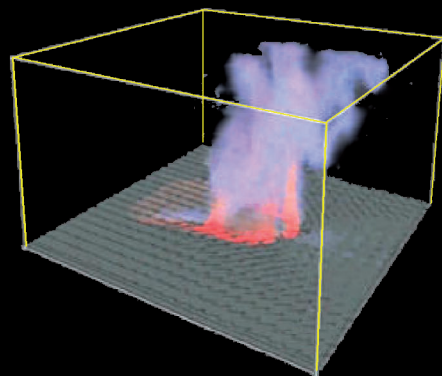


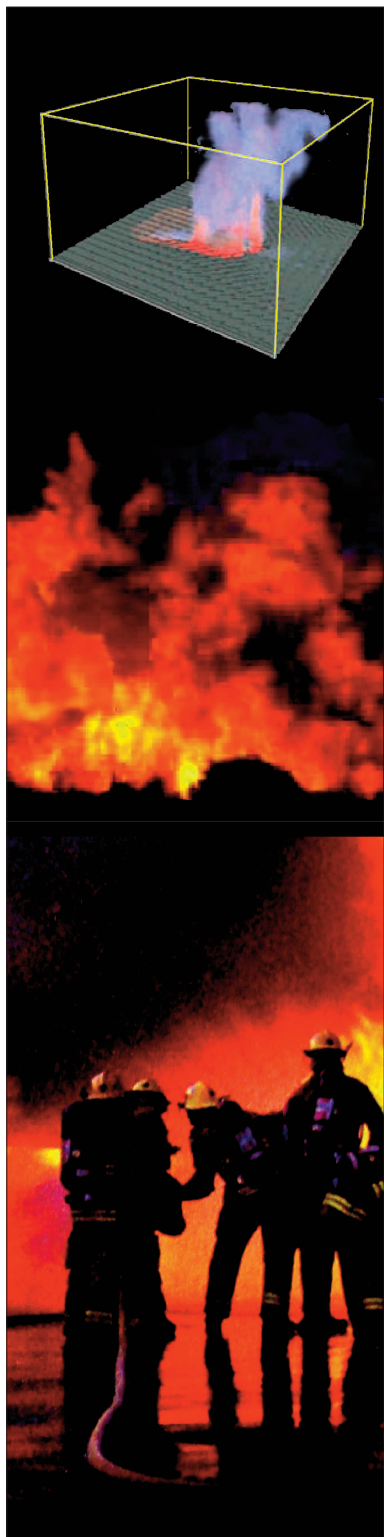
Revista de

primer semestre 2009 número 3

TECNOLOGIA



SUMARI



2 Editorial

La tecnologia avui

4 **Anàlisi i interpretació de senyals biomèdics: dels orígens a l'actualitat. Una perspectiva històrica**

Raimon Jané

13 **La tecnologia aplicada a l'estudi del comportament dels incendis forestals**

Elsa Pastor

21 **Comunicacions mòbils de quarta generació**

Ramon Agustí

29 **Debat: «Tecnologia i societat en el segle XXI»**

Alicia Casals

Educació tecnològica

34 **Ensenyar tecnologia industrial en anglès: un exemple d'aplicació del CLIL (*Content and Language Integrated Learning*)**

Josep Poch

39 **4t Seminari sobre Educació Tecnològica**

Roser Cussó, Jordi Orts i Maite Marrodán

Entrevista a Jaume Pagès

42

Josep Amat

Actualitat

46 **Actes organitzats per la Societat Catalana de Tecnologia**

47 **Convocatòria de premis**

50 **III Congrés d'Enginyeria i Cultura Catalana a Palma**

ANÀLISI I INTERPRETACIÓ DE SENYALS BIOMÈDICS: DELS ORÍGENS A L'ACTUALITAT. UNA PERSPECTIVA HISTÒRICA¹

Raimon Jané

Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial. Universitat Politècnica de Catalunya. Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC)

L'enginyeria biomèdica és la disciplina que aplica els principis, coneixements i mètodes de l'enginyeria per comprendre, modelar o controlar els sistemes biològics, així com per solucionar els problemes específics relacionats amb els equips i sistemes a l'àmbit de la salut. Per tant, l'enginyeria biomèdica és una branca interdisciplinària que dissenya i desenvolupa eines i tècniques per als àmbits de la biologia i la medicina, però alhora utilitza el coneixement d'aquestes ciències per orientar les seves activitats (figura 1). Així, aquestes noves eines possibiliten una millor pràctica mèdica, ja que ofereixen nous sistemes i productes per al monitoratge de variables fisiològiques i per a l'ajut al diagnòstic i teràpia de pacients.

L'enginyeria biomèdica aplica principis de diversos àmbits de l'enginyeria (elèctric, electrònic, materials, mecànic, químic, òptic, tecnologies de la informació i les comunicacions, etc.) i d'aquesta manera abasta un ampli conjunt d'àmbits que inclouen, entre d'altres, els següents:

— *Instrumentació biomèdica*: mesura i monitoratge de senyals (biosensors i bioinstrumentació).

— *Processament de senyal*: detecció, anàlisi i interpretació de senyals biomèdics.

— *Anàlisi i modelat de sistemes biològics*: modelització, simulació i control.

— *Enginyeria de rehabilitació*: disseny de dispositius i procediments terapèutics i de rehabilitació.

— *Disseny de pròtesis*: dispositius per reemplaçar o augmentar alguna funció fisiològica (per exemple, els òrgans artificials).

— *Biomecànica*: estudi de la mecànica dels sistemes biològics.

— *Biomaterials*: disseny de materials biocompatibles.

— *Imatges mèdiques*: representació 2D i 3D dels detalls anatòmics i funcionals.

— *Informàtica mèdica*: anàlisi de dades biomèdiques per a la decisió clínica (per exemple, aplicant tècniques d'intel·ligència artificial).

— *Bioenginyeria tissular*: enginyeria de teixits biològics.

— *Nanobioenginyeria*: nanosensors i nanomàquines implantables.

Abans d'abordar el tema central de l'article, és oportú reflexionar sobre el paper que ha tingut l'enginyeria biomèdica en relació amb la medicina, per arribar a tal com la coneixem actualment.

És ben conegut que, des dels inicis del segle xx, la innovació tecnològica ha progressat a un ritme accelerat, i ha incidit en tots els àmbits de la vida. Cal destacar, però, els canvis crucials provocats per la tecnologia a l'àrea de la medicina i dels serveis de salut.

La medicina té una llarga història pròpia. Però és bastant recent la disponibilitat dels nous sistemes i dispositius tecnològics, que ofereixen un ajut al diagnòstic i permeten nous tractaments terapèutics. Així, la tecnologia ha provocat un impacte decisiu en la pràctica mèdica actual. Però, amb una perspectiva històrica de la medicina, ens trobem que és relativament recent l'establiment dels hospitals com a punts centrals del sistema de salut, on s'han anat incorporant els sistemes sanitaris d'alta tecnologia.

En aquest escenari, l'enginyeria biomèdica apareix com una nova especialitat interdisciplinària que és clau per al desenvolupament de noves eines de recerca, diagnòstic i tractament per als professionals de la salut (figura 2). D'aquesta manera es produeix una permanent realimentació entre la medicina i l'enginyeria biomè-

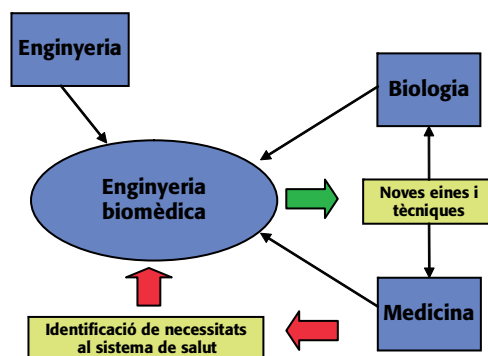


FIGURA 1. L'enginyeria biomèdica dissenya i desenvolupa noves eines per a la medicina i la biologia.

