

• 1400191290
copia 1

Introducció a la història de la Informàtica

Miquel Barceló

Report LSI-94-11-T

 **UPC**
Facultat d'informàtica
de Barcelona - Biblioteca

16 MAYO 1994

INTRODUCCIÓ A LA HISTÒRIA DE LA INFORMÀTICA

Miquel Barceló

RESUM

El text és una breu introducció a la història de la informàtica, amb referències sobre els antecedents històrics, els primers ordinadors, els ordinadors de la informàtica clàssica, la mini i microinformàtica i, de forma separada, de la intel·ligència artificial. Està destinat a ser el capítol sobre informàtica del llibre que sobre ELEMENTS D'HISTÒRIA DE LA TÈCNICA publicarà la col·lecció: *Cultura, Tècnica i Societat* que edita l'Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya.

ABSTRACT

This paper is a short introduction to the history of informatics, with references to the historic antecedents, the first computers, the computers of the classic period, the mini and microinformatics and, in a separate way, of artificial intelligence. It will be the chapter devoted to informatics in the book ELEMENTS D'HISTÒRIA DE LA TÈCNICA (ELEMENTS OF HISTORY OF THE TECHNIQUE) that will be published by Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya in the series *Cultura, Tècnica i Societat* (Culture, Technique and Society)

INTRODUCCIÓ A LA HISTÒRIA DE LA INFORMÀTICA

Miquel Barceló

0- Introducció: Els estudis d'història de la informàtica

Tot i que hi ha una prehistòria anterior, comentada més endavant, el primer ordinador electrònic, l'ENIAC, fou presentat al públic el 15 de febrer de 1946. És fàcil de dir, doncs, que la informàtica moderna va començar l'any 1946. Però ha calgut esperar quasi una trentena d'anys per trobar en la informàtica una voluntat metòdica d'estudis sobre la seva història i el seu contingut vistos des d'una òptica no exclusivament tècnica.

Aquesta voluntat, tot i que es pot rastrejar en alguns treballs aïllats anteriors, troba el seu resultat més sòlid amb l'aparició d'una revista acadèmica especialitzada en la història de la informàtica i els ordinadors. Es tracta d'*Annals of the history of computing*, publicada quatre vegades l'any des de juliol de 1979 per la AFIPS (*American Federation of Information Processing*) amb l'objectiu explícit de "*concentrar-se en la història de la computació --cobrint articles acadèmics i notes anecdòtiques, material recercat amb rigor i articles dels pioners*".

En la mateixa presentació d'on s'ha extret la cita anterior es feia també referència a una característica particular de la informàtica segons la qual, en variar amb tanta velocitat, pot fer que les innovacions d'ahir semblin obsoletes a l'endemà. Per això cal reconèixer, com ho feia també la presentació dels *ANNALS*, la tal vegada lícita existència d'una tendència a "*menystenir la importància de l'examen històric*". Possiblement això pugui explicar, que no justificar, que una revista especialitzada en la història de la informàtica trigués tant a aparèixer.

Per casualitat, també l'any 1979 apareix un primer llibre de balanç, o millor d'història, sobre els treballs i els personatges destacats en el camp de la intel·ligència artificial: *Machines who Think* [McCorduck 1979]. El llibre inclou també extractes d'entrevistes realitzades a quasi una quarantena dels principals personatges de la intel·ligència artificial, entre els quals hi ha noms de gran influència com Feigenbaum, McCarthy, Minsky, Newell, Papert, Shannon, Simon o Weizenbaum. S'inicia així una nova línia metodològica per a la historiografia de la informàtica que tindrà sovint continuïtat en alguns articles puntuals de la revista *ANNALS*.

Fins i tot a casa nostra, a l'escola d'estiu de l'ATI del productiu any 1979, Ton Sales va impartir uns cursos sobre història de la informàtica (possiblement els primers a Espanya), que van ésser posteriorment publicats l'any següent a la revista *NOVATICA* de l'ATI: [Sales 1980a], [Sales 1980b] i [Sales 1980c].

En general, es pot dir que durant els anys vuitanta ja hi ha una atenció suficient a l'aspecte històric de la informàtica amb textos d'abast i contingut prou diferenciats com [Augarten 1984], [Taniguchi 1985] o [Breton 1987]. Un fet que mostra ja l'existència de diverses escoles i formes d'entendre la historiografia d'una ciència i una tecnologia com la informàtica.

No és aquest el lloc adient per continuar aquest recull sobre "història de la història de la informàtica", però sí que ens cal establir un breu esquema històric de com han evolucionat tant les idees científiques com les realitzacions tecnològiques de la informàtica. Aquest és el sentit i l'orientació general que presideix el breu repàs als trets més característics de la història de la informàtica que aquí es presenta. Aquesta és la raó per la qual certs temes de gran interès en la informàtica (des dels sistemes operatius, als algorismes i llenguatges de programació, passant per la informàtica gràfica i les comunicacions telemàtiques, per citar-ne alguns exemples) estan absents d'aquest resum, forçadament limitat.

Sí cal esmentar que la manca de perspectiva històrica és greu en el camp de la informàtica. Una cinquantena d'anys és, en sentit històric, un període encara breu. Però a més, cal recordar, como es fa a [Mahoney 1988], que la història de la informàtica sovint es fa "des de dins", al marge de la història més general de la tecnologia. Gran part dels materials de que disposem són sovint biografies de persones i màquines on hi juguen un paper especial els pioners de la informàtica. Malauradament la manca de mètode històric fa que sovint es consideri com a "donat i inevitable" allò que, de fet, ha estat resultat d'una tria no sempre explicitada. Per acabar-ho d'adobar, l'activitat comercial d'alguns dels principals protagonistes de la informàtica recent com són les empreses constructores de grans ordinadors, fa que moltes de les informacions disponibles no siguin neutres i responguin, de vegades, a una voluntat més propagandística que no pas històrica.

D'altra banda, cal comentar com certs treballs de la darrera dècada desenvolupen, de forma més periodística que no pas històrica, alguns dels fets i anècdotes més característics de la darrera història de la informàtica. Així ho feu amb gran èxit Nancy Kidder [Kidder 1981] al voltant del procés de disseny i construcció d'un mini-ordinador, i ho han continuat altres autors com [Smith i Alexander 1988], [Rose 1989] o [Watson Jr i Petre 1989].

1- Antecedents històrics de la informàtica

Sales fa derivar la informàtica (o si més no l'ordinador) de la necessitat de *calcular sense errors* a [Sales 1980a:6], on comenta com aquesta necessitat ha proporcionat resultats independents però també quasi successius en les calculadores i els calculadors analògics no electrònics fins arribar als primers ordinadors electrònics. Però, pensant en com és la informàtica avui i en el pes que en el seu desenvolupament i difusió ha tingut la utilització en l'àmbit de l'*administració i gestió dels negocis*, cal incloure com una altra important motivació de la informàtica la que deriva d'aquest tipus d'aplicació. Un exemple clàssic ho és el desenvolupament de les tabuladores i màquines de procés de dades administratives que arrenquen del problema del cens nord-americà de 1890 i la resposta que hi donà Hollerit.

