



Sciammarella

L'ENIGMA DE LA MENT

ALAN TURING: UNA APROXIMACIÓ BIOGRÀFICA

Pedro Ruiz-Castell

Il·lustracions a càrrec d'Agustín Sciammarella

■ LA INFANTESA I L'ADOLESCÈNCIA DE TURING

Considerat el pare de la informàtica moderna per les seues aportacions a aquesta disciplina, Alan Mathison Turing va nèixer a Londres el 23 de juny de 1912. Malgrat algunes dificultats per aprendre a llegir i escriure als seus primers anys d'escola, Turing va mostrar des de menut un gran interès per les ciències. La seua gran passió era la química.

El jove Turing no era especialment sociable. Una bona mostra és la dificultat per fer amics a la Sherborne School, on va ingressar el 1926, a punt de fer catorze anys. Aquesta escola, com altres escoles privades britàniques, fomentava no tant el conreu de les ciències com l'aprenentatge dels esports i les llengües clàssiques, vinculades amb les virtuts imperials d'homenia, jerarquia i lideratge. L'excepció eren les matemàtiques. Així doncs, Turing va ser redirigit des de les ciències experimentals cap a la matemàtica, una disciplina que va conrear sovint durant aquests anys de manera autodidacta, fins al punt d'escriure un resum i una crítica a la teoria de la relativitat d'Einstein.

Turing també va desenvolupar durant aquest període sentiments emocionals cap a altres xics. Un dels seus amics més íntims fou Christopher Morcom, un estudiant més gran que compartia l'interès per la ciència i per les matemàtiques d'Alan. Amb divuit anys, Christopher va realitzar amb èxit l'examen per entrar al Trinity College de la Universitat de Cambridge. Turing, però, era un any menor i llavors encara no estava preparat. Hauria d'esperar un curs. Poc abans de finalitzar els seus estudis a Sherborne, però, va conèixer la tragèdia de la mort de Christopher com a conseqüència d'una tuberculosi de la qual Alan no sabia res.

Segons el seu biògraf, Andrew Hodges, l'interès de Turing per les màquines i la ment va estar íntimament

l·ligat a aquesta experiència traumàtica. Quina relació existia entre l'*esperit* de Christopher i el *mecanisme* del seu cos? La mort de Christopher hauria d'enfrontar Alan Turing amb qüestions relacionades amb la naturalesa de la ment, la matèria i la diferència entre la vida i la mort.

■ TURING, A CAMBRIDGE

El 1931, Alan Turing va superar l'examen d'accés a la Universitat de Cambridge i va començar els estudis al King's College. L'arribada a aquest College, tot i que fortuïta, va ser important. De fet, enfront de l'atmosfera continguda del Trinity College, el més gran i ric de tots els col·legis de Cambridge, el King's College s'enorgullia de ser un lloc per al disseny acadèmic, des del punt de vista moral i polític. Tot i que en privat, l'homosexualitat era una part important de la cultura que compartia l'elit del King's College.

Una vegada finalitzada la seua formació universitària, Alan Turing fou elegit Fellow del King's College de Cambridge a l'edat de vint-i-dos anys. El seu interès per la lògica matemàtica el portà, cap a mitjan dècada de 1930, a atacar el problema plantejat per David Hilbert (1862-1943) al voltant de si les matemàtiques eren decidibles. Es tractava del conegut *Entscheidungsproblem*. Hilbert estava convençut que es podia provar que les matemàtiques eren completes (cada afirmació matemàtica es podia mostrar que era vertadera o falsa), consistents (no hi havia possibilitat d'arribar a afirmacions falses a partir de proves vàlides partint dels axiomes) i decidibles (existia un mètode definitiu mitjançant el qual es podia saber si una afirmació matemàtica es podia demostrar que és vertadera o falsa).