1. Aquest article és un resum de la conferència «Anàlisi i interpretació de senyals biomèdics. Aportacions de l'enginyeria biomèdica al diagnòstic i a la monitorització», presentada a l'Institut d'Estudis Catalans.



FIGURA 2. L'enginyeria biomèdica aporta noves eines que faciliten l'obtenció de nou coneixement a la medicina. D'altra banda, l'accés a nova informació mèdica i biològica ofereix una descripció més profunda dels éssers vius, en facilita l'anàlisi i la interpretació, i orienta la realització d'equips i dispositius més intel·ligents i biocompatibles.

dica que permet avançar amb noves i constants aportacions.

Alguns antecedents de la medicina actual

Si ens remuntem a l'antiguitat, en els temps dels orígens de la medicina, en què tant els egipcis com els grecs i romans varen fer aportacions significatives, ens trobem que la salut va anar evolucionant lentament des de l'àmbit de la «màgia i allò sobrenatural» fins a una anàlisi basada en l'estudi de característiques «naturals», però on encara la intuïció i la imaginació tenien un paper important.

A poc a poc, es varen anar incorporant una sèrie d'observacions i mesures experimentals bàsiques, com la temperatura o el pols cardíac. Així es va anar evolucionant cap a una ciència mèdica on la mesura de paràmetres fisiològics quantificables i objectivables permetien avançar d'una manera sistemàtica i determinant cap a la medicina actual. De totes maneres no és fins al segle xx que la tecnologia s'incorpora progressivament i de manera generalitzada al sistema sanitari.

Per no perdre de vista el context històric no s'ha d'oblidar, per exemple, que els hospitals, als segles XVIII i XIX, no admetien els pacients amb malalties «contagioses» o «incurables», els quals eren derivats a uns centres especials on es podia fer ben poc per a ells. D'altra banda, als hospitals convencionals una causa important de la mortalitat eren les infeccions adquirides als mateixos hospitals. Es donava la paradoxa que en molts casos es produïen més morts per les condicions de l'hospital que per les mateixes malalties.

No és fins al segle xx que es produeix la definició del sistema de salut modern, tal com el coneixem actualment. Sens dubte el gran desenvolupament de les ciències bàsiques (química, fisiologia, farmacologia) i de la tecnologia

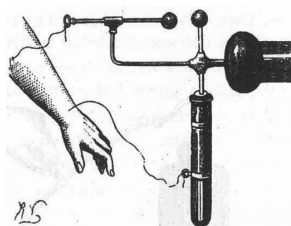


FIGURA 3. Electròmetre condensador de Lane.

FONT: Reproduït d'E. BERTRÁN RUBIO, *Electroterapia: Métodos y procedimientos de electrización*, 1872b.

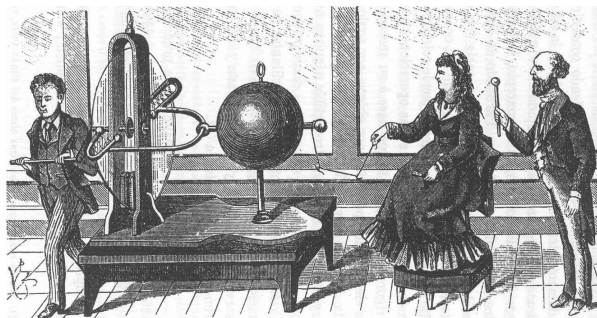


FIGURA 4. Màquina de Beckensteiner. Una de les propostes d'equips d'electroteràpia per a pacients.

FONT: Reproduït d'E. BERTRÁN RUBIO, *Electroterapia: Métodos y procedimientos de electrización*, 1872b.

va ser un dels motors d'aquesta transformació. Aquest canvi qualitatiu va produir que l'hospital es convertís en el punt de referència dels especialistes i de la recerca, i, per tant, era el lloc on s'afavorien els grans avenços de la medicina. En aquest nou escenari, i gràcies a diferents descobriments, es va possibilitar un autèntic salt de qualitat de la investigació mèdica.

Els precursors de l'enginyeria biomèdica

Al segle XIX trobem treballs en què es descriuen ja diversos equips elèctrics orientats a la teràpia, que són d'alguna manera els antecedents dels equips actuals de l'àmbit de l'enginyeria biomèdica. A Catalunya són remarcables uns llibres, publicats a Barcelona l'any 1872 (E. Bertrán Rubio, 1872a i 1872b). S'hi descriuen els principis bàsics del tractament de les neuràlgies mitjançant l'electricitat. En un segon volum es descriuen els efectes de l'electricitat sobre l'organisme i es presenten diversos aparells d'electroteràpia i diferents sistemes d'aplicació de càrregues elèctriques als pacients (figures 3 i 4).

El desenvolupament d'aquests equips va portar a diferents dissenys d'«excitadors» metàl·lics (figura 5), a través dels quals s'aplicaven corrents elèctrics. Aquests dispositius varen ser precursors dels primers elèctrodes utilitzats amb finalitats d'obtenció i registre de senyals bioelèctrics.

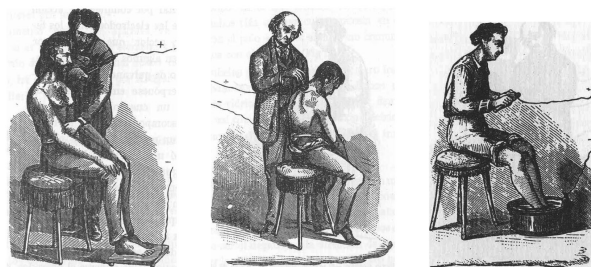


FIGURA 5. Diversos «excitadors» metàl·lics per aplicar corrents als pacients. En alguns casos es fa circular el corrent a través dels peus, en contacte amb una superfície metàl·lica o submergits en aigua salina.

FONT: Reproduït d'E. BERTRÁN RUBIO, *Electroterapia: Métodos y procedimientos de electrización*, 1872b.

Respecte a l'aportació de l'enginyeria biomèdica als equips de diagnòstic, mereixen especial menció dos descobriments clau d'inicis del segle xx.

Willem Einthoven dissenyà el 1903 el primer electrocardiògraf. Aquest nou dispositiu mesurava per primer cop els canvis elèctrics que succeïen durant el batec del cor. Aquesta aportació va obtenir el 1924 el Premi Nobel en Fisiologia o Medicina. A partir de la proposta d'aquesta eina de diagnòstic es va iniciar una nova era en les mesures bioelèctriques i la medicina cardiovascular, i va permetre estandarditzar les mesures electrocardiogràfiques.

Una altra contribució decisiva va ser la realitzada per Wilhelm Conrad Röntgen amb el descobriment dels raigs X, per la qual va obtenir el 1901 el Premi Nobel de Física.

Inicialment aquesta tècnica s'aplicà només a les fractures d'ossos. Però ja el 1930, va ser possible la visualització per raigs X de la majoria d'òrgans, gràcies a l'ús de sals de bari i materials radioopacs. És així com, gràcies als equips de raigs X, es varen dissenyar sistemes que permeten la diagnosi de diferents malalties i lesions. Actualment, la majoria d'hospitals tenen departaments de radiologia.

Al llarg del segle xx, diversos descobriments han estat fonamentals per als avenços de la medicina i han facilitat el desenvolupament de la tecnologia aplicada als hospitals.