1.1- Les màquines de calcular

El nom anglès de la informàtica (*computer science*) posa l'accent en la utilització de la tècnica informàtica per al càlcul aritmètic i per això el primer precedent històric de la informàtica és l'àbac. L'antic aparell de càlcul, en realitat un element d'ajuda a un calculista humà, sembla originari de l'antic orient on es feu servir fins i tot fa ja més de cinc mil anys. També es podrien esmentar aquí, molt més a la vora en el temps, els logaritmes (John Napier, 1614) i la seva utilització a la **regla de càlcul**.

Però la història moderna i occidental de les màquines de calcular es fa començar, generalment, amb la **maquina aritmetica** o "pascalina" dissenyada per Blaise Pascal l'any 1642. En realitat va existir una calculadora anterior capaç de fer multiplicacions construïda per Wilhelm Schickard a Tübingen l'any 1623, però en haver-se descobert aquest fet només en 1957, a molts llocs es continua considerant a Pascal com el primer europeu que fabricà una màquina de comptar.

També Leibnitz dissenyà l'any 1694 la seva **calculadora universal** que era capaç de fer les quatre operacions i fins i tot arrels quadrades. Un dels trets més importants de la calculadora de Leibnitz és que, de cara a simplificar-ne la construcció, el matemàtic alemany va tenir la idea d'utilitzar una notació binària de les xifres en lloc de l'habitual sistema decimal. (De fet, fou el matemàtic anglès Georges Boole qui, molt més tard, va desenvolupar amb detall la base de la lògica simbòlica i, en especial, els operadors lògics binaris i la seva àlgebra. En el seu *Treatise on Differential Equations* de 1859, Boole incloïa un resum del mètode simbòlic i destacava les implicacions que sorgien en establir una analogia entre l'àlgebra numèrica i la que es podia fer servir per representar la lògica i els sil·logismes. El formulisme emprat per Boole, la representació dels elements binaris amb zeros i uns, és encara la base de la utilització del sistema binari en els ordinadors actuals).

1.2- L'"Analytical Engine" de Charles Babbage

Amb tota seguretat l'antecedent directe dels ordinadors actuals està en l'anomenat **analytical engine** concebut pel britànic Charles Babbage l'any 1835 després, segons sembla, dels problemes en la construcció d'un calculador anterior anomenat **difference engine** que utilitzava el mètode de les diferències.

La tecnologia disponible en l'època victoriana no feu possible la construcció real de la "màquina analítica" de Babbage. La idea central combinava la realització de les quatre operacions aritmètiques amb decisions basades en els resultats intermedis de les seqüències de càlcul. Es a dir, era un calculador capaç de realitzar qualsevol tipus de càlcul si aquest havia estat especificat en un programa que Babbage anomenava *control*. El programa i les dades d'entrada s'enregistraven en una sèrie de targetes o fitxes perforades. S'utilitzava així una tècnica (la de la perforació de targetes) que havia fet servir Jacquard, a principis del segle XIX, per controlar els telers mecànics. Una impressora, un estereotip o bé una perforadora de targetes eren els elements emprats per mostrar les sortides i, fins i tot, els resultats intermedis.

En general, l'estructura interna del disseny s'acosta al que avui anomenem "arquitectura Von Neumann", però la tecnologia no va fer possible la seva construcció fins l'any 1944, poc després que es redescobriessin, l'any 1937, els dissenys i els escrits de Babbage.

El més important de la màquina de Babbage són les seves innovacions de disseny que, malgrat la seva simplicitat conceptual, van tenir un gran impacte, sobretot en el segle

XX. En particular cal destacar el concepte de “transferència condicional” que permetia a la màquina comparar quantitats i, en funció del resultat de la comparació, prendre la decisió de saltar a una altra instrucció o seqüència. Així s'introduïa el concepte de “programa” i la seva “seqüència de control”. També apareix ja una distinció entre les dades i el programa que les fa servir: unes “targetes de nombres” amb les xifres i constants del problema, unes “targetes de directives” per controlar el moviment dels nombres en la màquina i unes “targetes d'operació” que dirigien el funcionament de les operacions bàsiques com la suma, la resta, la multiplicació i la divisió.

També cal recordar aquí l'ajudant de Babbage, Ada Augusta, comtessa de Lovelace, filla de Lord Byron i la primera programadora de la història. L'any 1843 va publicar els seus primers programes per a la “màquina analítica”, una suma de sèries i un càlcul recurrent dels nombres de Bernoulli. S'iniciava així una història paral·lela: la del software.

1.3- Els calculadors analògics

Un precedent important, que semblava molt prometedora, ho són els calculadors analògics com el **predictor de mareas** de Michelson i Stratton l'any 1898. La utilització de l'analogia per calcular està en la base, per exemple, de la regla de càlcul (analogia entre la multiplicació i la suma de distàncies gràcies als logaritmes) i, sobretot, dels **analitzadors diferencials** com el pioner de Thompson l'any 1876 i el més conegut de tots, el de Vannevar Bush, desenvolupat, en diverses versions i tecnologies, a partir de 1930. Tot i que durant els anys trenta l'analitzador diferencial de Bush era el més potent aparell de càlcul, fou superat per la tecnologia digital i electrònica d'ordinadors com l'ENIAC, i es pot ben dir que dels calculadors analògics ha estat una línia que no ha tingut la continuïtat ni ha proporcionat els èxits que semblava prometre.

1.4- Les tabuladores

Tot i que la “màquina analítica” de Babbage va ésser el precedent teòric de l'ordinador, la base industrial i comercial prèvia per a fer possible la utilització generalitzada de l'ordinador, cal buscar-la en les **tabuladores**, màquines d'aplicació concreta en l'àmbit del tractament de les dades administratives.

Es conegut el fet segons el qual Herman Hollerit s'enfrontava l'any 1886 al problema de que el cens nord-americà de 1880 no havia estat encara processat del tot. Per tant, el següent cens de 1890 (amb un increment de població previst d'aproximadament 60 milions de persones) no podria ésser processat en menys de deu anys. La qual cosa feia que, en obtenir les seves dades finals, aquestes serien ja obsoletes perquè ja s'hauria realitzat el cens de 1890.

La màquina que va resoldre el problema va anomenar-se genèricament “*tabuladora*”, perquè el processament de les dades era una classificació i es feien resums i inventaris per districte, sexe, religió etc. en forma de taules. En realitat Hollerit va dissenyar un sistema format per una lectora elèctrica de targetes perforades, una classificadora rudimentària i una unitat tabuladora que feia les sumes i imprimia els resultats.

