter". Els seus anys d'adolescència també van coincidir amb la Primera Guerra Mundial, i durant la Gran Depressió, Péter es va dedicar a elaborar les seves pròpies demostracions sobre el treball del matemàtic Kurt Gödel (1906-1978).

Després de doctorar-se el 1935 amb les màximes qualificacions, va continuar presentant i publicant el seu treball sobre les funcions recursives a congressos internacionals, desenvolupant un nou camp d'investigació al voltant d'aquesta temàtica. Tanmateix, just quan la seva trajectòria professional estava evolucionant més, el govern hongarès pronazi va aprovar un decret prohibint als jueus exercir la docència. En conseqüència, Péter es va dedicar a escriure un llibre sobre geometria, lògica i teoria de nombres per a un públic no especialista (*Jugant amb l'infinit*, 1943), el qual es va traduir a 13 idiomes.

Més tard, durant la dècada dels 50, quan ja s'havia aixecat el veto nazi als jueus, Péter va aconseguir el seu primer treball com a docent

a temps complet a la Pedagógiai Főiskola. Aquesta escola va tancar cinc anys després, però ràpidament es va poder incorporar com a professora a la Universitat Eötvös Loránd, en la qual va exercir fins als 70 anys. Tot i aquestes dificultats, Rózsa Péter va rebre múltiples reconeixements per la seva carrera: el 1951, el govern hongarès li va concedir el Premi Kossuth; el 1953, la Societat Matemàtica János Bolyai la va reconèixer públicament amb el Premi Manó Beke; més tard, el 1970, va rebre el Premi Estatal de Plata, i el 1973, el Premi Estatal d'Or. Aquell mateix any es va convertir en la primera dona escollida membre de l'Acadèmia Hongaresa de Ciències.



Rózsa Péter

També són esfereïdors els casos de Rosalind Franklin, Nettie Stevens i Hedy Lamarr, a qui no només se'ls hi va posar traves en termes econòmics, sinó que també se'ls hi va plagiar els seus descobriments. Concretament, durant la seva estada de recerca al King's College, Rosalind Franklin (1920-1958), va prendre les primeres imatges d'ADN amb raigs X, que suggerien que l'ADN té una estructura helicoidal. Franklin també va descobrir l'estructura del carbó, el grafit i l'ARN, gràcies als seus treballs amb imatges per difracció de raigs X, tot i que el seu descobriment més important va ser l'estructura de l'ADN. Aquest descobriment va tenir un gran impacte en els avenços científics de la genètica, però el mèrit se'l van emportar els seus col·legues Maurice Wilkins (1916-2004), Francis Crick (1916-2004) i James Watson (b.1928), que després de plagiar els

resultats de Franklin, van ser guardonats en lloc seu amb el Premi Nobel el 1962. Després d'abandonar el King's College, Franklin va continuar dirigint les seves investigacions amb el seu propi equip al Birkbeck College. Durant aquest període, va fer diversos descobriments sobre les estructures moleculars del virus de la pòlio i del mosaic del tabac. De nou, no va rebre cap reconeixement, sinó que va ser el seu company d'equip, Aaron Klug (1926-2018), a qui es va atorgar el Premi Nobel de Química el 1982 per aquest descobriment.



Rosalind Franklin

Amb una trajectòria similar, la genetista Nettie Stevens (1861-1912) ja va demostrar de petita altes capacitats intel·lectuals, completant en dos anys un curs de quatre, i graduant-se com la primera de la seva classe. Durant 11 anys, Stevens va haver de treballar com a mestra d'escola i bibliotecària per poder pagar-se la universitat. Al 1896, i ja amb l'edat de 35 anys, Stevens va poder finalment matricular-se a la Universitat de Stanford, on va completar en tan sols sis anys la llicenciatura, el màster i el doctorat. El 1905 va aconseguir demostrar que els cromosomes són els encarregats de determinar el gènere dels organismes, canviant el paradigma de la genètica d'aquesta època. Nettie Stevens va ser una figura clau en el món de la citogenètica i l'embriologia, però va ser discriminada persistentment per ser dona. Tot i que a la comunitat científica li va costar acceptar inicialment la seva teoria pionera,

finalment els seus descobriments es van atribuir a Edmund B. Wilson (1856-1939), un dels genetistes més prestigiosos del moment, que també havia estat investigant aquesta qüestió, basant-se precisament en les investigacions de Stevens.



Nettie Stevens

L'últim cas paradigmàtic és el de Hedwig Eva Maria Kisler (1914-2000), més coneguda com a Hedy Lamarr, per la seva faceta com a actriu de cinema a Hollywood i inventora. Ja des de l'escola va destacar per la seva brillant intel·lectualitat, sent considerada superdotada pels seus professors. Des de petita va aprendre a tocar el piano, i tot i haver començat a estudiar enginyeria, va decidir fer realitat el seu somni com a actriu. Després d'una breu carrera cinematogràfica a Txecoslovàquia, Lamarr va obtenir el seu primer contracte a Hollywood, convertint-se en una estrella de cine amb la pel·lícula *Alger* (1938). Tanmateix, la Segona Guerra Mundial li va retornar el seu interès per les telecomunicacions: Lamarr va començar a compaginar la seva carrera com a actriu amb la d'inventora i enginyera, patentant l'any 1942 juntament amb el compositor George Antheil (1900-1959), un sistema de guia per ràdio per a torpedes, el qual es basava en el mecanisme d'una pianola. Aquest invent, conegut com a *frequency hopping* (salt de freqüència), consistia en alternar diverses freqüències a l'hora de transmetre un missatge, per tal d'evitar que el contingut pogués ser interceptat per l'enemic en

