

ara diumenge

MATEO
VALERO

**L'HOME AL
CAPDAVANT DEL
SUPERCOMPUTADOR**



ENTREVISTA



MATEO VALERO I JOSEP RAMONEDA
A L'UNIVERS DE LA COMPUTACIÓ

"EL TRANSISTOR HO HA CANVIAT TOT"

Josep Ramoneda, director de *La Maleta de Portbou*, conversa sobre computació i crisi de la democràcia amb **Mateo Valero**, doctor enginyer en telecomunicacions i director del Barcelona **Supercomputing** Center (BSC-CNS). Una entrevista publicada al 50è número de la revista, que celebra el seu aniversari en un moment en què és més urgent que mai mantenir viva la mirada de les humanitats.



Júlio Costells

dors. M'he dedicat tota la vida a dissenyar processadors i supercomputadors. Soc un arquitecte de computadors.

L'arquitectura en aquest cas també té un costat abstracte.

Sens dubte, té un costat abstracte. El transistor es va inventar l'any 1947, era una gran baluerna. Més tard, l'any 1971, quan estava fent la carrera de telecomunicacions a Madrid, ja es va construir el primer microprocessador, on hi havia 2.300 transistors. El transistor és l'element bàsic que reemplaça la vàlvula, és el que fa *switch*, el que commuta en zeros i uns, i amb zeros i uns fem portes lògiques, i amb portes lògiques fem funcions lògiques, i amb funcions lògiques fem computadors. Perquè nosaltres sabíem que els tecnòlegs, els físics, que són els artífexs de debò de tot, reduïrien la grandària dels transistors. El 1971 surt el primer microprocessador, és a dir, vint-i-quatre anys després que s'inventés el transistor. Però el transistor que es va inventar era una cosa grossa. El 2020 en 8 cm² de silici, és a dir, de sorra de la platja de gudament tractada, s'hi han posat 41.000 milions de transistors. A més, la velocitat a què treballen és notable: si el primer microprocessador anava a 103 kilohertz, és a dir, 103.000 vegades per segon, aquests van a 2.000 milions de vegades per segon. ¿Com es construeix aquest xip, que és el més potent? ¿Com se n'ajunten molts per fer supercomputadors? Aquesta és la tasca de l'arquitecte de computadors. És a dir, sabent que hi haurà cada vegada milers de transistors, més petits, més potents, que gasten menys –en definitiva, millors maons–, quines “cases” farem?, quins processadors, quines memòries, quins supercomputadors construirem?

Quan vas començar als anys setanta, et'imaginaves el que has trobat després?

No, no tenia capacitat per predir-ho. Molta gent no ho veu així, però no. Quan vaig estudiar telecomunicacions a Madrid, l'any 1971, encara no estudiàvem els transistors durant la carrera perquè es veien com a màgia, tot i que ja havien passat 24 anys de la seva invenció. S'estudiaven les vàlvules, i els transistors van substituir les vàlvules. Deu recordar, perquè tenim més o menys la mateixa edat, que els aparells de ràdio tenien vàlvules. Es deia: “Mira, aquesta ràdio té tres vàlvules!”, la connectaves, havies d'esperar que s'escalfés, etc. Alguns catedràtics de llavors fins i tot creien que això dels transistors era una espècie de màgia que mai funcionaria, perquè això que no es puguin veure... Llavors tampoc hi havia cursos sobre com construir computadors. Quan jo vaig venir a Barcelona, el tema de l'arquitectura de computadors era un tema americà, una mica japonès, perquè allà començaven a construir-se computadors de grandària i capacitat raonables; però a Espanya no n'hi havia, i a Europa molt pocs. Llavors, jo, sent enginyer de telecomunicacions, vaig decidir investigar en el disseny de computadors, que era un tema nou –arquitecte de computadors–, i en el disseny de sistemes amb més d'un processador, que són els supercomputadors. Els supercomputadors no són més que molts processadors junts connectats per una xarxa que els permet intercanviar informació. Això va passar perquè vaig tenir un professor amb qui vaig treballar dos anys, un jueu hongarès la família del qual va haver d'emigrar a Xile fugint del nazisme, el meu estimat Tomás Lang. D'allà, se'n va anar a fer xips