El nou equip va aconseguir una disminució espectacular dels errors en el procés i, també, un augment de velocitat que va permetre fer el cens de 1890 en tres anys i no en els deu que haguessin calgut amb el procés manual. Naixia així la tabuladora electromecànica (i les empreses que la comercialitzaren com la IBM) que ha estat l'antecedent directe de l'ordinador en la seva utilització pel treball administratiu en la primera meitat del segle XX.

2- Els primers ordinadors

Passada aquesta primera visió prehistòrica forçadament escurssada i sintetitzada i, recollits els precedents teòrics (Babbage) i pràctics (Hollerit), s'arriba ja als primers ordinadors o, si més no, a les primeres màquines que poden rebre aquest nom.

2.1- Els precursors

L'ordinador és sovint caracteritzat com un calculador d'utilització universal i també de tipus digital en contraposició als calculadors analògics. Els primers calculadors digitals que mereixen el nom d'ordinador, si prescindim per un moment de la tecnologia que hom suposa generalment electrònica, són el **Z3**, un "calculador programable universal" projectat per Konrad Zuse l'any 1941 a Alemanya i el **Mark I** desenvolupat per Aiken a Harvard entre 1939 i 1944. Tots dos utilitzen la tecnologia electromecànica del relès i encara no són electrònics.

Hi ha altres precedents electromecànics com el **Complex Calculator** de George R. Stibitz de l'any 1940 (conegut també com a *Bell Model D*), però hom acostuma a citar el Mark I com el primer ordinador electromecànic de la mateixa forma que el projecte de Babbage és considerat el primer amb tecnologia mecànica.

2.2- Aiken i el Mark I

La màquina dissenyada per Howard H. Aiken a Harvard i desenvolupada conjuntament amb IBM (que llavors era la principal constructora de tabuladores) era un *Automatic Sequence Controlled Calculator* (ASCC) que utilitzava elements electromecànics i, segons sembla, tenia més de 7000 relès i 800 quilòmetres de cable elèctric. Havia estat dissenyada l'any 1937 i la seva construcció va durar des de 1939 a 1944. El programa era introduït amb una cinta de paper perforada, però les dades s'entraven o bé mitjançant uns commutadors manuals o amb targetes perforades. Era capaç de multiplicar dos nombres de deu xifres en sis segons i fer-ne la divisió en una mica més de deu segons. Els nombres podien tenir un màxim de 23 xifres i per sumar-los o restar-los tardava mig segon. Era força voluminós: tenia una grandària d'uns 15 metres de llarg per 2,5 d'alt i pesava varies tones.

2.3- L'ENIAC d'Eckert i Mauchly

Hom considera que el primer ordinador completament electrònic fou l'ENIAC (*Electronic Numerical Integrator And Calculator*) però, des del punt de vista legal de les patents, els tribunals nord-americans han establert el precedent de John Atanasoff i el seu calculador binari electrònic (ABC) per a resoldre sistemes d'equacions lineals i acabat al *Iowa State College* a la tardor de 1939.

L'ENIAC fou construït a la Moore School of Electrical Engineering a la Universitat de Pensilvania sota la direcció de John P. Eckert i John W. Mauchly. Es va construir amb el *Ballistic Research Laboratories* en mig d'un ambient de secret per causa de la guerra i, en realitat, va anar variant el seu disseny, que el presentava al començament com una màquina especialitzada en càlculs balístics, fins arribar a ésser un calculador universal. Precisament en aquest procés, Eckert i Mauchly utilitzaren, potser per primera vegada en informàtica, un sistema de "congelació del disseny" per aconseguir que les contínues variacions i millores dissenyades no fessin impossible la construcció final.

Des del punt de vista tecnològic, la principal novetat era la utilització dels “*tubs electrònics per al càlcul*”, teoritzada ja en un memoràndum escrit per Eckert l'any 1942. Finalment fou presentat al públic el 15 de febrer de 1946. Era un monstre de 30 tones, amb més de 18000 tubs electrònics i ocupava tot un pis de la Moore School. Consumia prop de 200 kilowats i, segons diu la llegenda, feia que tot el barri oest de Philadelphia notés un parpelleig lluminós quan se'l posava en marxa. La tecnologia electrònica li feia fer 5000 sumes per segon davant les 2 que aconseguia el Mark I amb els seus relès, i fer en 30 segons un càlcul de trajectòries que amb l'analitzador diferencial de Bush trigava mitja hora. L'ENIAC realitzava en una sola hora el treball de dos mesos de l'equip de dos-cents calculistes del *Ballistic Research Labs*, que en va impulsar la seva creació.

2.4- Les màquines de Von Neumann

Malgrat tot, l'ENIAC no aconsegueix encara del tot les especificacions típiques del que avui es considera un ordinador mab la ja tradicional “arquitectura Von Neumann”. Per ser-ho cal que el programa hagi estat emmagatzemat prèviament en la memòria central de l'ordinador.

Aquest és el plantejament que van fer Von Neumann, Eckert i Mauchly, l'any 1945 i que varen projectar per l'EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*). En realitat es va implementar primer en l'EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Calculator*) de Wilkes a la universitat britànica de Cambridge (1949) i en el BINAC (*BINARY Automatic Calculator*) que Eckert i Mauchly feren el mateix any en l'empresa que crearen en marxar de la Moore School. L'EDVAC va ésser acabat l'any 1952 a la Moore School encara que Von Neumann ja no hi era. Havia marxat a Princeton on va dissenyar el MANIC (instal·lat finalment al laboratori de Los Alamos l'any 1951) en la línia de l'EDVAC.

Tot i que el disseny de l'EDVAC fou conjunt (Von Neumann, Eckert i Mauchly), ha estat Von Neumann qui ha recollit la paternitat de la idea del “programa emmagatzemat” per haver signat tot sol l'article de juny de 1945 on exposava les idees centrals de disseny de l'EDVAC.

3- Els ordinadors de la informàtica clàssica

A partir de la idea de l'arquitectura Von Neumann, l'evolució dels ordinadors en la informàtica ha seguit el camí que li ofería la constant miniaturització de la tecnologia electrònica que li serveix de base. Paral·lelament, les formes d'utilització dels ordinadors es van fent més complexes gràcies al desenvolupament dels sistemes operatius i les diverses formes de treball que aquests permeten.

3.1- L'UNIVAC i la utilització comercial dels ordinadors

Una vegada establerta la idea base i la tecnologia electrònica a utilitzar, l'ordinador va poder ésser comercialitzat de forma oberta. Ho feren primer Eckert i Mauchly amb l'UNIVAC I (*UNIVERSAL Automatic Calculator*) que, l'any 1951, es va fer servir a les oficines del cens nord-americà i, dos anys després, fou el primer ordinador que s'instal·là en una empresa privada.