Els anys 1930-1940, s'introdueix la sulfanilàmida i penicil·lina. Així es va reduir el principal risc d'infecció a l'hospitalització, i es varen facilitar els avenços de la cirurgia i de la utilització de la instrumentació. Per aquesta contribució, Alexander Fleming, Ernst Boris Chain i Howard Walter Florey varen rebre el Premi Nobel en Fisiologia o Medicina l'any 1945. D'aquesta manera s'inicià una nova era en la realització d'intervencions quirúrgiques, sense l'elevada mortalitat que fins en aquella data provocaven les infeccions.

Relacionat també amb la intervenció en el pacient mitjançant la cirurgia, cal destacar que el 1900 es descobriren els grups sanguinis i la seva incompatibilitat. I no és fins al 1930, que es desenvolupen els bancs de sang, quan la tecnologia permet ja una adequada refrigeració.

Un altre pas important en les tècniques de diagnòstic varen ser les noves tècniques de cateterització cardíaca i angiografia, iniciades als anys quaranta pel doctor André Frédéric Cournand. Amb aquestes tècniques es permet la visualització amb raigs X dels vasos sanguinis i vàlvules cardíques amb injecció de radioopacs. Aquest desenvolupament va rebre el Premi Nobel l'any 1956.

Un pas més en les tècniques d'obtenció d'imatges va ser, en aquella dècada, el descobriment del microscopi electrònic. Amb aquesta nova eina es va poder abordar la visualització de les cèl·lules.

A més a més de les importants contribucions esmentades anteriorment, una valoració més àmplia dels aven-

ços de la medicina i la biologia durant els segles xx i xxi, i de la seva relació amb les aportacions de l'àmbit de l'enginyeria biomèdica, la podem obtenir repassant els premis nobels de fisiologia o medicina obtinguts en el període 1901-2008. Entre d'altres, destaquen les contribucions següents:

— 1911. Allvar Gullstrand, pel treball sobre les diòptries de l'ull i els instruments òptics.

— 1961. Georg von Békésy, per l'estudi de la funció de la còclea en l'òrgan auditiu dels mamífers.

— 1962. Francis Harry Compton Crick, James Dewey Watson i Maurice Hugh Frederick Wilkins, pels seus descobriments de l'estructura de l'ADN.

— 1963. John Carew Eccles, Alan Lloyd Hodgkin i Andrew Fielding Huxley, pels descobriments dels mecanismes iònics que intervenen en l'excitació i la inhibició de la membrana de les cèl·lules nervioses.

— 1967. Ragnar Granit, Haldan Keffer Hartline i George Wald, pels descobriments dels mecanismes neurofisiològics de la visió.

— 1979. Allan M. Cormack i Sir Godfrey N. Hounsfield, pel desenvolupament de la tomografia axial computada.

— 1981. Roger W. Sperry, David H. Hubel i Torsten N. Wiesel, pels seus treballs sobre les funcions dels hemisferis cerebrals i el processament de la informació en el sistema visual.

— 1991. Erwin Neher i Bert Sakmann, pels estudis sobre el flux de ions a través dels canals de les membranes cel·lulars.

— 1994. Alfred G. Gilman i Martin Rodbell, pel descobriment de les proteïnes G i el seu paper en el transport d'informació a les cèl·lules.

— 1998. Robert F. Furchgott, Louis J. Ignarro i Ferid Murad, pel seus descobriments relacionats amb l'òxid nítric i els senyals moleculars en el sistema cardiovascular.

— 1999. Günter Blobel, per descobrir que les proteïnes tenen senyals intrínsecs que governen el seu transport i localització a la cèl·lula.

— 2003. Paul C. Lauterbur i Peter Mansfield, pels descobriments relacionats amb les imatges de ressonància magnètica (RM). Aquestes contribucions estaven basades en el Premi Nobel de Física obtingut per Felix Bloch i Edward Mills Purcell (1952), on es varen establir les bases conceptuals de la RM.

— 2004. Richard Axel i Linda B. Buck, pels descobriments dels receptors odorants i l'organització del sistema olfatiu.

— 2007. Mario Capecchi, Oliver Smithies i Martin Evans, pels seus treballs sobre les cèl·lules mare i la manipulació genètica en models animals.

Tots aquests avenços han portat al fet que l'enginyeria biomèdica plantegi un ampli rang d'aplicacions, que van des del disseny i implementació de sensors i elèctrodes per a la monitorització de funcions fisiològiques fins a sis-

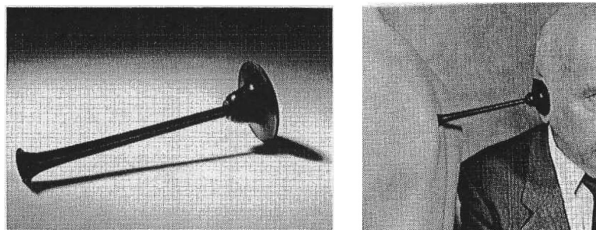


FIGURA 6. Estetoscopi monoaural, utilitzat el 1906 per a l'obtenció del so respiratori.

FONT: Reproduït de N. GAVRIELY, *Breath sounds methodology*, 1995.

temes i dispositius d'ajuda al diagnòstic i teràpia de pacients.

Els senyals biomèdics: de l'obtenció a l'anàlisi i la interpretació

Els senyals biomèdics d'origen bioelèctric (electrocardiograma, electromiograma, electroencefalograma, etc.), així com altres senyals biomèdics (flux, volum, pressió, so respiratori, moviment, etc.), aporten informació rellevant sobre el funcionament dels sistemes biològics corresponents.

Inicialment, el primer repte de l'enginyeria biomèdica va ser el disseny de sensors i instrumentació adequada per a l'obtenció d'aquests senyals biomèdics.

A principi del segle xx, es poden trobar ja uns primers dispositius per captar senyals de so respiratori (figura 6) o sistemes d'obtenció del senyal electrocardiogràfic (figura 7). En aquella època, les baixes prestacions de la instrumentació, la falta d'estandardització i la variabilitat de les mesures feien molt limitada l'aplicació d'aquestes tècniques. En ambdós casos, la informació obtinguda era interpretada per un expert, auditivament o visualment, per ajudar al diagnòstic.

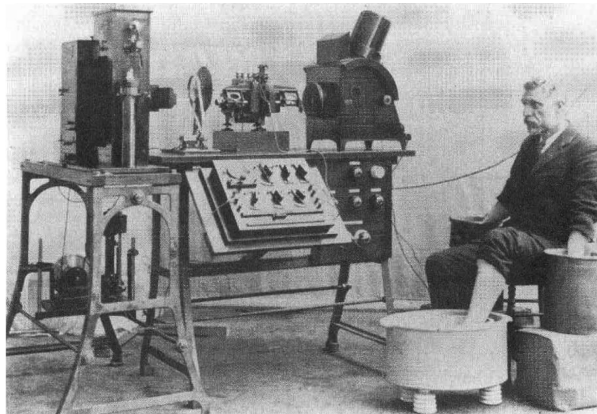


FIGURA 7. Disseny del primer electrocardiògraf (1903), basat en les propostes de Willem Einthoven.

FONT: Reproduït de J. ENDERLE, S. BLANCHARD i J. BRONZINO, *Introduction to biomedical engineering*, 2000.