la seva totalitat. Tot i que aquesta tecnologia no va ser utilitzada per l'Armada dels Estats Units fins als anys 60, els principis d'aquest invent van establir el fonament de tecnologies actuals com el Bluetooth i el Wi-Fi. Lamarr va consolidar-se com a actriu de Hollywood gràcies al seu gran èxit *Samsó i Dalila* (1949), però mai va rebre cap compensació econòmica per aquests invents tecnològics. Anys més tard, Lamarr també va fundar la seva pròpia companyia cinematogràfica, mentre seguia explorant clandestinament la seva faceta com a inventora. Tot i les seves importants contribucions, no va ser reconeguda públicament per les seves patents fins al final de la seva vida, l'any 1997. Actualment, en el seu país natal d'Àustria, el Dia de l'Inventor se celebra el dia en què va néixer: el 9 de novembre.



Hedy Lamarr

Finalment, la Segona Guerra Mundial també va marcar la trajectòria de la matemàtica ucraïnesa Olga Oleinik (1925-2001), a qui la guerra va forçar, a ella i la seva família, a ser evacuats a la ciutat de Perm, a la remota regió dels Urals. A causa de la guerra, els departaments de Física i Matemàtiques de la Universitat Estatal de Moscou també s'havien evacuat a aquesta regió, i Oleinik va tenir l'oportunitat d'estudiar amb els matemàtics russos més importants del seu temps. Després de graduar-se amb les màximes qualificacions el 1947, va ser convidada a continuar els seus estudis a Moscou, on va obtenir el seu doctorat el 1954, sota la tutela del que seria el seu mentor: Ivan Georgevic Petrovsky (1901-1973).



Olga Oleinik

Oleinik va obtenir resultats fonamentals i extremadament originals en aquest camp, escrivint fins a 350 articles i 8 llibres, a més de supervisar 50 tesis doctorals en la seva especialitat: les equacions amb derivades parcials. Quan va morir el seu mentor, va prendre el relleu i va ser assignada com a directora del Departament d'Equacions Diferencials de la Universitat Estatal de Moscou. Malgrat les dificultats i restriccions imposades per la Guerra Freda durant els anys 70 i 80, Oleinik va impulsar la cooperació científica entre Orient i Occident, que va tenir com a resultat la Teoria de l'Homogeneïtzació, la qual estudia com resoldre problemes en què apareixen, simultàniament, diverses escales de mida. Durant tota la seva carrera, Oleinik va organitzar una xarxa d'in-

vestigadors matemàtics per tot el món, i va protagonitzar molts intercanvis entre la Unió Soviètica i Occident, desafiant les convencions de l'època i dedicant gran part de la seva vida a promoure la pau.

Aquestes són algunes de les trajectòries que el programa *Musimáticas* ha donat a conèixer, demostrant que, malgrat les dificultats, tenim molts models científics femenins que s'han de continuar potenciant. Esperem que, ben aviat, totes elles siguin vox populi. Però, fins a que no arribi aquest dia, queda molta feina a fer.

Referències

- [1] Bolívar, J. (2018) Científicas. Córdoba: Guadalmazán.
- [2] Dodig-Crnkovic, G. (2001) History of Computer Science. Västerås: Mälardalen University.
- [3] Muñoz Páez, A. (2017) Sabias: La cara oculta de la ciencia. Barcelona: Penguin Random House.
- [4] Péter, R. ([1943] 2010) Playing with Infinity: Mathematical Explorations and Excursions. New York: Dover.
- [5] Rhodes, R. (2011) Hedy's Folly: The Life and Breakthrough Inventions of Hedy Lamarr. New York: Vintage.
- [6] Turing, A. M. (1950) Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 49, pp. 433-460.

Parlem de llibres

La criptografia que et cal saber, de Cristina Pérez i Jordi Herrera

Redacció de la SCM/Notícies

Us presentem un llibre publicat per Sant Jordi 2023, que els autors van publicar en obert al web <https://criptografia.cat/>.

En parlem amb els autors, professors a la UAB. Ambdós treballen en temes de criptografia i seguretat, que tenen una forta base matemàtica.

Cristina Pérez és enginyera Informàtica de formació i actualment professora agregada al Departament d'Enginyeria de la Informació i les Comunicacions de la UAB, on du a terme tant recerca com docència en l'àmbit de la privadesa i la seguretat de les dades.

Jordi Herrera també és professor agregat al mateix departament i, és llicenciat en matemàtiques, tot i que la seva trajectòria tant docent com de recerca sempre ha transitat pels camins de la informàtica i la telemàtica, concretament en temes relacionats amb la criptografia i la seguretat de la informació.

Títol: *La criptografia que et cal saber*

Autors: Cristina Pérez Solà, Jordi Herrera Joancomartí