amb els japonesos, després s'adona que la seva passió és la universitat i, ja de gran, se'n va a Berkeley a cursar un màster; després a Stanford a fer la tesi, i quan va acabar els seus estudis ja s'havia produït el *pinochetazo*, amb la qual cosa no podia tornar, perquè era un progrè. Llavors va arribar a Espanya. Una frase seva era: “En lloc d'utilitzar les mans per construir els computadors d'ara, per què no utilitzes la ment i crees idees per construir els computadors del futur?”

És molt bona, aquesta imatge.

Sí. Una altra frase que recordo: “Quan contractis, contracta persones que consideris millors que tu”. Un consell que vaig seguir rigorosament, perquè crec que un dels problemes de la universitat és l'endogàmia esclavista.

Però amb aquest procés tan accelerat, perquè aquí hi ha una acceleració sense precedents en la història de la humanitat, què passa?

Doncs que acaba, perquè aquesta disminució de la grandària dels transistors té un límit. I crec que tu i jo el veurem. Hi ha una batalla per com construir transistors amb la mínima grandària, però la mínima grandària té un límit perquè arriba un moment en què els àtoms de silici són tan pocs que apareixen fenòmens quàntics. Què significa? Que si tens molt pocs àtoms per fer un transistor, si algun fa el ximple per la cosa quàntica, els altres es desconcerten.

Per tant, com tot, té un límit.

Exacte. Si estem a cinc *nanos*, això vol dir molt pocs àtoms de silici per construir un transistor. L'empresa TSMC, el valor més preciós que hi ha a Taiwan, ja ha proposat fer *foundries* (fàbriques de semiconductors) de tres *nanos*. Però a nivell de laboratori ningú ha baixat de dos *nanos*, i l'únic que ha construït un transistor de dos *nanos* és IBM.

Però quin és el sentit d'arribar tan al límit? Què hi guanyes?

El que hi guanyes és que en la mateixa superfície, per més o menys la mateixa energia, pots construir bèsties enormes. Els transistors petits estan molt a prop, poden commutar en zeros i uns molt ràpidament, gasten menys energia perquè són petits. Els zeros i uns que envien els transistors són càrregues i descàrregues, com un cor, i com més a prop estiguin, menys latències, menys coses cal moure. Quan pensem en com construirem els supercomputadors d'aquí deu anys, comptem amb aquesta mena de transistors. Després hi ha la llei de Moore, que va predir el vicepresident d'Intel, que diu que cada dos anys es duplica el nombre de transistors d'un computador. No obstant això, ell té Parkinson i en medicina aquesta acceleració no es compleix, encara que, esclar, els metges tenen un problema molt més complicat de resoldre que el nostre.

Anant al terreny del coneixement, ¿la computació afecta la construcció de la veritat? Durant un temps, el coneixement i les veritats s'establien per voluntat dels déus, ja fos expressada a través de Moisès, Delfos o el que fos. A partir de l'anomenada 'modernitat', amb l'esclat de la ciència, la veritat es construeix per demostració. Llavors, ¿l'algoritme representa una mutació en el coneixement? ¿Afecta la construcció de la veritat?

Jo diria que sí. ¿El microscopi va ajudar a saber com estaven construïdes les coses minúscules? ¿O

La Maleta de Portbou



ateo Valero és doctor enginyer en telecomunicacions per la **Universitat Politècnica de Catalunya**, professor i investigador en arquitectura de computadors a la mateixa universitat i director del Barcelona

Supercomputing Center - Centre Nacional de Computació (BSC-CNS). Entre altres reconeixements a la seva carrera, Valero ha rebut el prestigiós premi Eckert-Mauchly, el guardó més important a escala internacional en arquitectura de computadors.