També IBM va incorporar al seu negoci noves màquines amb l'arquitectura Von Neumann i abandonà la vella arquitectura de les tabuladores clàssiques. L'IBM 701 fou un ordinador “científic”, desenvolupat a IBM per un nou equip de dissenyadors procedents

del M.I.T. L'IBM 701 fou operatiu des de 1953, s'en van arribar a construir 19 unitats i inaugurava la distinció, típica durant molts anys a IBM, entre ordinadors adients pel càlcul científic i d'altres orientats al mercat al que s'adreçava l'UNIVAC I: les aplicacions "comercials".

L'any 1953 el parc d'ordinadors era ja d'una vintena i uns seixanta més estaven en procés de construcció. El 1960 ja passaven de 6000 els que estaven en ús. La informàtica era ja una tecnologia que superava clarament l'àmbit de la recerca científica d'ús militar.

3.2- Les "generacions" d'ordinadors

Com es prou conegut, la miniaturització electrònica ha suggerit una famosa (i molt imprecisa) classificació dels ordinadors en "generacions".

En la classificació habitual es parla d'una **primera generació**, basada en els tubs electrònics com els molts triodes dobles utilitzats en l'ENIAC i, per tant, es pot considerar iniciada des de 1946.

Cap a 1954 o 1956, segons els diversos autors, es pot situar el començament d'una **segona generació** marcada per la introducció del transistor (descobert l'any 1948), el qual permet una integració 10 vegades més gran, amb el corresponent augment de la potència de càlcul i de procés. Els primers ordinadors transistoritzats surten l'any 1959 amb màquines de NCR i RCA que seran aviat seguides per l'IBM 7090, aparegut l'any 1960 i per l'UNIVAC 1107, tres anys més tard [Taniguchi 1985:109]. La segona generació incorpora també elements d'emmagatzematge d'informació en forma magnètica del que, aleshores, sembla una gran capacitat i dimensions reduïdes: unitats de cintes magnètiques i, més tard, de discs. L'entrada/sortida continua fent-se, principalment, amb targetes perforades i impressores.

La **tercera generació** s'acostuma a situar a meitat de la dècada del seixanta i està basada en els circuits integrats (mòduls de semiconductors integrats en pastilles que, descoberts l'any 1957, es començaran a conèixer com a "xips"). L'exemple més conegut de la "tercera generació" seria possiblement l'IBM 360 que es va començar a construir l'any 1961 i es comercialitzà a partir de 1964 [Taniguchi 1985:116].

En una primera etapa (integració a petita escala, SMI), s'arriben a posar de 1 a 16 components per circuit amb la tecnologia TRL més o menys entre 1959 i 1964. Això permet de multiplicar per 1000 la potència de càlcul per unitat de volum en relació amb la de l'ENIAC. Més endavant, la integració d'escala mitjana (MSI) amb la tecnologia TTL arriba a posar de 64 a 1024 components per circuit (1964-1969). La miniaturització continua amb la tecnologia MOS (*Metal Oxide Semiconductor*) apareguda el 1969. L'any 1971 es posa a punt la integració a gran escala (LSI) i, poc després, la integració a molt gran escala (VLSI).

Un altre dels canvis importants, ja un cop abandonada la imprecisa denominació de les "generacions", es presenta en els anys setanta amb la progressiva desaparició de les targetes perforades substituïdes pels disquets magnètics. Altres fenòmens posteriors són la incorporació en massa de terminals i l'explosió de la mini i la microinformàtica ressenyada més endavant.

3.3- L'evolució del software

Conjuntament amb la miniaturització que ha permès la tecnologia, hi ha hagut canvis també en el software que acompanya els equips. Per una banda, els llenguatges de programació varen evolucionar des dels inicials llenguatges lligats a la màquina fins als

llenguatges simbòlics com els *Assemblers* i els *Autocoders* bàsics o amb macros, fins arribar als primers llenguatges d'alt nivell com el FORTRAN (1957), ALGOL (1958) o COBOL (1960) [Saltor 1975].

També els sistemes operatius varen evolucionar a partir dels sistemes batch monousuari típics de final dels anys cinquanta. Més o menys amb la "tercera generació" del hardware es comença a comercialitzar la multiprogramació, el temps compartit i les primeres bases de dades (IDS i IMS als anys seixanta) o els monitors de teleprocés (cap el començament dels anys setanta), paral·lelament amb l'aprofitament del concepte de la memòria virtual per aprofitar l'escassa memòria disponible.

4- La mini i microinformàtica

Una de les novetats radicals en la història de la informàtica i un dels factors més importants en la seva gran difusió en els darrers anys és l'aparició del microprocessador i de la microinformàtica. Curiosament aquest fenomen és quelcom que no havia estat previst i que arribà al marge de les tendències generals de desenvolupament de la informàtica. De fet, als anys setanta, la nova mini i microinformàtica va ésser rebuda fins i tot una mica despectivament per uns professionals informàtics avesats a les grans màquines, i on la imprecisa llei de Grosch (una famosa dita popular sobre aspectes econòmics del disseny d'ordinadors) establí que la potència i el rendiment d'un ordinador evolucionava augmentant amb el quadrat del cost.

En particular, cal recordar que, per exemple en les aplicacions d'EAO (Ensenyament Assistit per Ordinador) que s'estudiaven a la Conferència Internacional sobre la Informàtica i l'Ensenyament (Marsella 1975), encara es parlava de mega-projectes amb grans ordinadors. Com el famós projecte PLATO, iniciat als anys seixanta a l'universitat d'Illinois, del que es comentava encara que seria econòmicament viable (arribar a un preu per hora i per usuari que sigui competitiu amb l'ensenyament tradicional). La veritat de la informatització de l'ensenyament amb microordinadors ni es somniava, tot i que des de 1974 existien ja microordinadors.

4.1- Els microprocessadors

Hom situa el naixement del primer microprocessador en l'encàrrec que l'empresa japonesa Busicom Corporation va fer l'agost de 1969 a la nord-americana Intel per obtenir el disseny d'un circuit integrat per a una calculadora. Els requeriments exigien una integració d'uns 1000 transistors per pastilla que eren possibles amb la tecnologia MOS, capaç d'arribar als 2000 transistors per pastilla. Els enginyers d'Intel van decidir dissenyar no un xip especialitzat amb una capacitat limitada de programació, sinó de fer-ne un que tingués totes les funcions principals d'un veritable ordinador de propòsit general i que, com a cas particular, fos també utilitzat com a calculadora.