Per a disgust de Hilbert, el matemàtic txec Kurt Gödel (1906-1978) havia demostrat el 1930 que l'aritmè-

«L'INTERÈS DE TURING PER
LES MÀQUINES I LA MENT VA
ESTAR ÍNTIMAMENT LLIGAT
A LA MORT D'UN AMIC.
QUINA RELACIÓ EXISTIA
ENTRE EL SEU 'ESPERIT' I EL
'MECANISME' DEL SEU COS?»

tica (i per tant les matemàtiques) era necessàriament incompleta. Gödel va construir exemples d'afirmacions matemàtiques ben elaborades que no es podien demostrar vertaderes o falses. Existia, però, un mètode per mostrar quines afirmacions eren vertaderes i quines falses? Aquest problema era el que preocupava Turing durant l'estiu de 1935. L'aspecte més remarcable de la seua solució, acabada durant l'estada a Princeton i publicada als *Proceedings of the London Mathematical Society* el 1937 (amb el títol «On Computable Numbers With an Application to the *Entscheidungsproblem*»), és que no només contestava el problema negant la decidibilitat, sinó que, a més, ho feia presentant una teòrica màquina de computació universal.

La inspiració sembla que va provenir del mentor de Turing a Cambridge, Max Newman (1897–1984), qui elucubrava amb la possibilitat d'enfrontar-se als problemes de Hilbert mitjançant un procés *mecànic*, és a dir, com un procés rutinari que podia ser escomès sense imaginació o pensament. La gran idea de Turing va ser admetre deliberadament una interpretació del significat i tractament del terme *mecànic* entès com «fet per una màquina», encara que fóra una màquina imaginària. Turing va definir unes màquines de computació que imitaven els processos mecànics de les matemàtiques realitzats pels calculadors o computadors humans. Aquestes màquines, diferint únicament en la seua configuració inicial, podien generar nombres *computables* (qualsevol nombre real definit pels mètodes matemàtics de treball ordinaris basats en equacions o límits). Així, a partir d'una sèrie d'arguments i raonaments matemàtics, Turing va mostrar que les seues màquines evidenciaven la impossibilitat de *decidir*, aplicant un procés mecànic, si les afirmacions matemàtiques es podien demostrar vertaderes o falses.

Alonzo Church (1903-1995), científic nord-americà a Princeton, havia arribat a una conclusió similar, de manera independent, que va ser publicada abans que l'article de Turing. El treball de Turing, a més de ser un tant més accessible i intuïtiu, incorporava el món físic i reflexionava al voltant del que es podia fer. Així doncs, la solució de Turing no només obria per a la matemàtica un nou camp d'estudi (la computabilitat) i oferia una nova anàlisi de l'activitat mental, sinó que a més tenia una implicació pràctica molt interessant: el principi d'una computadora que es podia construir fent ús del concepte que fonamentava la màquina universal de Turing.

Turing havia marxat al setembre de 1936 precisament a Princeton, on hauria de continuar explorant la lògica de l'activitat mental, tal i com posa de manifest el seu article «Systems of Logic Based on Ordinals», publicat el 1939 als *Proceedings of the London Mathe-*



© Science Museum, London

La màquina Enigma era un aparell que es comercialitzava des de 1923. No obstant això, estar en possessió d'una d'elles no permetia descodificar els missatges enviats per l'exèrcit alemany a causa de la complexitat de combinacions que permetia. Turing va treballar a Bletchley Park en un procediment per descodificar els milers de missatges que els alemanys enviaven diàriament.

matical Society i basat en la seua tesi doctoral, dirigida per Alonzo Church. No se sap molt al voltant de les seues investigacions a Nord-amèrica, tot i que pareix que va dedicar temps a construir una màquina basada en dispositius electromagnètics que efectuava multiplicacions binàries codificades, amb algun tipus de teoria d'immunitat a la criptoanàlisi. Al juny de 1938 es va doctorar per la prestigiosa universitat nord-americana amb una tesi on introduïa el concepte d'hipercomputació. En la tardor d'aquest any, després de dos cursos acadèmics a Princeton, va tornar a Cambridge.

■ ELS TREBALLS DE DESCODIFICACIÓ

Al setembre de 1939 l'Alemanya nazi ocupava Polònia. Començava la Segona Guerra Mundial. El dia 4 d'aquest mes Alan Turing aplegava a Bletchley Park

per treballar a les ordres del govern britànic en la descodificació de missatges. Amb llapis i paper, els descodificadors tractaven de donar sentit als missatges interceptats per ràdio procedents del continent, tal i com havien fet a la Primera Guerra Mundial. Aviat, però, va fer-se clar que els mecanismes tradicionals no eren suficients per desxifrar els codis alemanys.