¿Arquitecte de computadors? ¿L'arquitectura és tradició?

L'arquitectura és construir. L'arquitectura d'edificis, l'arquitectura d'internet, l'arquitectura d'un avió... L'arquitectura de computadors consisteix en les tècniques utilitzades per construir computadors.



ENTREVISTA

el telescopi a saber què hi havia més enllà dels ulls? No hi ha res més important per a l'avenç de la ciència d'enginyeria que un bon instrument. Els computadors són instruments al servei de la ciència i l'enginyeria i, per tant, ajuden. Per exemple, coses que no es coneixien del cervell, de les proteïnes...

Per tant, de la mateixa manera que el relat de la ciència convencional va modificar el relat de la religió, la computació modificarà el relat de la ciència.

L'està modificant i, per tant, muta tot. Si parlem de tota la revolució que estem vivint ara i calgués buscar un culpable, jo diria que és el transistor. El transistor ho ha canviat tot; va canviar les tecnologies, i la tecnologia ho està canviant tot: les creences, les maneres de viure, d'actuar...

Perquè, en el fons, la ciència de la computació és la connectivitat, o no?

La ciència de la computació és manejar informació. A vegades, per manejar aquesta informació, per fer càlculs, es necessita connectar diversos computadors, com en el cas del supercomputador. I es connecten a través d'una xarxa petitona però molt ràpida, molt més que el 5G, mil vegades més ràpida. La connectivitat, la *cloud*, és la base. Bé, en realitat la base de tot són les dades. A partir de les dades, operant amb les dades, obtens coneixement. La connectivitat és una cosa que necessites, lògicament, per comunicar aquestes dades.

Però aquestes dades les posa algú.

Sens dubte. El que està passant ara és que nosaltres som productors de dades. A les xarxes socials, els grans productors de dades som nosaltres, una cosa que no havia passat mai. És a dir, tenim pedres de les quals aquests salvatges sense escrúpols de les xarxes socials treuen or. Però les pedres són nostres.

De manera que del problema del coneixement passem al problema polític. La governança mundial canvia amb l'algorisme.

Algunes xarxes socials construeixen bessons de cada persona a partir de la seva identitat digital. El mal és que quan ja et tenen més o menys modelat, a partir d'aquí jugaran amb tu. Et van modificar el coco. Primer coneixen com està el teu coco i després te'l van modificant. Això per a males persones i males polítiques és l'ideal.

Per descomptat! El somni de qualsevol polític. Això és el que Michel Foucault anunciava fa uns anys: es produiran persones formatejades per al que es necessiti segons les circumstàncies.

En teoria pots fer-ho. Perquè, a més, juntament amb els computadors i les xarxes socials de què parlem, hi ha un instrument al qual jo li tinc por, l'editor genètic CRISPR. Fent un mal ús d'aquestes dues tecnologies, poden fer una cosa malvada.

Per tant, entrem en un territori en què mutaran els criteris de realització. ¿A la democràcia li queda poc camí?

Bé, depèn de nosaltres. La gran cosa és que depèn de nosaltres. No val res que quatre bojos diguem que la ciència és important mentre la societat, els polítics, no ho creguin. Tampoc serveix de res que quatre bojos diguem que cal posar un límit a això de les dades. El tema de les xarxes socials té solució. L'altre, el de tallar i enganxar ADN, a mi em fa molta por, perquè això es podrà fer en laboratoris petits i poden crear monstres: tots d'ulls blaus, etc. Al final arribes a la base de tot, i la base de tot és l'educació. Un país educat es planteja



ja tots aquests problemes de manera diferent. Com hi podrà haver bona recerca si no hi ha bona educació?

A més, el poder d'aquestes companyies és immens, està per sobre de molts estats.