Aquests equips varen permetre, per primer cop, l'adquisició de senyals biomèdics. La informació obtinguda va aportar nou coneixement sobre el funcionament fisiològic. D'aquesta manera es varen fixar les bases per a una millora de la instrumentació i per a l'estandardització dels mètodes i protocols de mesures per obtenir la informació clínica rellevant. En el cas de l'electrocardiograma (senyal ECG), el nom i la interpretació de cadascuna de les ones significatives (P, QRS i T), així com els punts de mesura (triangle d'Einthoven: derivacions normalitzades I, II i III), prové dels primers dissenys de principi de segle (figura 8) i són encara utilitzats actualment.

La revolució tecnològica produïda en els camps de l'electrònica i les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) ha permès avançar notablement en la millora de la instrumentació i dels sensors, cosa que ha propiciat l'obtenció i adquisició d'uns senyals d'una millor qualitat. D'altra banda, els avenços del processament digital de se-

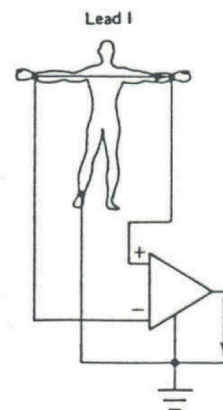
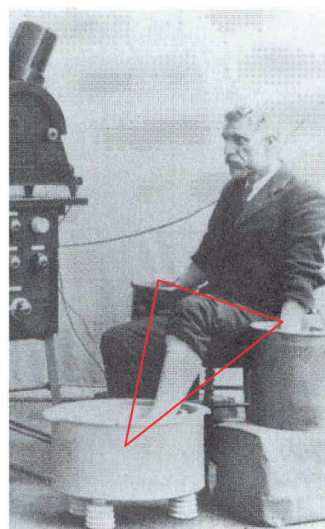
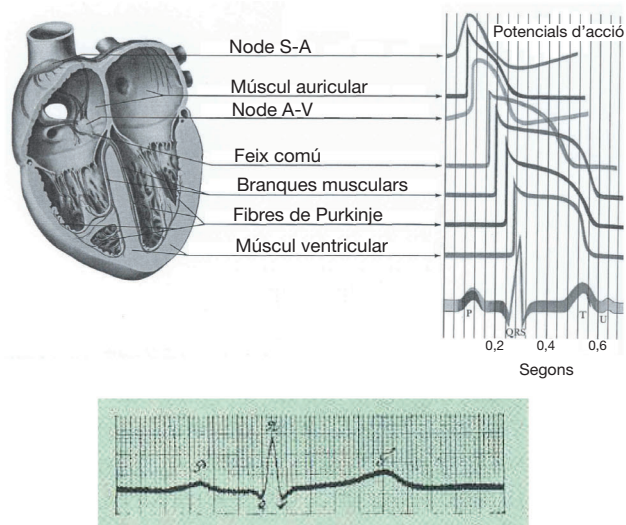


FIGURA 8. Relació de les ones significatives de l'electrocardiograma (P, QRS i T) amb els potencials d'acció cel·lulars de les aurícules i ventricles. Exemple de punt de mesura estandaritzat (derivació I), basat en les propostes de Willem Einthoven.

FONT: Reproduït de J. ENDERLE, S. BLANCHARD i J. BRONZINO, *Introduction to biomedical engineering*, 2000.

nyals, i de les eines de computació, han facilitat la disponibilitat de nous equips biomèdics.

En aquest context, l'anàlisi i la interpretació de senyals biomèdics poden aportar noves eines rellevants per a l'ajut al diagnòstic. Per una banda, poden facilitar la monitorització de l'activitat biològica i la mesura de les seves característiques de manera automàtica. Per altra banda, l'anàlisi i el processament de senyals biomèdics pot aportar l'obtenció d'informació clínica «oculta» present en els senyals. La interpretació d'aquesta nova informació pot aportar importants elements per a l'ajuda al diagnòstic.

En qualsevol cas, abans d'aplicar una nova tècnica a l'àmbit clínic, caldrà fer prèviament una validació amb mesures invasives o altres tècniques.

Recerca al grup de Senyals i Sistemes Biomèdics de la UPC i de l'IBEC

Actualment, molta informació disponible als senyals biomèdics no és clínicament útil a causa de les limitacions de les tècniques de processament de senyal clàssiques, que ignoren la informació fisiològica complexa o l'acoblament entre diferents subsistemes biològics.

Cal aprofundir en la relació entre els fenòmens fisiològics i la seva signatura en els corresponents senyals biomèdics. En aquest sentit, les noves tècniques d'anàlisi i interpretació de senyals biomèdics poden aportar millores notables al diagnòstic i a la monitorització.

L'aplicació d'aquestes tècniques permet obtenir nou coneixement fisiològic i proposar nous índexs marcadors

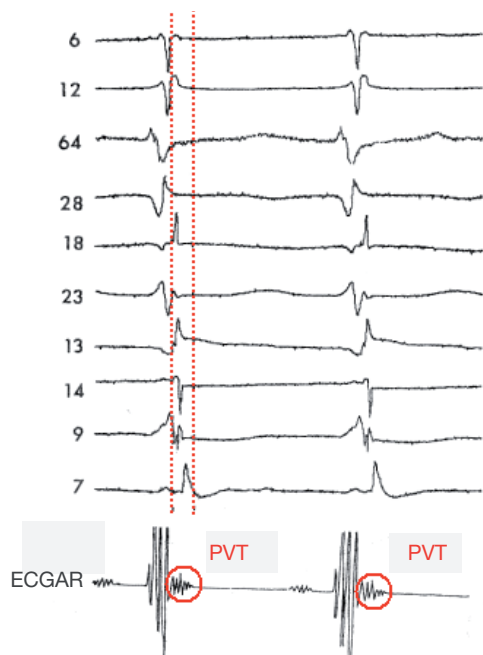


FIGURA 9a. Electrogrames obtinguts al miocardi de manera invasiva on s'aprecia l'activitat ventricular tardana.

de patologies, mitjançant proves no invasives. D'aquesta manera s'aconsegueix obtenir més informació d'interès clínic, que fins ara només es podia estimar mitjançant proves invasives o proves més complexes, en les quals sovint el pacient havia de col·laborar activament.

En aquest apartat, i per descriure exemples d'aquestes aportacions, es mostren alguns dels projectes de recerca que s'han realitzat recentment al grup de Senyals i Sistemes Biomèdics de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i de l'Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC).

El desenvolupament d'equips que incorporin aquests nous mètodes permetrà la realització de sistemes de cribratge i d'ajut al diagnòstic, que facilitin una detecció més ràpida i amb menor cost d'importantes patologies cardíques i respiratòries.

L'ECG d'alta resolució: nova eina d'ajut al diagnòstic en cardiologia

Un infart de miocardi, produït per l'oclusió d'una artèria coronària, pot provocar en un subjecte la necrosi del teixit miocardiàc. Aquesta lesió pot generar una zona en què es pugui activar una arítmia ventricular maligna. La presència de senyals bioelèctrics de molt baixa amplitud i alta freqüència, activats de manera tardana en la zona ventricular afectada (potencials ventriculars tardans, PVT), indica un risc elevat de patir arítmies ventriculars malignes.

Els potencials PVT no es poden obtenir mitjançant l'electrocardiograma convencional de superfície, si no és mitjançant una mesura invasiva (figures 9a i 9b). Calia una nova tècnica d'obtenció de senyals ECG no invasiva, anomenada *electrocardiografia d'alta resolució*. Aquesta utilitza una instrumentació amb millors prestacions i freqüències de mostreig superiors a 1.000 Hz i amb resolucions superiors a 12 bits. Però, a més a més, requereix tècniques avançades de processament de senyal per millorar la relació senyal-soroll i identificar i interpretar aquests potencials d'interès clínic.