La principal eina d'encriptació dels missatges alemanys era Enigma, un aparell que pareixia una màquina d'escriure i que convertia un text llegible en una seqüència incomprensible de lletres. Una vegada passat per la màquina, semblava que només una persona amb una altra Enigma era capaç de llegir el missatge. Aquestes màquines Enigma eren productes comercials, a la venda des de 1923. El problema és que estar en possessió d'una Enigma no era suficient per desxifrar el missatge. Damunt la màquina hi havia una sèrie de rodes que es podien situar en un gran nombre de posicions diferents que compliaven el procés de desxiframent. De fet, els criptògrafs alemanys la consideraven invulnerable.

A Bletchley Park, Turing va mirar de millorar un aparell electromecànic dissenyat pel criptògraf polonès Marian Rejewski (1905-1980) per desxifrar els missatges de l'Enigma. Poc després, el 1940, la companyia British Tabulating Machines construïa una màquina dissenyada per Turing, anomenada Bombe. Aquesta màquina emulava la comesa de trenta màquines Enigma treballant al mateix temps i va tindre prou importància en els intents per descodificar els missatges generats per l'Enigma.

El processament de la informació a Bletchley Park responia a una organització del treball extremadament coordinada i eficient. Els alemanys enviaven milers de missatges codificats durant les vint-i-quatre hores, canviant les claus unes quantes vegades cada dia. Així doncs, els treballs per desxifrar els missatges es feren en paral·lel, a partir de diferents aproximacions empreses per diverses persones. En aquest context, la necessitat de millorar la velocitat de descodificació hauria de conduir cap a l'ús de l'electrònica.

Per la seua banda, el matemàtic Max Newman, antic mentor de Turing a Cambridge i al capdavant de moltes

de les màquines de Bletchley Park, va proposar el 1943 una solució radical per descodificar els missatges de la màquina de Lorenz –una altra màquina de codificació de gran complexitat utilitzada pels alemanys per a comunicacions d'alt nivell–. La nova màquina, anomenada Colossus, hauria d'emmagatzemar seqüències de símbols i comparar-los a gran velocitat, tal i com permetia l'electrònica. Una màquina amb mil cinc-cents vàlvules, de la qual es construïren fins a deu entre 1943 i 1945, capaç de provar patrons d'encriptació i comparar-los amb textos xifrats fins trobar similituds amb

gran rapidesa. Tot i que recordaven les seues màquines imaginàries descrites al 1937, Turing no va participar en el disseny. Aquestes primeres màquines electròniques digitals programables, però, es basaven en la teoria estadística que havia desenvolupat Turing per tractar de descodificar els missatges de la màquina Enigma. Una teoria fonamentada en un model geomètric que facilitava el tractament dels milions de milions de combinacions de lletres xifrades i que va consolidar la criptoanàlisi com una disciplina científica.

A mesura que la Segona Guerra Mundial aplegava a la fi, els matemàtics –voltats de màquines que emmagatzemaven, comparaven i escrivien símbols– començaren a fer-se noves preguntes relacionades amb la naturalesa mecànica de la intel·ligència. Fent ús de teories matemàtiques, els científics començaren a reflexionar al voltant de la mecanització dels processos de pensament. El desenvolupament de màquines destinades

als treballs de criptoanàlisi havia estimulat les idees per veure com els problemes matemàtics podien ser solucionats a partir d'ajuda mecànica. Per a Turing, la qüestió més important era fins a quin punt una màquina podia actuar com un cervell. Podia aprendre? Podia pensar?