Sens dubte. El valor d'Apple i Google junts suma més que el PIB del Japó. L'educació i la recerca són fonamentals per als països. Per exemple, als anys seixanta, Ghana tenia una renda per càpita de 994 euros i Corea del Sud de 1.056 euros. Tots dos eren països agricultors. Cinquanta anys després, Corea té una renda per càpita de 22.000 euros i Ghana de 1.300. Segons com inverteixis, com eduquis la gent, segons com potenciïs el que creus que has de potenciar, obtens uns resultats o uns altres.

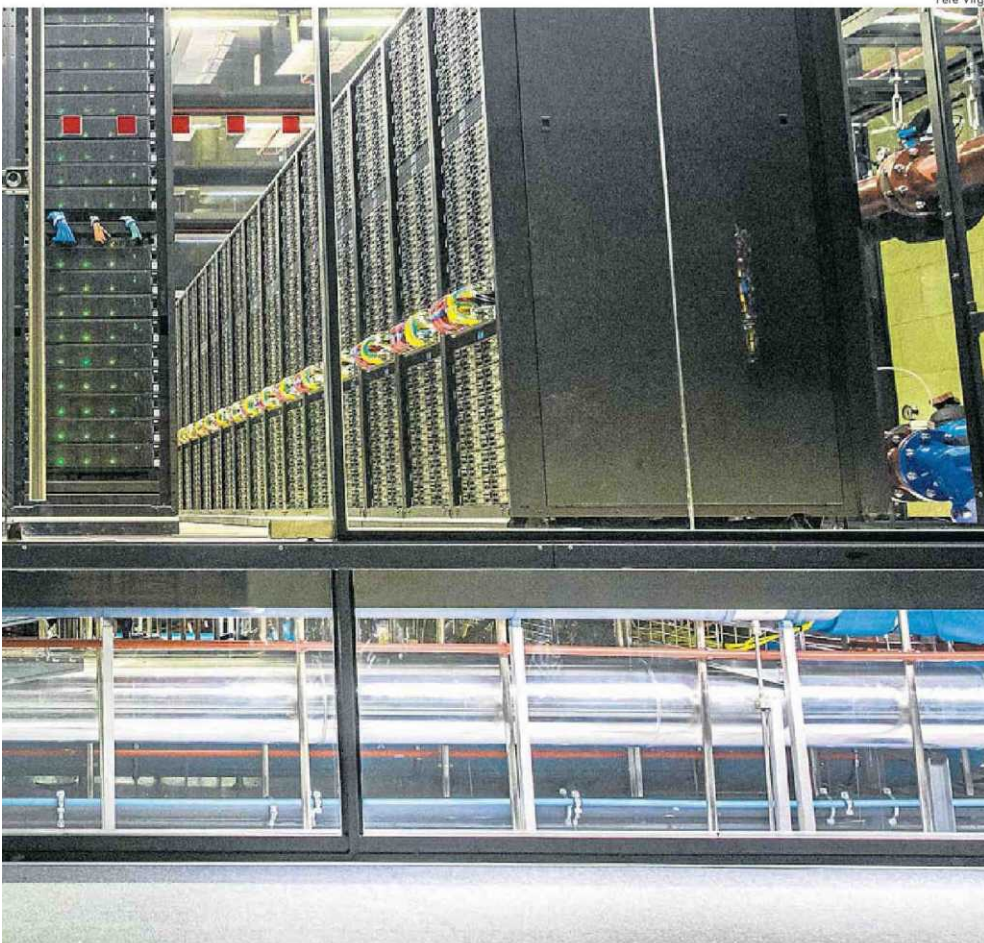
Quins són en aquests moments els problemes que afecten la computació? Per una banda hi ha la qüestió de la dificultat de produir xips. Això és conjuntural?