Tot i que el client no va acceptar el resultat, l'Intel 4004 dissenyat per F. Faggin fou l'ànima de la família MCS 4, anunciada el juny de 1971. Era un microprocessador de 4 bits amb tecnologia P-MOS que tenia 16 registres i una pila (*stack*) de quatre registres de 12 bits. La família resultava completa amb altres xips com el 4001 (una ROM de 256 bytes amb quatre línies d'entrada sortida), el 4002 (una RAM de 320 bits i quatre línies d'entrada sortida) i el 4003 (registre de decalatge de 10 bits). Les comunicacions entre xips feien servir un bus de 4 bits.

L'any 1972, Intel presentà el 8008, el primer microprocessador amb paraula de 8 bits. Tenia una unitat aritmètica, 7 registres de 8 bits, un *stack* i fins a 45 instruccions de base amb un cicle d'instrucció de 20 nanosegons. Altres empreses s'afegiren a Intel i, l'any 1973 aparegué el *General Purpose Controller/Processor* (GPC/P) de National, el primer microprocessador programable per l'usuari.

Una segona generació de microprocessadors va començar a utilitzar la tecnologia N-MOS com ho feren l'Intel 8080, el Motorola 6800, el F-8 de Fairchild o el 2650 de Signetics, tots ells de 8 bits i apareguts l'any 1974. La millora en la tecnologia (V-MOS i H-MOS) va permetre augmentar les funcionalitats i la potència en l'Intel 8086 (l'any 1978) o el Motorola 68000 ja de 16 bits i el seus successors els Intels 80386 i Motorola 68020 de 32 bits o els sistemes de desenvolupament com el iAPX-432 de 1981.

4.2- Els microordinadors

La utilització dels nous microprocessadors com a elements centrals de tot un sistema ordinador es feu realitat l'any 1974 quan a la revista *Popular Electronics* s'anunciava l'ALTAIR 880 construït sobre un Intel 8080 de 8 bits, amb una memòria de 5 Kbytes ampliables fins a 64 Kb. Feia servir un sistema de teletipus per les entrades i sortides, una impressora, i tenia una interfície per a cassette d'audio i per a un rellotge. L'any 1976 la mateixa empresa (MITS) anunciava l'ALTAIR 6800 construït amb un Motorola 6800.

També l'any 1976, Commodore presentava el KIM al qual seguiria, l'any 1977, el PET 2001 que feia servir el 6502 i tenia fins a 8 Kb de memòria, una pantalla i cassette integrades. L'evolució serien els VIC 20 (1981) i el Commodore 64 (1983).

En general, però, la imatge de primer ordinador personal és la de l'APPLE I que va sortir l'any 1977, basat en un 6502, i que es convertí aviat en el famós APPLE IIe. Aquest fou, amb tota seguretat, el primer microordinador personal emprat per a moltes utilitzacions, fins i tot en l'àmbit informàtic professional. Més endavant, el LISA (1982) i el MacIntosh (1983), també d'APPLE, establirien un sistema nou d'interacció amb l'ordinador mitjançant la manipulació d'icones i un *mouse* o "ratolí" com a dispositiu apuntador.

Durant els anys vuitanta la gran difusió assolida per l'IBM-PC (anunciat l'agost de 1981) ha fet encara més popular la imatge del microordinador, amb evidents repercussions gràcies a la seva constant presència fins a tot en la vida quotidiana.

El més important del microordinador és que la seva gran difusió, i, sobretot, la proliferació del software per a tot tipus d'utilitzacions del microordinador, l'ha fet quasi omnipresent en la darrera dècada. El que possibilita una familiaritat del públic en general amb la informàtica que abans havia estat impensable. Els microordinadors equipats amb software especialitzat per a procés de textos, fulls de càlcul, bases de dades, gestió de gràfics etc. i també la seva utilització lúdica han col.laborat, d'una manera insospitada fa només una vintena d'anys, en difondre una imatge de servei i de possibilitats inexhauribles de la tecnologia informàtica.

4.3- Els miniordinadors

Possiblement amb menys repercussió social que els microordinadors, a partir de finals dels anys seixanta ja havien aparegut els miniordinadors com a conseqüència de la utilització dels circuits amb integració d'escala mitjana (MSI).

La realitat dels miniordinadors és que el seu menor volum, el cost més baix i les característiques dels seus sistemes operatius de tipus interactiu amb l'ús de pantalles

n'estenen la utilització primer a l'àmbit del càlcul científic i després, com a conseqüència, a la universitat, fins arribar a l'àmbit comercial. Tot i el paper de Hewlett Packard (amb l'HP-2116 de 1966) o Texas Instrument, aquest és clarament el camp dominat de Digital amb la sèrie PDP (12000 unitats de PDP-8 venudes a partir de 1965) i els diversos models del PDP-11 comercialitzats a partir de 1970, que han donat a aquest constructor un important paper en la informàtica mundial.

4.4- Els "virus informàtics"

Tot i que, de fet, podria semblar un fenomen anecdòtic, cal esmentar encara que sigui de passada una curiosa "biologització" de certs fets informàtics amb els anomenats "virus" de tanta difusió a través de la microinformàtica.

A partir de 1986 s'ha donat una certa proliferació i notorietat d'uns programes perturbadors del funcionament normal d'un ordinador. Es tracta del que hom anomena genèricament "*virus*". Com el seu homònim biològic, un virus és un programa, sovint petit, que es reproduïx a sí mateix i és capaç de saltar d'un sistema "infectat" a un altre. La benignitat o malignitat de la infecció depèn del que faci el virus quan resulti activat. En certs casos poden ésser perturbacions lleus (boles mòbils a les pantalles, distorsió de textos i imatges, missatges especials o propagandístics etc.). Però en d'altres casos es pot tractar de perturbacions greus com esborrar part o tota la informació emmagatzemada en les memòries de massa de l'ordinador.

La proliferació actual dels virus es fa possible per una banda per l'abundància de microordinadors personals amb una gran difusió del software, sovint incontrolada i "pirata". I també per l'existència de xarxes telemàtiques amb insuficients controls de seguretat sobre l'accés a la xarxa i als seus ordinadors.

Moltes vegades es confonen els termes i s'anomena virus allò que només és un cuc (*worm*) que els experts tendeixen a separar clarament. El *worm* s'executa per si mateix i es propaga per la simple duplicació de les seves còpies. Més exactament, un *virus* és un programa que no pot "viure" sol i ha de fer de paràsit incorporant-se a d'altres programes i, per tant, només s'activa quan ho fa el programa on és allotjat.

Tot i l'aparent novetat d'aquest fenomen "infeccions" de la informàtica, hi ha ja una certa bibliografia, sovint genèrica i de tipus divulgatiu on és possible rastrejar l'origen del virus informàtics. Sembla que tot començà amb el *Creeper* ("enfiladissa") que va ésser dissenyat l'any 1970 com un programa de demostració per Bob Thomas del BBN (*Bulletin Board Network*). El programa no va funcionar bé i es va difondre i multiplicar per la xarxa ARPANET. Segons sembla, deixava un missatge allà on anava que deia "*I'm the Creeper, catch me if you can*" i no passava d'aquí. Per tal d'eliminar-lo de la xarxa es va fer servir un nou virus, el programa *Reaper* (un "segador" per eliminar l'"enfiladissa"), el qual buscava còpies del *Creeper* en els ordinadors de la xarxa i les esborrava.