■ LA INVESTIGACIÓ EN TEMPS DE PAU

La Segona Guerra Mundial havia mobilitzat molts científics, matemàtics i enginyers que, una vegada finalitzada la contesa, retornaren a les universitats el 1945. Alan Turing, per la seua part, va decidir anar a Londres, a la Divisió Matemàtica del National Physical La-



«LA PRINCIPAL EINA D'ENCRIPACIÓ DELS MISSATGES ALEMANYS ERA ENIGMA, UN APARELL QUE PAREIXIA UNA MÀQUINA D'ESCRIBRE I QUE CONVERTIA UN TEXT LLEGIBLE EN UNA SEQÜÈNCIA INCOMPRESIBLE DE LLETRES»

boratory (NPL), on planejava construir una computadora anomenada Automatic Computing Engine (ACE). No va tardar gaire a renunciar a aquest projecte. De fet, tan sols va estar tres anys a Londres. Al setembre de 1947 es va traslladar a Cambridge i al maig de 1948 va acceptar una oferta de treball de la Universitat de Manchester, promoguda i patrocinada per Newman.

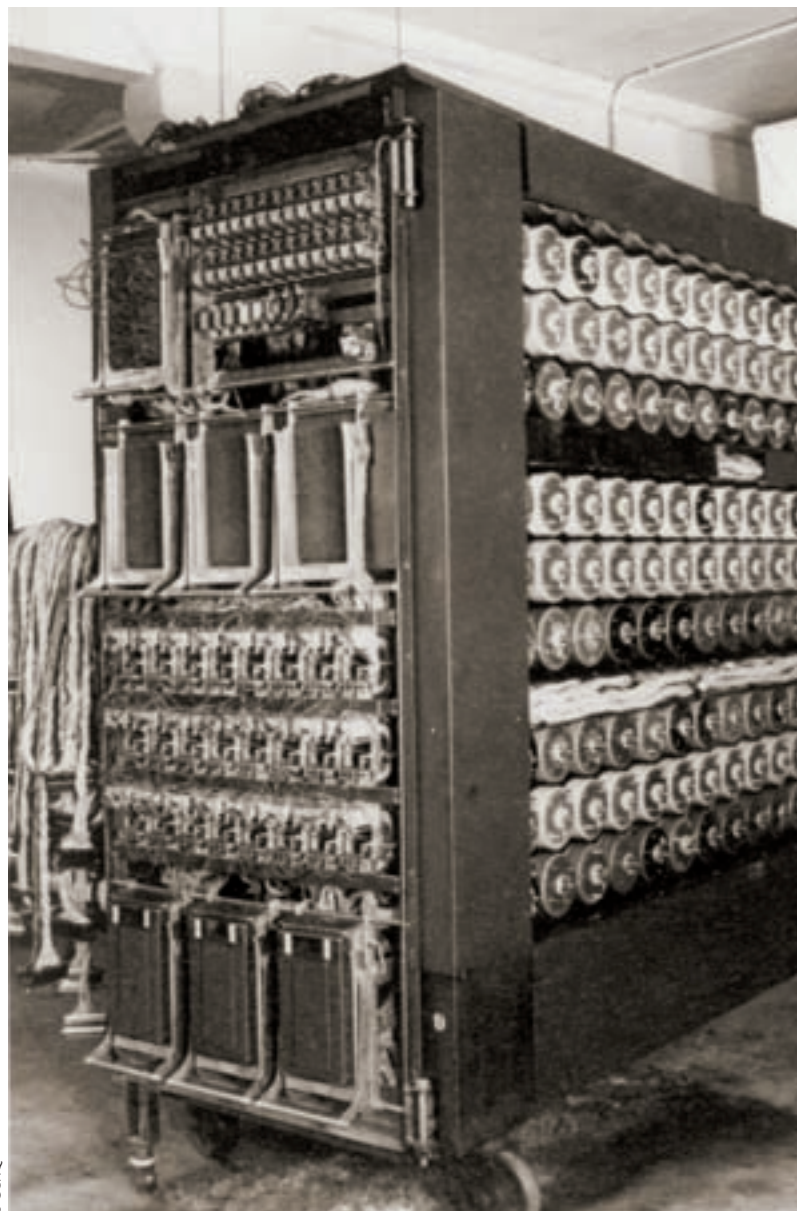
Els motius que el mogueren a abandonar el NPL no són clars i s'atribueixen tant a la manca d'experts en electrònica com a l'ambició de Turing d'investigar idees relacionades amb la intel·ligència de les màquines, una línia de treball que no hauria tingut el suport dels seus superiors. El projecte que va deixar, però, si s'haguera completat durant aquell període amb les seues especificacions, hauria estat la més sofisticada de les primeres computadores. De fet, el primer model pilot de l'ACE, desenvolupat per l'equip que Turing va deixar enrere, va operar el seu primer programa el maig de 1950 i ràpidament es va convertir en un cavall de batalla per al treball computacional de les agències d'investigació governamentals, tant civils com militars.

