

ha entre el vot uninominal, el preferencial i el d'aprovació?

La secció «Decidir» del web dóna respostes entenedores i raonades a aquestes preguntes que qualsevol col·lectiu hauria de tenir clares a l'hora d'exercir el dret a decidir, últimament reivindicat per molts. Tal com s'explica al web, aquests temes ja preocupaven el pensador mallorquí Ramon Llull a finals de l'edat mitjana.

Representar

Al nostre país, quan votem els nostres representants al Parlament o a l'Ajuntament del poble, els candidats s'agrupen prèviament en partits i acabem votant el partit —i no directament les persones— que millor ens representa. Hi ha altres mètodes en què els electors voten candidats individuals, sense necessitat que estiguin

agrupats en partits. Quin mètode d'elecció és el millor? En què es basa la coneguda regla d'Hondt a l'hora de repartir els escons? Com influeix en el repartiment d'escons la divisió del territori en circumscripcions electorals? És preferible la circumscripció única?

Aquestes i moltes altres són les preguntes que s'aborden en la secció «Representar» del web *Ars Electionis*.

En general el web és clar i àgil a l'hora de buscar la informació. Amb poc més d'un any de vida, manté la informació actualitzada amb enllaços a notícies periodístiques i articles relacionats amb el món de les eleccions. Tot i que té l'estructura externa d'un blog es tracta més aviat d'un web ja que no admet la inclusió de comentaris dels qui el visiten. En qualsevol cas, un blog molt recomanable de visitar.

Carles Barceló
Universitat de Girona

Una mirada matemàtica a *The Man Who Knew Infinity*

Arran de l'estrena recent del film *The Man Who Knew Infinity* s'està produint el fet insòlit de poder veure com actors i tècnics de cinema parlen de matemàtiques en ser entrevistats en els mitjans. Contràriament al que caldria esperar (i témer), tant l'autor del guió i director de la pel·lícula, Matt Brown, com els dos actors protagonistes, Jeremy Irons i Dev Patel, penso que han comprès la tensió que comporta una creació matemàtica genuïna. Així, Jeremy Irons (Hardy) respon a una entrevistadora: «No sabia res de matemàtiques abans d'aquesta pel·lícula, però m'he pogut adonar que el treball matemàtic, com el meu, és un art que requereix dedicar-s'hi amb passió». Al seu torn, Dev Patel (Ramanujan, el matemàtic jove i inexpert, i amb una pressa vital per publicar totalment justificada) sintetitza la figura de Ramanujan com la «d'una estrella del rock en el món de la matemàtica».

Quin goig assistir a una producció cinematogràfica amb matemàtics que apareixen descrits com uns éssers de carn i ossos, altament dotats intel·lectualment però, també, proveïts d'intel·ligència i equilibri emocionals, així com

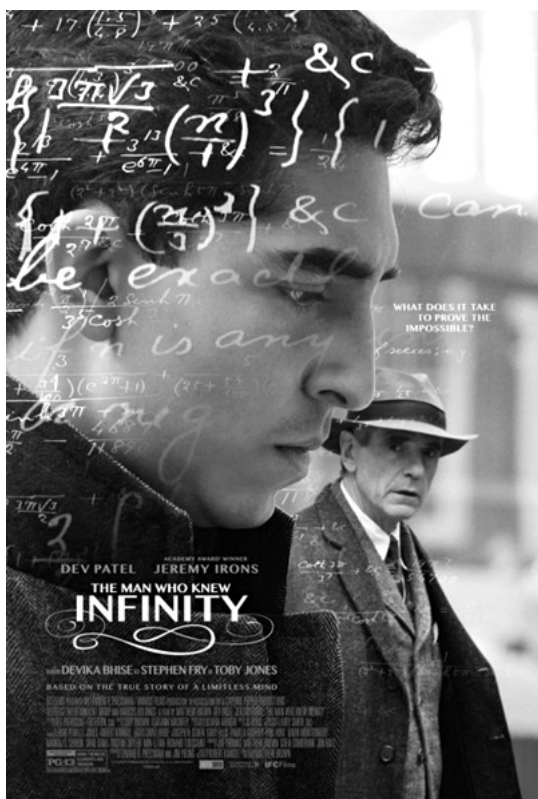
d'un aspecte físic impecable, ben lluny dels estereotips habituals! La pel·lícula està basada en el llibre homònim del biògraf Robert Kanigel, aparegut el 1991. L'acció transcorre en gran part a les dependències més refinades del Trinity College de Cambridge, Anglaterra, i no decau en cap moment, per més quotidiana que ens pugui semblar a les persones que ens dediquem a l'estudi, l'ensenyament i la recerca d'aquesta ciència.