Amb aquest objectiu, s'ha proposat un nou mètode d'alineament per a senyals ECG d'alta resolució o de Holter, que permet estimar els PVT fins i tot en senyals amb elevat nivell de soroll. El nou mètode (Laciar, Jané i Brooks, 2003)

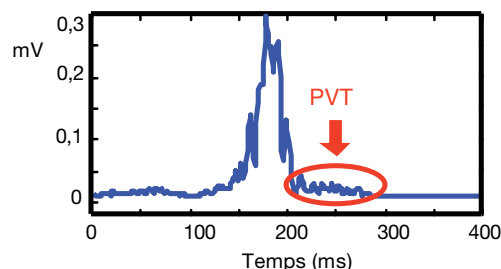


FIGURA 9b. Electrocardiograma d'alta resolució on es mostren els potencials PVT obtinguts de manera no invasiva i mitjançant processament de senyals.

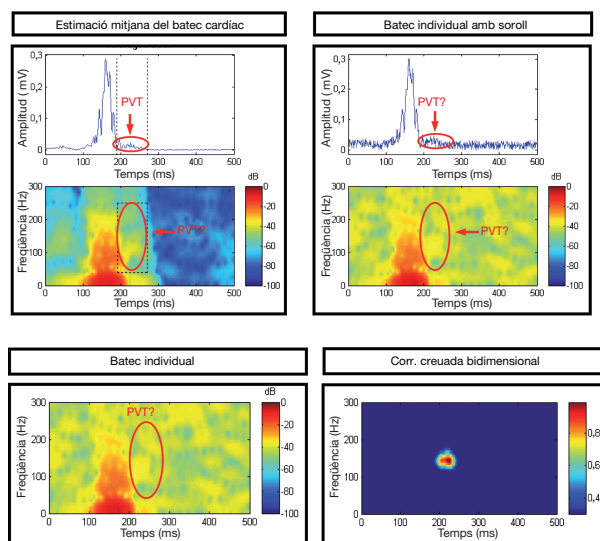


FIGURA 10. Mapes espectrotemporals per a la detecció de PVT en senyals ECG amb baixa relació senyal-soroll.

utilitza tècniques de correlació multiescala utilitzant ondes (*wavelets*) de *splines* quadràtics de Mallat.

També per a una millor estimació dels PVT s'ha proposat un nou mètode basat en mapes espectrotemporals (figura 10), que facilita l'estudi de la seva forma i de la variabilitat batec a batec (Laciar i Jané, 2005).

Aplicant aquestes noves tècniques, es pot realitzar un estudi multiparamètric dels PVT detectats i de la seva variabilitat. Això ha permès estimar de manera no invasiva el grau de dany miocardiàc i el risc de patir una mort sobtada. Aquesta nova metodologia ha estat validada en pacients amb mal de Chagas, i s'ha obtingut un diagnòstic similar al que s'obtenia fins ara amb la realització de diverses proves invasives (Laciar, 2004).

Anàlisi i interpretació de sons respiratoris

L'auscultació subjectiva de sons respiratoris (sibilacions, raneres, etc.) amb l'estetoscopi ha estat utilitzada com una informació complementària en el diagnòstic de malalties respiratòries (Gavriely, 1995). Durant la respiració, es pro-

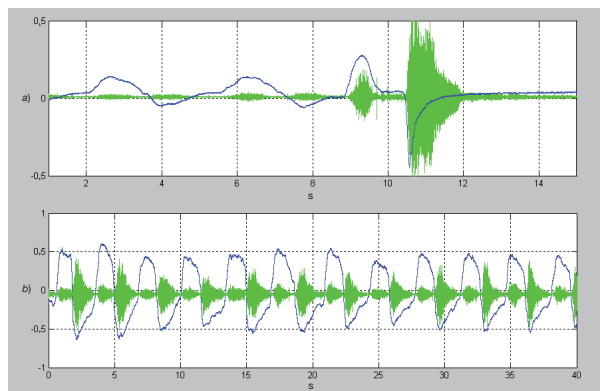


FIGURA 11. Senyals de flux respiratori (en blau) i so respiratori (en verd): a) Maniobra d'expiració forçada. b) Respiració espontània.

dueixen sons respiratoris que poden estar associats als pacients asmàtics, amb obstrucció pulmonar o amb altres patologies (figura 11).

Recentment, s'ha plantejat l'estudi i l'anàlisi objectiva dels sons respiratoris, mitjançant processament digital de senyal, per la possibilitat d'aportar informació rellevant d'interès clínic que valori la severitat de la malaltia i la seva evolució (Pasterkamp, Kraman i Wodicka, 1997).

Els sons respiratoris adventicis, vinculats a les patologies, apareixen sobreposats al so respiratori normal i estan contaminats per altres sorolls d'origen fisiològic. Aquestes característiques, i la variabilitat fisiològica dels sons, fan que tant la detecció com la interpretació del senyal sigui una tasca complexa.

Un dels sons de més interès són les sibilacions, amb característiques transitòries i polifòniques, que estan presents en la respiració forçada dels pacients asmàtics.

Per assolir la seva caracterització s'ha proposat un nou mètode de detecció i anàlisi temps-freqüència de sibilacions, durant les maniobres d'expiració forçada (Homs-Corbera, Fiz, Morera i Jané, 2004). I, més recentment, s'han desenvolupat nous algorismes per monitorar les sibilacions en la respiració espontània dels pacients en registres de llarga durada (Cortés, Jané, Fiz i Morera, 2005).

Aquesta nova aproximació (figura 12) permet fer una estimació de l'evolució de la malaltia, així com avaluar objectivament l'efecte dels fàrmacs broncodilatadors en la recuperació del pacient. I presenta l'avantatge que, en fer l'estudi durant la respiració espontània, no necessita la col·laboració del pacient. Justament aquesta era una de les limitacions de les tècniques clàssiques d'espirometria forçada.

L'aplicació de tècniques de processament avançat de senyal de sons respiratoris ha permès la definició de nous índexs, a partir dels canvis estimats en les característiques temps-freqüència de les sibilacions, que permeten valorar objectivament la millora dels pacients asmàtics després de l'administració de fàrmacs. Aquesta tècnica, que ja s'ha validat, és especialment important en pacients amb elevats nivells d'obstrucció respiratòria o en nens, en els quals resultava molt difícil realitzar un test espiromètric clàssic.

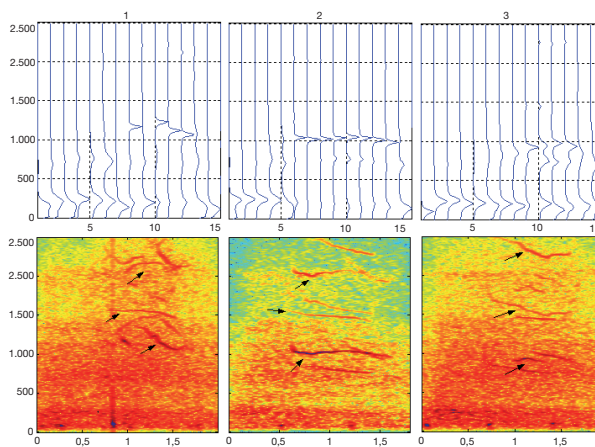


FIGURA 12. Anàlisi temps-freqüència de so respiratori durant la respiració. Detecció i anàlisi de sibilacions.