Davant la frustració que li provocava el seu projecte de recerca a Londres, Turing va decidir marxar a la Universitat de Manchester, on hauria de col·laborar amb un grup de matemàtics procedent de Bletchley Park, que incloïa Max Newman, i un grup d'enginyers elèctrics com Frederic Calland Williams (1911-1977), experts en radars. De fet, Williams havia ideat, a partir de l'experiència adquirida durant la guerra, una menuda computadora experimental, la primera computadora electrònica operacional amb un programa emmagatzemat. Una màquina coneguda amb el nom de Madam (Manchester Automatic Digital Machine), que al juny de 1948 era única.

Manchester oferia a Turing la possibilitat de treballar amb una màquina que, si bé no havia pogut aportar res al seu disseny, almenys funcionava. Turing va participar de la gradual millora que es va fer de la màquina, prestant especial atenció als problemes pràctics de programació. Fins i tot la va programar perquè fóra capaç d'escriure versos d'amor. Poc després es va negociar amb una firma d'enginyeria electrònica local, Ferranti, per tal de convertir aquell monstre experimental en un producte comercial. La Universitat de Manchester va rebre la primera d'aquestes noves màquines el 1951, la Ferranti Mark I —informalment anomenada Blue Pig—, de la qual Turing va escriure el manual de programació.

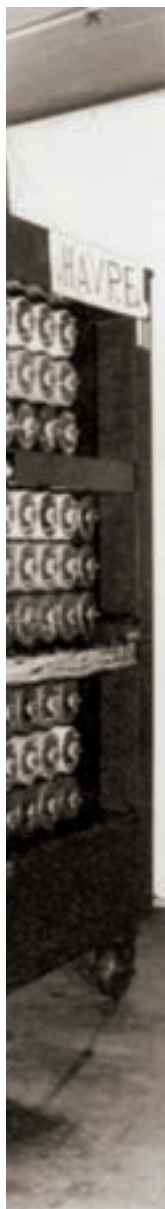
■ EL JOC DE LA IMITACIÓ (O EL TEST DE TURING)

Turing va aprofitar el temps d'espera de la nova màquina i la seua llibertat a Manchester per donar forma i



Turing va dissenyar la màquina Bombe, que actuava com trenta màquines Enigma i que va ser construïda per la companyia British Tabulating Machines el 1940. La necessitat d'augmentar la velocitat per descodificar milers de missatges diàriament hauria de conduir cap a l'ús de l'electrònica.

«LA MÀQUINA BOMBE DE TURING EMULAVA LA COMESA DE TRENTA MÀQUINES ENIGMA TREBALLANT AL MATEIX TEMPS I VA TINDRE BASTANT IMPORTÀNCIA EN ELS INTENTS PER DESCODIFICAR ELS MISSATGES GENERATS PER L'ENIGMA»



publicar els seus pensaments sobre la intel·ligència de les màquines, que en certa manera recuperaven idees i insinuacions del seu article de 1937. Segons Turing, les màquines podien fer exactament el mateix treball que els anomenats calculadors o computadors humans. La seua experiència a Bletchley Park i el seu treball al NPL havien estat crucials per donar forma a aquestes idees.

Més encara, Turing estava convençut que les màquines podien aprendre i anar més enllà de les operacions purament mecàniques. Una màquina podia ser ensenyada a millorar el seu comportament, fins al punt de mostrar «intel·ligència». Al cap i a la fi, en què consistia la intel·ligència? Turing argumentava que era possible construir una màquina per jugar a escacs amb unes regles donades i que la capacitat d'aprendre de les partides hauria de fer que el seu comportament anés més enllà, mostrant un element de llibertat com el d'una intel·ligència viva, tot i que no necessàriament humana.