La relació de Godfrey Harold Hardy (1877–1947) amb Srinivasa Ramanujan (1887–1920) no va ser fàcil des d'un punt de vista pedagògic: calia educar matemàticament el jove autodidacte sense fer malbé la seva creativitat, tal com l'adverteix en diversos moments el filòsof, matemàtic i pacifista Bertrand Russell, una altra de les figures del film. Alhora, hi trobem també J.E. Littlewood, l'inefable col·laborador de Hardy i pacient verificador de la falsedat d'alguns resultats «descoberts» pel jove.

En el decurs de la pel·lícula, les matemàtiques transcorren en un discret segon pla, en forma de contrapunt a les experiències vitals,

però suficientment visibles per ser reconegudes. Per consell de Hardy, Ramanujan assisteix a una classe en la qual s'expliquen integrals el·líptiques, que ell domina perfectament i que calcula en un tres i no res en funció de sèries hipergeomètriques. Discuteix amb Hardy sobre una pretesa fórmula seva —falsa— per al càlcul exacte de $\pi(x)$, el nombre de nombres primers inferiors a una quantitat x donada. Arran d'aquest fet, Hardy aconsegueix que Ramanujan cossi la necessitat i la importància de disposar de demostracions de les seves intuïcions i de conèixer els resultats dels predecessors. Però el punt àlgid matemàticament parlant es dona quan assistim a la gestació de la coneguda fórmula asimptòtica de Hardy i Ramanujan per al càlcul de $p(n)$, el nombre de particions d'un enter n donat:

$$p(n) \sim \frac{1}{4n\sqrt{3}} \exp\left(\pi\sqrt{\frac{2n}{3}}\right), \text{ quan } n \rightarrow \infty.$$



Recordem que el valor de $p(n)$ es defineix com el nombre maneres diferents en què un enter positiu n pot ser expressat com a suma d'enters positius. A la pel·lícula, Hardy explica que $p(4) = 5$, atès que

$$4 = 1 + 1 + 1 + 1 = 1 + 1 + 2 = 2 + 2 = 1 + 3.$$

Els valors de $p(n)$ per a $n \leq 200$ foren calculats pel Major P.A. MacMahon, present també en escena. Noteu que

$$p(100) = 190\,569\,292, \dots, \\ p(200) = 3\,972\,999\,029\,388.$$

Està documentat que l'obtenció d'aquests valors, aconseguida gràcies a la fórmula recurrent d'Euler, requerí a l'època un mes de càlcul.

De passada, em permeto esmentar que el càlcul de valors $p(n)$ ja s'havia practicat a l'edat mitjana i el renaixement; per exemple, com a pas previ al càlcul de quantes melodies diferents de 7 notes es poden compondre en emprar 7 notes, diferents o repetides, escollides entre *ut, re, mi, fa, sol, la, si*. A la *Dissertatio de arte combinatoria* de Leibniz (una obra publicada el 1666 i, val a dir, inspirada en l'*Ars magna* de Ramon Llull) podem trobar-hi una resposta en la qual són considerades únicament 6 notes. La resposta, però, és errònia, ja que Leibniz treballa com si $p(6)$ fos igual a 9 quan, de fet, és $p(6) = 11$.

Al final de la pel·lícula se'ns informa de la importància del contingut de la darrera llibreta de Ramanujan (descoberta el 1976 pel matemàtic George Andrews, que apareix als crèdits) i de la seva aplicabilitat a l'estudi de la teoria de cordes i dels forats negres de la física. Es tracta especialment de les funcions que Ramanujan designà amb el nom de *mock theta functions* i que avui, a proposta del matemàtic Don Zagier, anomenem també «formes modulars falses».