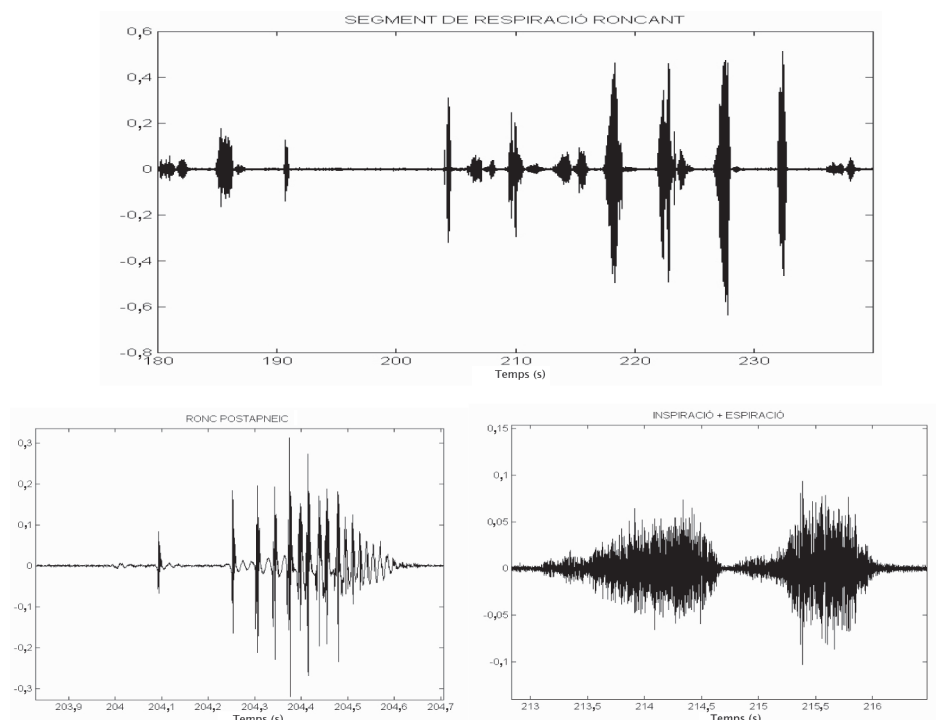


FIGURA 13. Senyal de so respiratori durant la nit, en què s'observen episodis d'apnea, respiració normal i episodis de respiració roncant, i ronc postapneics.

Monitorització dels senyals de ronc en el diagnòstic de les apnees del son

Els pacients que presenten la síndrome d'apnea obstructiva del son (SAOS) pateixen durant la nit més de deu aturades respiratòries de més de deu segons de durada cadascuna. Aquesta patologia afecta greument la qualitat del son i provoca importants efectes que van des de la somnolència diürna fins a possibles danys cardiovasculars i cerebrals a mitjà termini.

En la majoria de casos els pacients amb SAOS ronquen durant la nit. S'estima que a Espanya el 36 % de les dones i el 64 % dels homes són roncadors. I que els subjectes roncadors tenen més de 3,2 vegades el risc de patir SAOS (Duran, Esnaola, Rubio i Iztueta, 2001). És per això que és de gran interès disposar d'equips que permetin un diagnòstic precoç i fiable d'aquesta patologia.

Fins ara la polisomnografia nocturna era el *gold standard* per fer aquest tipus de diagnòstic. Però té l'inconvenient de ser una prova complexa, pel gran nombre de senyals que cal enregistrar, necessita una anàlisi manual per verificar el diagnòstic i a més a més requereix passar una nit a l'hospital.

Els episodis de ronc estan relacionats amb la vibració de les vies aèries superiors durant el son. Per tant, l'anàlisi de senyals de ronc pot aportar informació sobre els mecanismes d'obstrucció respiratòria i producció d'apnees.

Per obtenir aquesta informació, s'ha estudiat el senyal de so respiratori adquirit durant estudis nocturns, mitjançant un micròfon situat a la superfície de la tràquea, on es registren les respiracions normals i els ronc (figura 13).

S'ha dissenyat i validat un detector automàtic que identifica els episodis de ronc durant tota la nit, i és robust davant altres artefactes com la veu, la tos o altres sons (Jané, Fiz, Solà-Soler, Blanch, Artís i Morera, 2003). Aquest processament permet realitzar una anàlisi multiparamètrica del ronc basada en xarxes neuronals, mètodes temps-freqüència i tècniques estadístiques.

L'aplicació d'aquestes tècniques en una població de pacients roncadors amb apnees o sense ha mostrat que el nou mètode permet la identificació de pacients SAOS, a través de les característiques del ronc (Solà-Soler, Jané, Fiz i Morera, 2007).

El grup de recerca, conjuntament amb l'Hospital Germans Trias i Pujol de Badalona i l'empresa SIBEL SA, ha desenvolupat una patent i un equip per a l'anàlisi de ronc i apnees. El projecte va rebre el Premi Ciutat de Barcelona 2004 en Investigació Tecnològica. L'assaig clínic va obtenir l'acreditació del Ministeri de Sanitat amb l'obtenció del marcatge CE de l'equip, que en aquests moments es troba en una fase precomercial.

Actualment, s'està estudiant la variabilitat de les característiques temps-freqüència del ronc que millori la classificació entre els pacients SAOS i els subjectes sans.

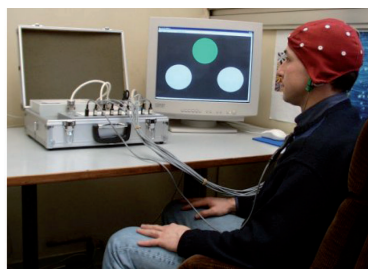
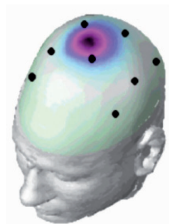


FIGURA 14. Sistema Brain-Computer Interface (BCI), basat en l'anàlisi de senyals EEG per a la classificació d'estats mentals.

Monitorització del senyal EEG: Brain-Computer Interface

Una altra línia de recerca molt recent és la utilització dels senyals bioelèctrics cerebrals per interaccionar amb l'exterior. En aquest sentit, destaca el repte de dissenyar interfícies cervell-computador, també conegudes com a BCI (Brain-Computer Interface). En aquestes aplicacions, es pretén utilitzar el coneixement del cervell i els mecanismes sensorials i mentals per proposar les noves interfícies (Arbib, 2002).

S'han desenvolupat unes tècniques (Mouriño, 2003) que, a través de diversos canals de senyals electroencefalogràfics (EEG), permeten la detecció de diversos estats mentals (relaxació, operacions matemàtiques, música, objectes en moviment, etc.), configurant una BCI (figura 14).

Per a això, s'han implementat diversos classificadors no lineals adaptatius, basats en xarxes neuronals. Aquest mètode permet l'adaptació a cada subjecte dels estats mentals de referència que desitja l'usuari per configurar la seva pròpia BCI.

Aquests primers dissenys s'han aplicat per facilitar la comunicació de persones amb greus discapacitats físiques (Mouriño, 2003) i per a la comunicació amb robots mòbils emprant BCI (Millán, Renkens, Mouriño i Gerstner, 2004).

Actualment es treballa per a la millora de la definició dels estats mentals, així com per a la robustesa dels classificadors, de manera que el sistema sigui prou adaptable, flexible i fiable, per a una utilització pràctica de la BCI.

Línies de futur en l'anàlisi i la interpretació de senyals biomèdics

Les tendències de futur en l'anàlisi de senyals biomèdics ens porten cap a un coneixement i una interpretació més profunds de les estructures i funcions dels sistemes vius (figura 15) que els estudiïn a diferents escales de temps i espai (de les molècules a les proteïnes, de les cèl·lules als òrgans), i d'una manera més global (Demongeot, Bézy-Wendling, Mattes, Haigron, Glade, Coatrieux, 2003).