Altres virus posteriors no han estat tan pacífics i s'han difós sobretot en el món dels microordinadors personals. Semblen especialment famosos el *pakistani brain* (1985) o el *Friday 13* (1987) que ha arribat fins i tot a atemorir el gran públic.

Però continuen essent els virus que es difonen per les xarxes d'ordinadors els que poden tenir més conseqüències per l'abast que assoleix la "infecció". Alguns dels més recents i que han estat prou coneguts del gran públic són el *Christmas* difós a finals de 1987 per un estudiant alemany en la xarxa interna d'IBM, i un programa escrit per Robert

Morris Jr. i difós el 2 de novembre de 1988 per la xarxa nord-americana INTERNET. Tot i que és habitual dir-ne virus, tots dos corresponen més exactament al tipus *worm*.

5- La intel.ligència artificial

Segons diu Pamela McCorduck, probablement la primera historiadora de la intel.ligència artificial: "*la nostra història és plena d'intents -estúpids, fantasiosos, còmics, honestos, llegendaris i reals- per obtenir intel.ligències artificials, per reproduir allò que som nosaltres en essència*" [McCorduck 1979:3]. Molts d'aquest intents pertanyen més aviat als precedents de la ciència ficció que no pas als d'una disciplina científica i tecnològica com la intel.ligència artificial. Fins i tot en textos de voluntat no especulativa es parla de "precedents" com els autòmats mecànics, els robots de Karel Capek i d'altres.

5.1- El precedent dels autòmats

És ben cert que moltes vegades la intel.ligència s'ha associat als aparells mecànics complexos, com és el cas dels autòmats. I, evidentment molt abans de que sorgís la intel.ligència artificial com a una disciplina autònoma, hi va haver tota una sèrie de consideracions quasi filosòfiques sobre la possibilitat de reproduir l'ésser humà mitjançant màquines.

Un primer pas fonamental, en l'aspecte cultural, s'encetà amb la consideració de Descartes sobre l'"*animal-màquina*". Es a dir, la creença segons la qual tots els éssers vius (amb l'excepció de l'ésser humà per Descartes) són explicables com a simples mecanismes. Lògicament molt aviat s'eliminarà fins i tot la restricció que feia referència a l'ésser humà, i Le Mettrie ja va proposar, l'any 1747 a *L'homme machine*, que també l'ésser humà i el seu comportament intel.ligent es podien explicar per mitjans exclusivament mecànics.

Un exemple dels primers automatismes que intentaven de duplicar alguns dels comportaments o habilitats humanes o animals són el flautista de Jacques de Vaucanson (1737), que movia els dits per fer sonar una melodia o l'ànec capaç de nedar, moure les ales, menjar i expulsar excrement simulats (1738). Fins i tot cal esmentar aquí l'autòmat per a jugar el final d'escacs de torre i rei contra rei que construï, l'any 1912, l'espanyol Torres Quevedo. L'any 1929 es presentava a França el gos "Philidog" que seguia el raig lluminós d'una llanterna i bordava si la intensitat lluminosa era excessiva.

5.2- Un altre precedent il.lustre: la formalització del raonament

Una segona línia de precedents de la intel.ligència artificial rau en els intents d'automatitzar el raonament i, per tant, d'obtenir-ne una formalització. Es cita sovint en aquest punt al mallorquí Raimon Llull i la seva *Ars Magna*, i també l'intent de Leibnitz per trobar una "àlgebra universal" com a antecessors dels sistemes formals i de la lògica matemàtica que tant bon paper juguen en la moderna intel.ligència artificial.

Els estudis matemàtics de Russell i Hilbert de començaments de segle permeten per primera vegada reduir el raonament (o un cert tipus de raonament) a la manipulació abstracta de cadenes de símbols, idea de gran fecunditat en els mecanismes de la inferència simbòlica de la intel.ligència artificial i també en els sistemes de representació del coneixement.

5.3- La cibernètica de Norbert Wiener

En els primers anys de la informàtica era habitual parlar de "cervells electrònics" i, de fet, aquest era un dels objectius llunyans que resultaven més del gust de pioners com Von Neumann. Més solidesa han tingut les idees que provenien de la cibernètica. La nova visió, fruit de la inspiració de Norbert Wiener, quedà publicada a partir de l'any 1948 en el seu famós llibre *Cybernetics* i, més endavant, el mateix Wiener va analitzar fins i tot les relacions de la cibernètica amb la societat.

Cibernètica és un terme que ja havia estat utilitzat l'any 1834 pel francès Ampère, però va ésser redefinit per Wiener com el camp de la teoria del control i la comunicació, tant en les màquines com en els animals. En paral·lel a la construcció dels primers ordinadors electrònics, la cibernètica introduí nous conceptes com els de la retro-alimentació (*feedback*), el control i els sistemes auto-organitzats. El caire multidisciplinar de la cibernètica és visible en els molts elements que intervingueren en el seu naixement com la fisiologia neuronal, la teoria de la informació de Shannon, la lògica matemàtica i també la nova tecnologia informàtica dels primers ordinadors. Aquesta voluntat tan globalitzadora es farà fins i tot evident en els intents d'acostar la nova panacea cibernètica a qualsevol camp de l'activitat humana. Així ho palesen obres amb títols tan significatius com *Cybernetics and Management* de Stafford Beer que té una primera edició datada el 1959.

5.4- Els inicis formals de la intel·ligència artificial

A partir del famós article d'Alan Turing: *Computer Machinery and intelligence* (1950) s'estableix el "test de Turing" com a forma de determinar el caràcter intel·ligent o no del comportament d'una màquina. El test parteix del joc on un interrogador té de descobrir el sexe de dos interlocutors A i B situats en un altra habitació, quan, encara que tots dos diuen ésser dones, són en realitat un home i una dona. En la proposta original de Turing, es tracta de substituir a la dona per un ordinador, però la generalització final del test de Turing és que l'interrogador ha de descobrir qui és la màquina de dos interlocutors, una persona i un ordinador, encara que tots dos diuen ésser persones. I cal acomplir aquest objectiu fins i tot sabent que els interlocutors no estan obligats a dir la veritat i que, per exemple, la màquina pot decidir donar un resultat erroni en una multiplicació o dir el resultat prou temps després d'haver-lo obtingut, per enganyar l'interlocutor sobre la pròpia habilitat com a calculista. En la hipòtesi optimista del mateix Turing, més o menys vers l'any 2000 es podria disposar d'ordinadors prou potents per aconseguir que un interrogador normal no tingués més del 70% de possibilitats de realitzar la identificació correcta als cinc minuts del començament de les preguntes. Val a dir que la predicció de Turing sembla ara francament optimista