No he volgut fer de *spoiler* en parlar d'aquest film; només he pretès complir amb l'encàrrec que m'ha fet el nou editor de *SCM/Notícies* i donar-ne compte. Em permeto, però, recomanar que si us és possible visioneu la pel·lícula la seva versió original anglesa. En la traducció castellana, la paraula *Jacobi* és pronunciada amb accent agut; la funció de partició s'anomena «pi de n», i confón el nom anglès de la lletra p («pi») amb el nom castellà de la lletra grega π ; i el pitjor de tot: la coneguda anècdota del taxi, no fa referència al número de matrícula «mil setecientos veintinueve» (dit «seventeen-twentynine», en anglès) sinó al número «diecisiete, veintinueve». Ves per on, ara resulta que el número «diecisiete, veintinueve» és el número més petit que pot

ser expressat de dues maneres diferents com a suma de dos cubs!

Per acabar, les nostres felicitacions als matemàtics Ken Ono i Manjul Bhargava, que han actuat com a productors associats de la pel·lícula. Extraordinari ha estat especialment el treball d'assessorament del primer en relació a fer creïbles els diàlegs matemàtics, tal com han remarcat els actors. Impagable la imatge de la pissarra en què es mostra el mètode del cercle, amb els arcs de Farey —majors i menors— dibuixats, i la menció al teorema

de Cauchy per a l'obtenció del comportament asimptòtic de $p(n)$. Aquests resultats, entre d'altres, implicaren al seu dia que Ramanujan fos elegit membre de la Royal Society i membre del Trinity, i justifiquen amb escreix el sobrenom de l'Home que Coneixia l'Infinit atès que, per un refinament escaient de la fórmula asimptòtica de les particions, Hardy i Ramanujan n'aconseguien una altra amb un terme d'error $O(n^{-1/4})$, amb la qual cosa la fórmula refinada esdevé exacta quan n tendeix a l'infinit.

Pilar Bayer
Universitat de Barcelona

Prof: Alan Turing Decoded, de John Dermot Turing

Si hi ha hagut en la història de les matemàtiques un matemàtic improbable aquest és, sens dubte, Alan Mathison Turing. No és freqüent trobar un matemàtic que amb 24 anys publicui un article que contribueixi substancialment a demolir el programa finitista de Hilbert i, pocs anys més tard, trobar la mateixa persona amb un soldador a la mà muntant circuits per als primers ordinadors electrònics. De la lògica pura a l'enginyeria pura i simple: és certament un salt qualitatiu.

La biografia científica de Turing és prou coneguda, fàcil de trobar i no cal repetir-la, però potser paga la pena fer-ne un resum en tres ratlles: contribucions fonamentals a la lògica matemàtica, treball en criptografia durant la Segona Guerra Mundial (el mateix Churchill va afirmar que la contribució de Turing va ser decisiva per a la victòria aliada), constructor dels primers ordinadors al Regne Unit, creador del que ara anomenem «intel·ligència artificial». També és poc ortodoxa: persones probablement molt menys brillants van fer una carrera acadèmica de més èxit. De fet, mai va ser el que en la terminologia del Regne Unit es diu «professor», però la seva contribució a la ciència i al pensament del segle XX són cabdals. A hores d'ara, i sobretot després de la pel·lícula *The Imitation Game*, la part més personal i íntima de la seva biografia també és coneguda, tot i que segurament queda reduïda a una col·lecció

de llocs comuns sobre les lleis britàniques de l'època que el van obligar a seguir un tractament amb estrògens per curar-lo de la seva homosexualitat (l'alternativa era una condemna en ferm i la presó) i al misteri de la seva mort el 1954 per ingestió de cianur, aparentment un suïcidi.

Turing va ser un personatge polèmic. Dels qui el van tractar personalment hi ha opinions per a tots els gustos, no totes dolentes o crítiques, però sí que hi ha un determinat consens que podia combinar un tracte molt afable, fins i tot divertit, amb una imperitència notable. La seva opinió sobre la possible intel·ligència de les màquines, no cal dir-ho, encara és polèmica avui dia. Convé potser aclarir la posició subtil de Turing: la pregunta no és si una màquina pot pensar, sinó si podem distingir una màquina d'un humà només a partir de les respostes que dona a les nostres preguntes. Això és el que ara coneixem com a «test de Turing» i que ell va anomenar «the imitation game». Evidentment no és un test real utilitzat a la pràctica, sinó que s'ha d'entendre com una metàfora de les seves idees.

Les biografies de Turing tampoc no estan exemptes de polèmica. Les clàssiques d'Andrew Hodges, *Alan Turing: the Enigma* (1983, reeditada el 2012 i el 2014) i de David Leavitt, *The Man Who Knew Too Much: Alan Turing and the Invention of the Computer* (2007), fan de