Això és conjuntural. Respon simplement al fet que en el model capitalista de producció i distribució la producció de semiconductors depèn ara de Taiwan i Corea del Sud. Ara demanem més xips dels que es poden produir. Jo a les *foundries* les anomeno *fleques, forns*, perquè és on es crema el silici per produir els xips. L'altre problema l'ha provocat la pandèmia, perquè molts fabricants, com que no necessitaven tanta quantitat de xips, van dema-

nar-ne menys, i ara que en tornen a necessitar, no n'hi ha prous. Per això ara hi ha *foundries* per tot el món. En els xips hi ha dues coses: com es dissenyen, l'arquitectura, i com es fabriquen. La fabricació és la *foundry*. Els xips més avançats necessiten *foundries* que puguin reduir el transistor al mínim. Però es tracta d'una tecnologia molt poc estesa. La dominen TSMC i Samsung. Perquè un xip surti, ha de passar més o menys per cinquanta màquines, i la màquina més important, la de litografia, pertany a una empresa holandesa. Si Europa comet l'estúpidesa de vendre aquesta empresa, com vam cometre l'estúpidesa de vendre els processadors ARM, patirem bastant! Ara bé, el problema més important per a la computació és l'energia, perquè en consumeix molta. Cada vegada que puguem alguna cosa al núvol, gastem moltíssima energia. Nosaltres, com a arquitectes de computadors, hem d'ajuntar milions de processadors, i la principal problemàtica és com els connectem, què passa si un s'espatlla, com els programem, però, sobretot, quanta energia gastem. Estem en la batalla de gastar cada vegada menys energia.

I és possible? S'avança?

Sí, s'avança moltíssim. El tema de quanta energia gastem per operació, que és una mètrica nostra, va disminuint. Però arribarà a un final. Per estalviar energia el que fem és construir acceleradors, és a dir, hardware específic per fer operacions específiques.



SUPERCOMPUTADOR Una dona fa una foto al supercomputador **Mare Nostrum**, que és el nom que s'utilitza per referir-se a les diferents actualitzacions d'aquest supercomputador, el més emblemàtic i més potent de l'Estat.

ques. Imagina't que vols fer xarxes neuronals per identificar cares, perquè en comptes d'utilitzar un processador de propòsit general, fas un hardware que amb menys transistors funciona, perquè només sap fer això, no sap fer de tot. Però això té un límit. Hem de buscar alternatives, fer càlculs d'aquestes alternatives, i existeixen aquests acceleradors (que són de diferents tipus, per a gràfics, per reconèixer imatges, etc.). La computació quàntica és una gran esperança, però encara està en l'hivern polar. Per estudiar el cervell, per exemple, les màquines normals no serveixen, de manera que n'hem construït unes altres que es diuen computadors neuromòrfics, que tenen molts processadors, tots molt petits, com si fossin una neurona, i amb moltes connexions físiques. A més, transmeten de manera analògica i no digital, perquè no calgui traduir, amb la qual cosa són més ràpids i gasten menys energia. Tenim la màquina, però no tenim el model de com funciona el cervell, es va avançant molt lentament. El gran repte és la computació quàntica, però encara estem lluny.

I la computació quàntica és el gran repte perquè ofereix...

Perquè és una altra manera de calcular, en la qual hi ha fenòmens quàntics. En el moment que veus que s'hi posen les multinacionals és que hi ha or. Per exemple, hi ha una empresa multinacional de fertilitzants que ha de deixar de produir perquè

no pot permetre's gastar tanta energia per fer-los. Imagina't si poguessin reduir aquests costos. El problema és d'optimització. Hi ha un problema clàssic en computació que és el del viatjant de comerç, i diu el següent: "Pensa que hi ha cinc ciutats connectades i que els preus dels viatges varien, i has d'anar a cada ciutat pel mínim cost. Si són cinc ciutats, pot calcular-se fàcilment, però ¿i si n'hi ha milions? Aquest problema s'eternitza. L'altre gran problema en computació és la seguretat en les comunicacions, la criptografia. També conèixer com funciona el cervell.

El cervell és la gran paradoxa. Tan petit que és i és la cosa més difícil d'entendre del món.