L'any 1955, Allen Newell, J.C. Shaw i Herbert Simon crearen el que possiblement fou el primer llenguatge especialitzat de la intel·ligència artificial: l'IPL-II (*Information Processing Language*). Però el nom de la nova disciplina no es farà públic fins a la conferència d'estiu de l'any 1956 en el **Dartmouth College** a Hanover (New Hampshire). Allí es troben per primera vegada els quatre autors pioners i fonamentals dels seus primers vint anys de la intel·ligència artificial: John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell i Herbert Simon, els quals crearien grups d'estudi especialitzats a diverses universitats com el MIT (Minsky), Stanford (McCarthy) i Carnegie-Mellon (Newell i Simon). A la *Dartmouth*

Conference, Newell i Simon ja disposaven d'un programa de proto-IA, el "*Logic Theorist*" que resolva problemes de recerca heurística.

5.5- Els primers anys i l'excés d'optimisme

En un primer període, que es pot situar entre 1956 i 1966, la intel·ligència artificial és, bàsicament, una activitat acadèmica que, com a tal, resulta poc coneguda fora dels cercles especialitzats. S'intenten desenvolupar els conceptes bàsics i els llenguatges especialitzats com el LISP. Les aplicacions principals són els jocs i els puzzles que es tracten com un exemple i il·lustració dels nous mètodes i conceptes quan s'apliquen a dominis reduïts, ben controlats i amb escassa complexitat.

Fites importants d'aquest primer període són l'intent del *General Problem Solver* que Newell, Simon i Shaw inicien l'any 1957. També Rosenblat comença l'any 1958 l'estudi del tema del reconeixement de les formes amb el primer *Perceptron*, una màquina que perseguia simular la visió humana.

En general, les principals dificultats d'aquest primer període venen d'una ambició possiblement exagerada en els objectius que es perseguïen. També cal comptar amb la dificultat d'establir els nous conceptes i amb l'efecte negatiu de les limitacions reals tant del hardware com del software disponible. S'intenta desenvolupar mètodes generals de solució de problemes que, quan estiguin informatitzats, puguin aplicar-se a àrees molt diverses, a l'estil del GPS. Per aquesta raó, s'intenta resoldre problemes molt ambiciosos com el de la traducció automàtica o la resolució generalitzada de teoremes matemàtics.

Però no tot són fracassos en aquest primer període i, a més del *Logic Theorist* de Newell i Simon, hi ha altres realitzacions. L'any 1959, Galernter va escriure un programa per a resoldre problemes de geometria elemental i Slage iniciava al MIT l'automatització de la integració simbòlica amb el programa SAINT que està en la base del futur MACSYMA. Un altre dels pocs èxits fou el programa de Samuel, presentat l'any 1962, que era capaç de jugar a dames i aprendre de l'experiència tenint en compte el seus errors i èxits passats, per a determinar el seu joc en partides posteriors.

Important, a més, en aquest període és l'aparició del llenguatge **LISP** desenvolupat a principis dels anys seixanta al MIT sota la batuta de John McCarthy.

5.6- Els anys difícils

Els ambiciosos objectius que es perseguïen van topiar finalment amb la dificultat d'aconseguir resultats i, també, amb constatacions teòriques de la impossibilitat d'obtenir-ne en certs casos. L'any 1966 l'informe ALPAC estableix ja les reduïdes possibilitats reals de la traducció automàtica tal i com s'entenia llavors i, poc després, l'any 1968, Minsky i Papert estableixen els límits teòrics del *Preceptron* que havia perseguït Rosenblat. Les altes expectatives que havia despertat la intel·ligència artificial i els escassos resultats van provocar un període de desànim, però també de rectificació.

Malgrat tot, alguns autors varen tenir èxits puntuals quan el domini en que plantejaven els seus problemes era més limitat. Així l'any 1964 Bobrow feia la seva tesi doctoral amb el programa STUDENT que resolva problemes d'àlgebra. També la universitat de Stanford iniciava l'any 1965 la recerca sobre els sistemes experts en el programa *Heuristic Programming Project*.

Menció destacada mereix el programa *ELIZA* (o *DOCTOR*) de Weizenbaum de l'any 1966. Es tracta d'un programa interactiu que simulava les respostes d'un psicòleg dialogant

amb el seu pacient. A més d'una persona li va semblar que el programa podia fins i tot superar el test de Turing i, encara més, que podia actuar com a psicòleg. Però la realitat era que, simplement, utilitzava trucs de tipus sintàctic.

També l'any 1966, Greenblat va començar la programació d'un ordinador que jugués als escacs i, entre 1968 i 1972, es va fabricar un primer robot mòbil, SHAKEY, capaç de rebre instruccions i planejar accions intel·ligents per fer determinades tasques.

5.7- El nou plantejament dels anys setanta

A partir de 1969 comença la institucionalització de la comunitat científica que treballa en el camp de la intel·ligència artificial amb el Primer Congrés Internacional d'Intel·ligència Artificial. Poc després, l'any 1970, apareixia el primer número de la revista especialitzada *Artificial Intelligence*.

Evidentment, les dificultats dels anys seixanta van obligar a replantejar els objectius a perseguir i, en lloc de cercar solucions generals per a problemes també generals, es va prestar més atenció als mètodes empírics de recollida del coneixement i es va intentar d'obtenir procediments per aplicar-los a tasques específiques.

El fet més destacat és el naixement dels **sistemes experts** (o sistemes de producció amb regles) per a tractar problemes restringits en un entorn limitat. Exemple famós ho es el sistema MYCIN per al diagnòstic i teràpia de les infeccions de la sang, desenvolupat a l'universitat de Stanford i documentat l'any 1976 per Shortliffe. També va ésser prou conegut el PROSPECTOR per avaluar els jaciments de minerals, en particular coure i urani, documentat per Hart (1978) i Duda (1979).

Factor important pels nostres interessos, és que l'activitat dels primers anys de la intel·ligència artificial, reduïda generalment a l'àmbit acadèmic, continua conjuntament amb la fabricació dels primers prototipus experimentals desenvolupats a universitats i centres de recerca. Les aplicacions ja no són tan teòriques i, tot i mantenint l'interès per la demostració de teoremes i la resolució de problemes matemàtics, s'intenten també aplicacions més experimentals, com la planificació intel·ligent de les tasques (per a un robot), els sistemes experts i la programació lògica. En general, tot un conjunt d'aplicacions més susceptibles d'arribar al gran públic.

En la programació lògica resideix l'evolució més destacable dels mètodes i llenguatges de la intel·ligència artificial en aquest període, amb l'aparició, l'any 1972, del llenguatge **PROLOG** desenvolupat a l'Universitat de Marseille sota la direcció d'Alan Colmerauer.