Així doncs, el 1950 publicaria un article en la revista filosòfica *Mind*, titulat «Computing Intelligence and Machinery», on plantejava considerar la pregunta de si les màquines poden pensar. Argumentava, que la qüestió podia ser resolta, i plantejava l'anomenat *Test de Turing*, un joc d'imitació destinat a demostrar la intel·ligència d'una màquina. La convicció de Turing era que una màquina digital podria donar una bona resposta en el joc, és a dir, que podia fer coses inesperades, imitar altres màquines o, fins i tot, considerar els efectes d'una percepció extrasensorial si mai aquesta era descoberta. L'únic que calia era tindre suficient capacitat d'emmagatzematge. Des d'una visió summament materialista, que rebutjava l'existència de l'ànima, Turing estava convençut que no hi havia arguments per a assegurar que les màquines no podien pensar.

Fins i tot alguns científics ja havien encetat projectes de recerca per tal d'abordar, d'una manera o altra, idees paregudes. Durant la seua etapa a Manchester, Alan Turing i el seu grup de col·laboradors elaborarien alguns articles sobre computadors digitals aplicats al joc que foren publicats el 1953. Una investigació pionera en el tema de la intel·ligència de les màquines que no va tindre, però, un impacte real immediat en el nou camp de la intel·ligència artificial que s'hauria de desenvolupar a partir de la dècada de 1950 de la mà d'autors com els nord-americans Allen Newell (1927-1992), Herbert Simon (1916-2001), Marvin Minsky (1927-) i John McCarthy (1927-2011).

■ LA MORT

Turing va morir al juny de 1954, un parell de setmanes abans de fer els quaranta-dos anys. La seua mare i els seus amics defensaren la possibilitat d'una ingesta accidental del cianur de potassi guardat a la seua casa i utilitzat per fer experiments electrolítics. Aquesta teoria s'adiu amb el comportament descarat de Turing i amb una mort tan inesperada. Ningú no havia percebut cap senyal d'una intenció de llevar-se la vida ni es va trobar cap nota explicativa. Segons la versió oficial, però, es va suïcidar després de mossegar una poma impregnada de cianur de potassi. No és descabellat tampoc pensar en aquesta possibilitat, perquè durant les depressions que va sofrir a Princeton havia fins i tot ideat un mètode de suïcidi a partir de la ingesta d'una poma.

Ara bé, la dècada de 1950 havia estat per Turing menys depriment que les anteriors. A l'estiu de 1950 Turing s'havia comprat una casa a Wilmslow (Cheshire), a uns vint kilòmetres al sud de Manchester. A la primavera de 1951, amb trenta-nou anys, havia estat elegit membre de la Royal Society de Londres. Fins i tot, al maig de 1953, la Universitat de Manchester havia aprovat nomenar-lo professor de teoria de la computació, una posició especialment creada per a ell que li donava certa tranquil·litat i llibertat per a continuar amb les seues investigacions.

La seua vida privada potser li havia portat majors disgustos. La marxa a Manchester havia desbaratat en certa manera la seua relació amb el seu amant Neville Johnson. Turing, però, viatjava a Europa sovint, on podia actuar amb certa llibertat sense repercussions. A Manchester també va gaudir d'algun *affaire* ocasional, com per exemple la relació que va mantenir a començament de 1952 amb un jove anomenat Arnold Murray. Una història que desembocaria en un final fatal quan Turing el va fer responsable del robatori de la seua casa. Les investigacions realitzades pels inspectors de policia resultaren en l'acusació contra Alan Turing per un delictes contra la moral pública per mantenir relacions sexuals amb altres homes. Per tal d'evitar la presó, Turing es va declarar culpable i es va sotmetre a un tractament d'estrògens destinat a «curar-lo» de la seua condició. Un tractament que va actuar com una castració química i que el va fer engreixar considerablement i fins i tot va fer que li cresqueren els pits. Malgrat això, no pareix que hi haja cap relació causal entre aquest fet i la seua mort dos anys després.