Per això, cal considerar les aproximacions següents:

- Estudi en diferents nivells de descripció: diferents escales de temps i espai.

- Eines de processament avançat per a sistemes altament dinàmics, complexos i interactius entre ells.

- Aproximació «integradora» on es combinin: models formals, eines d'observació i interpretació, i investigacions experimentals, per tal que integrin coneixement i optimitzin mesures realitzades a diferents nivells.

- Estudi conjunt de models i processament multinivell de senyals i imatges que aportin informació rellevant sobre els mecanismes anatòmics i biofísics.

En l'àmbit supracel·lular, la medicina clínica segueix necessitant disposar, en el present i futur, d'informació del funcionament dels òrgans vitals:

- Nous *biomarcadors* que ajudin al diagnòstic de patologies.

- Una millor comprensió dels mecanismes que regulen els processos biològics i la seva interacció (ritme cardíac i respiratori, activitat cerebral, etc.).

Un objectiu a llarg termini és la comprensió de la complexitat dels sistemes vius a diverses escales:

- Els marcadors anatòmics o funcionals poden aportar informació dels canvis causats per la malaltia.

- L'estudi *in vivo* d'anormalitats moleculars o cel·lulars pot aportar informació de la causa de la malaltia.

Ens trobem, per tant, davant d'una tendència de futur on es poden combinar tant els models com el processament multimodal i multiescala, des de la cèl·lula fins a l'òrgan. I això ens pot aportar un coneixement més profund dels sistemes vius i dels mecanismes que generen les malalties. En aquest escenari, les aportacions i el desenvolupament de nous mètodes temps-escala, descomposició i fusió, seran importants, així com el treball interdisciplinari entre grups de recerca d'enginyeria biomèdica, medicina i biologia.

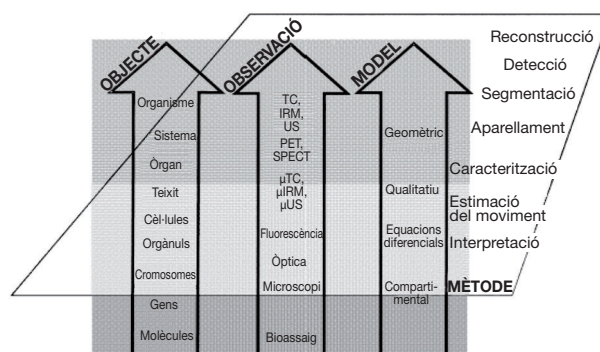


FIGURA 15. Objectes-observacions-models: tres dimensions explorades a diferents nivells i escales, mitjançant models i tècniques d'imatges adequades.

FONT: Reproduït de J. DEMONGEOT, J. BÉZY-WENDLING, J. MATTES, P. HAIGRON, N. GLADE i J. L. COATRIEUX, «Multiscale modeling and imaging: the challenges of biocomplexity», 2003.

Conclusions

En els darrers anys, l'enginyeria biomèdica ha fet uns grans avenços en el disseny d'equips, avenços de gran impacte en el diagnòstic i teràpia de malalties importants.

Ara és un moment per valorar acuradament les conseqüències socials i econòmiques que impliquen, perquè aquesta tecnologia sigui utilitzada de manera efectiva i eficient. Cal considerar que actualment, mitjançant la telemedicina, es pot atendre també individus que es troben lluny dels grans hospitals. Per altra banda, els nous sistemes de diagnòstic permeten un cribratge que ha de servir per millorar la salut pública i detectar precoçment les malalties.

Caldrà trobar un equilibri entre el diagnòstic precoç i les teràpies d'efectivitat provada, per tal d'evitar un no desitjat «efecte cascada de la tecnologia mèdica» (AATRM, 2006).

D'altra banda, les noves tendències que plantegen un abordatge més global de l'enginyeria biomèdica, que combini l'estudi en diferents escales de temps i espai (de les molècules a les proteïnes, de les cèl·lules als òrgans), obren noves portes a la recerca en aquest camp cada cop més interdisciplinari.

L'anàlisi i la interpretació intel·ligent de senyals en aquest nou entorn multiescala i multimodal serà clau en aquest procés. ■

Bibliografia

- AATRM. «Com una pedra rodant (like a rolling stone)». *Informatiu: Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques (AATRM)*, núm. 38 (2006), p. 1-3.
- ARBIB, M. A. *Handbook of brain theory and neural networks*. 2a ed. Cambridge: MIT Press, 2003.
- BERTRÁN RUBIO, E. *Electroterapia: Algo acerca del tratamiento de las neuralgias por medio de la electricidad*. Barcelona: Establecimiento Tipográfico de Jaime Jepús, 1872a.
- *Electroterapia: Métodos y procedimientos de electrización. Teoría y descripción de los aparatos más usados en electroterapia e instrucciones para su manejo, con nociones acerca de la acción fisiológica de la electricidad sobre el organismo*. Barcelona: Establecimiento Tipográfico de Jaime Jepús, 1872b.
- CORTÉS, S.; JANÉ, R.; FIZ, J. A.; MORERA, J. «Monitoring of wheeze duration during spontaneous respiration in asthmatic patients». A: *27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. IEEE, 2005, p. 6141-6144.

- DEMONGEOT, J.; BÉZY-WENDLING, J.; MATTES, J.; HAIGRON, P.; GLADE, N.; COATRIEUX, J. L. «Multiscale modeling and imaging: the challenges of biocomplexity». *Proceedings of the IEEE*, vol. 91, núm. 10 (octubre 2003).
- DURÁN, J.; ESNAOLA, S.; RUBIO, R.; IZTUETA, A. «Obstructive sleep apnea-hypopnea and related clinical features in population-based sample of subjects aged 30 to 70 years». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 163 (2001), p. 685-689.
- ENDERLE, J.; BLANCHARD, S.; BRONZINO, J. *Introduction to biomedical engineering*. Academic Press, 2000.
- GAVRIELY, N. *Breath sounds methodology*. CRC Press, 1995.
- HOMS-CORBERA, A.; FIZ, J. A.; MORERA, J.; JANÉ, R. «Time-frequency detection and analysis of wheezes during forced exhalation». *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, núm. 1 (gener 2004), p. 182-186.
- JANÉ, R.; FIZ, J. A.; SOLÀ-SOLER, J.; BLANCH, S.; ARTÍS, P.; MORERA, J. «Automatic snoring signal analysis in sleep studies». A: *The 25th International Conference of the IEEE EMBS* [setembre 2003]. Vol. 3, p. 2527-2530.
- LACIAR, E. *Técnicas para el análisis de ECG de alta resolución en registros latido a latido y de señal promediada*. Tesis doctoral (director: R. Jané). Universitat Politècnica de Catalunya, 2004.
- LACIAR, E.; JANÉ, R. «Detección y análisis latido a latido de potenciales tardíos ventriculares mediante mapas espectro-temporales». *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 2, núm. 3 (juliol 2005), p. 74-82.
- LACIAR, E.; JANÉ, R.; BROOKS, D. H. «Improved alignment method for noisy high-resolution ECG and holter records using multiscale cross-correlation». *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 50, núm. 3 (març 2003), p. 344-353.
- MILLÁN, J. del R.; RENKENS, F.; MOURIÑO, J.; GERSTNER, W. «Non-invasive brain. Actuated control of a mobile robot by human EEG». *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, núm. 6 (juny 2004), p. 1026-1033.
- MOURIÑO, J. *EEG-based analysis for the design adaptive brain interface*. Tesis doctoral (directors: J. del R. Millán i R. Jané). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.
- PASTERKAMP, H.; KRAMAN, S. S.; WODICKA, G. «Respiratory sounds: advances beyond the stethoscope». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 156 (1997), p. 974-987.
- SOLÀ-SOLER, J.; JANÉ, R.; FIZ, J. A.; MORERA, J. «Automatic classification of subjects with and without sleep apnea through snoring analysis». A: *The 29th International Conference of the IEEE EMBS* [setembre 2007]. Vol. 3, p. 6093-6096.