El cervell fa bé les coses que un computador fa malament, i fa lentes les coses que un computador fa ràpidament. Treballar amb números és molt fàcil per als computadores. No obstant això, un computador no tindrà mai sentit comú, perquè fa coses repetitives. La primera partida d'escacs entre una màquina i un humà va ser organitzada el 1997 entre Kaspàrov i Deep Blue, i va guanyar la màquina. Un jugador necessita veure sis o set jugades del seu contrincant per treure'n conclusions; l'ordinador en necessita moltíssimes més. Excepte en un camp de la intel·ligència artificial que es diu *machine learning*. A l'ordinador se li diu: aquest és el problema a resoldre i vull que optimitzis tal aspecte, i l'ordinador va aprenent com optimitzar.

Tu fas una distinció que em sembla molt bàsica entre investigació fonamental i innovació tecnològica.

Penso que sense recerca fonamental no hi ha res. A la universitat, per exemple, existeix molta recerca que se sap que no conduirà a res, i no obstant això es ven com a potencial innovació. A mi m'agrada dir que la recerca ha de ser excel·lent, i que s'ha de publicar en totes les revistes i presentar en tots els congressos, però sobretot ha de ser rellevant, ha de resoldre problemes de la societat. Crec que aquest és el lema d'aquest centre. De fet, si no treballéssim en projectes per a Repsol, Iberdrola, la Unió Europea, etc., no hauríem creat vuit-cents llocs de treball.

I en la computació, què és el que pot resultar més rellevant per al benestar social?

La **supercomputació** ara és rellevant per resoldre problemes reals com, per exemple, el canvi climàtic. Avui dia, un dels instruments més importants de què disposem per simular la situació a deu o quinze anys respecte al canvi climàtic és la simulació per supercomputador. Què passarà si substituïm els cotxes actuals i els reemplacem per elèctrics, si substituïm el carbó, etc. Una altra aplicació és l'ús de la **supercomputació** per a la medicina: construir bessons digitals. Si un computador disposés de totes les nostres dades mèdiques, podria ajudar el metge a fer millors diagnòstics. Però en aquest camp hi ha una reticència a donar dades, que és el que necessita el computador, encara que aquestes dades serien anònimes.

La conclusió llavors és que el més vistós, que són les xarxes socials, és el menys rellevant, tot i que té conseqüències polítiques.

Les xarxes socials tenen coses bones i dolentes. Però algunes companyies són totalment dolentes. Facebook és pitjor que el verí, però Google, per exemple, ha fet alguna cosa bona, com per exemple esbrinar el plegament d'una proteïna. És curiós com només amb dades la computació pot obtenir millors resultats en alguns aspectes que la recerca bioquímica.

De manera que, per molt potent que sigui la tecnologia, en última instància, hi ha la responsabilitat dels humans.

Sens dubte, i en el cas de la medicina és claríssim. El metge disposa de tota l'ajuda de la tecnologia, però és ell qui ha de decidir. Existeix molta tecnologia que per qüestions de seguretat, d'ètica, potser mai s'aplicarà. Però tenim un potencial enorme i tot és per culpa del transistor.

El problema rau en la regulació de la societat. En última instància és política i educació, amb una connectivitat molt desigual que reforça els desequilibris del món.

A escala de país l'educació és fonamental, hi ha d'haver igualtat d'oportunitats. Però, a més, jo no conec cap altre instrument que potenciï més la democràcia que l'educació. Curiosament, els països més ben educats són també els més alegres. La recerca també és bàsica, un país ha de produir idees. I, després, necessitem que els polítics redistribueixin de manera socialment justa. ●

Mateo Valero és doctor enginyer en telecomunicacions, catedràtic de la **Universitat Politècnica de Catalunya** i director del **Barcelona Supercomputing Center - Centre Nacional de Computació (BSC-CNS)**. Transcripció i adaptació de Verónica Nieto. Aquest article s'ha publicat en castellà al número 50 de la revista **La Maleta de Portbou**.