5.8- La difusió industrial dels anys vuitanta i noranta

Amb l'èxit dels sistemes experts, durant els anys vuitanta comencen a aparèixer empreses i projectes especialitzats en oferir solucions comercialitzables basades en tècniques d'intel·ligència artificial. Les aplicacions es concentren en dominis acotats i es fa molt d'èmfasi sobre el coneixement del domini concret. Així es possible notar que moltes tasques tenen requeriments que poden satisfer-se amb una *shell* o esquelet de sistema expert al qual afegir, en cada cas, el coneixement específic relatiu a cada domini d'aplicació en particular. Això porta a la generalització de les aplicacions en les quals es comencen a utilitzar els paquets de programes i les *shells* i *toolkits* de sistemes experts.

A més de les aplicacions ja operatives dels sistemes experts, la intel·ligència artificial té molta anomenada i ressò popular a començaments dels anys vuitanta gràcies al projecte

japonès de la "Cinquena Generació d'Ordinadors". Es tracta d'un projecte conjunt de diverses empreses, impulsat des de 1979 pel Ministeri d'Indústria i Comerç Internacional del Japó, que pretenia desenvolupar una nova "generació" d'ordinadors adaptats a les necessitats que hom preveia per a la dècada dels noranta. Aquesta nova "generació" basaria el seu funcionament en tècniques típiques de la intel·ligència artificial: la utilització del llenguatge natural per a dialogar amb l'ordinador, la programació en PROLOG, etc. El projecte va servir per a estimular també altres països en la seva atenció a la intel·ligència artificial. En particular va tenir prou impacte el llibre *The Fifth Generation* de Feigenbaum i McCorduck (1983), que venia a advertir del "perill" d'una pretesa superioritat japonesa en el futur de la informàtica mitjançant al domini de les tècniques de la intel·ligència artificial.

En resum, la intel·ligència artificial és ja un element acceptat i introduït fins i tot en l'entorn cultural dels anys vuitanta. Els temes de recerca es centren avui en la representació del coneixement, l'ús del llenguatge natural i l'avenç en la problemàtica clàssica: autonomia dels robots, percepció de formes, etc.

BIBLIOGRAFIA

- [Arroyo 1991] - Luis ARROYO, **200 años de informática**, Espasa-Calpe, Madrid, 1991.
- [Augarten 1984] - Stan AUGARTEN, **Bit by Bit. An Illustrated History of Computer**, Ticknor and Fields, New York, 1984.
- [Breton 1987] - Philippe BRETON, **Historie de l'informatique**, Editions la Decouverte, Paris 1987. Edició en castellà: **Historia y crítica de la informática**, Col. Teorema, Ediciones Cátedra, 1989.
- [Flamm 1988] - Kenneth FLAMM, **Creating the Computer: Government, Industry and High Technology**, The Brookings Institution, Washington D.C., 1988.
- [Goldberg ed. 1988] - Adele GOLDBERG Ed., **A History of Personal Workstations**, ACM Press History Series (New York), Addison-Wesley, Reading, 1988.
- [Kidder 1981] - Tracy KIDDER, **The Soul of A New Machine**, Little, Brown and Company, Boston/Toronto, 1981.
- [López de Mántaras 1983] - Ramón LOPEZ DE MANTARAS, *La intel·ligència artificial: des dels orígens fins al futur*, a CIENCIA, Barcelona, octubre 1983.

- [Mahoney 1988] - Michael S. MAHONEY, *The History of Computing in The History of Technology* a ANNALS OF HISTORY OF COMPUTING, Vol. 10, núm. 2, 1988.
- [McCorduck 1979] - Pamela McCORDUCK, **Machines Who Think: A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence**, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1979. Edició en castellà: **Máquinas que piensan: una incursión personal en la historia y perspectivas de la inteligencia artificial**, Tecnos, Madrid, 1991.
- [Metropolis i altres, eds. 1980] - N. METROPOLIS, J. HOWLETT i G.C. ROTTA Eds., **A History of Computing in the Twentieth Century**, Academic Press, New York, 1980
- [Nash ed. 1990] - Stephen G. NASH Ed., **A History of Scientific Computing**, ACM Press History Series (New York), Addison-Wesley, Reading, 1990.
- [Randell ed. 1973] - Brian RANDELL Ed., **The origins of Digital Computers - Selected Papers**, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1982.
- [Rincón 1988] - Emilio RINCON, **El personal informático: pasado presente y futuro**, Ediciones Deusto, Madrid/Barcelona/Bilbao, 1988.
- [Rose 1989] - Frank ROSE, **West of Eden: The End of Innocence at Apple Computer**, Viking, Peguin Group, New York, 1989.
- [Sales 1980a] - Ton SALES, *La prehistoria de la informàtica: Antecedents històrics de l'Eniac (1946)* a NOVATICA, núm. 34, Barcelona, juliol/agost 1981, pàgs 5-24.
- [Sales 1980b] - Ton SALES, *La primera generació als USA: De L'Eniac al transistor (1946-1958)*, a NOVATICA, núm. 34, Barcelona, juliol/agost 1981, pàgs 25-52.
- [Sales 1980c] - Ton SALES, *La informàtica comercial espanyola en la primera dècada (1960-1970): Apuntes para una historia de la informàtica en España*, a NOVATICA, núm. 34, Barcelona, juliol/agost 1981, pàgs. 53-59.
- [Saltor 1975] - Félix SALTOR, *Evolución de los lenguajes de programación (I)*, NOVATECNIA, extraordinario núm. 8, Barcelona, diciembre 1974, pàgs: 28-31. I la seva continuació: *Evolución de los lenguajes de programación (y II)*, NOVATICA, núm. 1, Barcelona, gener/febrer 1975, pàgs. 27-32.

- [Smith 1989] - Richard E. SMITH, *A Historical Overview of Computer Architecture* a ANNALS OF HISTORY OF COMPUTING, Vol. 10, núm. 4, 1989.
- [Smith i Alexander 1988] - Douglas K. SMITH i Robert C. ALEXANDER, **Fumbling the Future: How Xerox Invented, then Ignored, the First Personal Computer**, William Morrow and Company, Inc., New York, 1988.
- [Taniguchi 1985] - Pablo TANIGUCHI DIETRICH, **La historia de los ordenadores**, Col. Informática Básica núm. 3, Editorial Universitaria de Barcelona (Eunibar), Barcelona, 1985.
- [Watson Jr. i Petre 1990] - Thomas J. WATSON Jr. i Peter PETRE, **Father Son & Co.**, Bantam Books, New York, 1990. Edició en castellà: **El imperio IBM: un negocio familiar**, Col. Biografías y Memorias, Plaza & Janés, 1992.