**«TURING ESTAVA
CONVENÇUT QUE LES
MÀQUINES PODIEN
APRENDRE I ANAR MÉS
ENLLÀ DE LES OPERACIONS
PURAMENT MECÀNIQUES
FINS AL PUNT DE MOSTRAR
“INTEL·LIGÈNCIA”»**

Tot i que l'assumpte no tingué molta publicitat, aquesta història va trencar la possibilitat de continuar col·laborant en projectes governamentals de criptoanàlisi, tal i com havia fet des de finals de la guerra. Turing s'havia convertit en un risc per a la seguretat. En efecte, la deserció el 1951 de l'espia Guy Burgess (1911-1963) havia construït un mite del traïdor homosexual que estava molt present en l'opinió pública i els polítics. La paranoia de la Guerra Freda va moure el servei d'intel·ligència britànic a preocupar-se de la vida privada de Turing, coneixedor de secrets relacionats amb el desxiframent de codis i expert en una tecnologia nova i d'aplicació militar. El problema per a aquests serveis no era tant la seua orientació sexual com la impossibilitat de controlar i predir el comportament d'un personatge com Turing, que, per a alguns, podia ser víctima fàcil de xantatge. Tot això ha donat peu a algunes teories de la conspiració on s'argumenta que els serveis d'intel·ligència volgueren silenciar per sempre Turing i protegir tot el coneixement que guardava.

■ EPÍLEG

Turing estava convençut que el coneixement i la intel·ligència dels humans derivava de la interacció amb el món i que aquesta interacció determinava la manera en què el coneixement s'emmagatzemava al cervell. L'estructura del cervell connectava les paraules emmagatzemades amb les ocasions per a utilitzar-les i amb els comportaments associats o que les substituïen. Era el llenguatge un joc o estava connectat amb la vida real? Podia existir la intel·ligència sense vida? Les seues reivindicacions al voltant de la intel·ligència de les màquines i la simulació mecànica de l'aprenentatge feren que, durant els que serien els darrers anys de la seua vida, prestés atenció a diferents qüestions biològiques, com per exemple els patrons de creixement de les cèl·lules del cervell. Fins i tot va formular alguns problemes simplificats al voltant de la teoria química de la morfogènesi que tractà de resoldre mitjançant equacions diferencials no-lineals. En el curs de la seua recerca, va mostrar que l'heterogeneïtat podia sortir de condicions inicials d'homogeneïtat.

La insistència d'Alan Turing a l'hora de qüestionar la capacitat exclusiva dels éssers humans de pensar va ser una constant des de la dècada de 1940. Alguns autors han volgut veure en la defensa de la possibilitat de pensar de les màquines una crítica subtil a les normes socials que denegaven a part de la població (en especial als homes homosexuals, però també a les dones) el dret a una existència legítima i legal. Més enllà d'aquesta hipòtesi, podem assegurar que la recerca d'Alan Turing va influir decisivament en el desenvolupament de noves especialitats científiques, com la cibernetica, la intel·ligència artificial i la psicologia cognitiva. ☺



© NPL/Archive Science Museum, London

Alan Turing estava convençut que el coneixement i la intel·ligència dels humans derivava de la interacció amb el món, i que aquesta determinava la manera en què el cervell emmagatzemava el coneixement. Seguint aquest esquema, Turing defensava que les màquines podien aprendre de l'experiència i anar més enllà de les operacions mecàniques.

BIBLIOGRAFIA

- AGAR, J., 2001. *Turing and the Universal Machine: The Making of the Modern Computer*. Icon Books. Duxford.
- AGAR, J., 2003. *The Government Machine: A Revolutionary History of the Computer*. MIT. Cambridge.
- COPELAND, B. J. (ed.), 2004. *The Essential Turing: Seminal Writings in Computing, Logic, Philosophy, Artificial Intelligence and Artificial Life plus The Secrets of Enigma*. Oxford University Press. Oxford.
- HODGES, A., 1993. *Alan Turing: The Enigma of Intelligence*. Burnett Books. Londres.
- HODGES, A., 1997. *Turing: A Natural Philosopher*. Phoenix. Londres.
- LEAVITT, D., 2005. *The Man Who Knew Too Much: Alan Turing and the Invention of the Computer*. Phoenix. Londres.
- STRATHERN, P., 1999. *The Big Idea: Turing and the Computer*. Anchor Books. Nova York.

Pedro Ruiz-Castell. Institut d'Història de la Medicina i de la Ciència López Piñero, Universitat de València – CSIC.