LA TECNOLOGIA APLICADA A L'ESTUDI DEL COMPORTAMENT DELS INCENDIS FORESTALS

Elsa Pastor

Centre d'Estudis del Risc Tecnològic. Departament d'Enginyeria Química. Universitat Politècnica de Catalunya

Introducció

El foc, juntament amb l'aigua, l'aire i la terra, és un dels quatre elements bàsics que conformen la natura. Entre tots ells, el foc és de ben segur el més fascinant, a causa del seu caràcter paradigmàtic de vida i destrucció. Aquesta dualitat tingué el seu origen quan l'home aprengué a fer-ne un ús domèstic i responsable, però ja de llavors ençà, la seva mala utilització i la seva propagació involuntària, li conferiren una perillositat molt temuda encara en els nostres dies. I és que si bé el foc ha estat un dels elements més rellevants per al progrés de la humanitat en el seu sentit més ampli, paradoxalment també ha estat i és, avui dia, en totes les seves formes no desitjades, el responsable de problemes ambientals, econòmics i socials de major gravetat.

El foc forma part del metabolisme de diversos sistemes ecològics i del mediterrani en particular. Durant llargs episodis de la història ha estat socialment desitjat i productiu, però ja no és així en l'escenari actual. L'abandonament de les zones rurals, el fracàs del sector primari i la creixent demanda urbana dels espais forestals són alguns dels causants més rellevants. I és precisament en aquest marc on estiu rere estiu es fa palesa la seva gravetat, i es posa en evidència d'una manera desoladora l'enorme poder devastador de l'incendi i la feblesa de l'home per combatre'l.

El nostre país és un cas molt il·lustrador d'aquesta situació. Els incendis forestals han devastat greument Catalunya durant els darrers anys, i han ocasionat danys humans i al medi ambient i han destruït una de les fonts de riquesa i d'equilibri més preuades del nostre territori, amb conseqüències econòmiques i socials importantíssimes. Les estadístiques reflecteixen la magnitud de la problemàtica dels incendis forestals a Catalunya, però també porten a advertir tendències que indiquen una evolució molt notable en les tasques de prevenció i extinció (figura 1). Si bé en el període comprès entre els anys 1970-1985 els petits i mitjans incendis eren els més freqüents, en aquests darrers vint anys la seva incidència ha estat considerablement menor, a causa d'una política aplicada en

matèria d'extinció basada en la ràpida intervenció, en detriment, però, dels grans incendis.

Paradoxalment, l'èxit assolit en aquest sentit és una de les causes que afavoreixen l'aparició d'incendis de grans superfícies, l'assignatura pendent a Catalunya i a tota l'Europa mediterrània. Així mateix, altres àrees d'arreu del món pateixen d'igual manera les conseqüències del foc. Cal mencionar el continent nord-americà, que també s'ha vist històricament afectat pels incendis forestals amb episodis molt severs durant els darrers estius; les zones tropicals d'Àfrica, Indonèsia i Amèrica, que, a causa del fenomen meteorològic d'El Niño, veuen devastades amb una recurrència esfereïdora milers d'hectàrees forestals; els boscos equatorials del sud-est asiàtic i d'Amèrica del Sud, que també han lamentat greus incidents en els darrers anys, així com les regions septentrionals de boscos temperats del centre i l'est d'Àsia. Amb tot això, l'escenari actual d'una evidència científica en l'escalfament del planeta i en un canvi climàtic no fa més que agreujar les expectatives a mitjà termini d'aquesta problemàtica.

Recerca en comportament d'incendis

Les aportacions que es fan des de la recerca mundial són molt diverses i s'agrupen en diferents tòpics es-

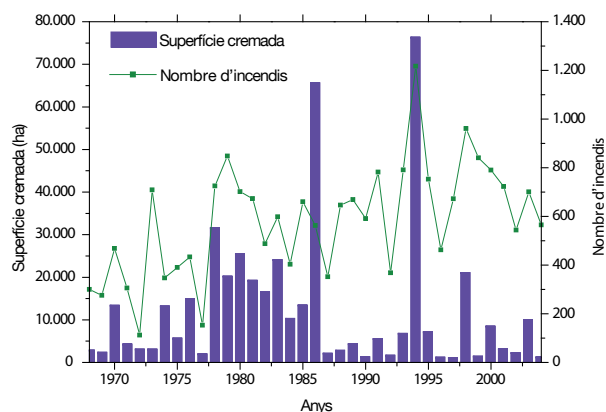


FIGURA 1. Nombre d'incendis i superfície cremada a Catalunya (període 1968-2004).

FONT: Generalitat de Catalunya.

tretament relacionats entre ells amb l'objectiu final de mitigar les conseqüències no desitjades dels incendis forestals. Aquestes àrees temàtiques es descriuen breument a continuació: la prevenció d'incendis, que inclou, entre d'altres, els treballs per a la millora en sistemes de detecció d'incendis i per a l'obtenció de mapes de combustible i de perill acurats; la meteorologia d'incendis, per a la detecció precoç de tempestes elèctriques, l'anàlisi de tendències de règims d'incendis i clima i l'estudi de la relació entre les condicions ambientals i l'estat fisiològic dels combustibles forestals; la gestió d'incendis, en què s'engloben tots aquells treballs que pretenen incrementar i millorar la informació disponible per a la presa de decisions en la gestió de l'emergència d'un incendi: el desenvolupament de programaris per a la simulació d'incendis o per a la simulació de recursos disponibles durant l'emergència, o bé els estudis sobre les cremes prescrites com a eina de gestió; els efectes dels incendis, que són treballs bàsicament d'ecologia per analitzar com es veuen afectats els ecosistemes, quina capacitat de regeneració tenen els boscos, quin és el grau d'afectació sobre la fauna, etc.; la seguretat, una àrea dedicada bàsicament a buscar millores en les tècniques d'extinció, però també a incrementar la seguretat de les persones, dels béns exposats a les flames i dels mateixos bombers, i finalment el comportament d'incendis, aquest és el tòpic de recerca bàsica, en tant que l'objectiu específic d'aquesta línia de recerca és entendre la propagació d'un incendi com un fenomen físic-químic.

Una definició estàndard sobre comportament d'incendis es troba a Merrill i Alexander (1987), on s'especifica que el comportament del foc és la manera com el combustible entra en ignició, la flama es desenvolupa i el foc es propaga, i la manera com s'exhibeixen altres fenòmens termodinàmics relacionats. Les característiques que configuren el comportament d'un incendi forestal, atenent diferents escales temporals i espacials i englobant múltiples categories, vénen determinades per un nombre molt extens de variables i per les complexes interaccions que es donen entre elles. Així, la magnitud d'un incendi —mesurada tant en paràmetres físics com la velocitat de propagació o la potència calorífica, com mesurada a partir de les conseqüències directes que en deriven com poden ser el nombre d'hectàrees cremades, el nombre de persones afectades o la despesa invertida en prevenció i extinció— està igualment condicionada per influències de procedència ben diversa com són factors d'origen climatològic, topogràfic, social, econòmic o termodinàmic. La figura 2 il·lustra de manera esquemàtica la influència més rellevant que exerceixen aquests factors, agrupats en les categories de meteorologia, topografia i combustible, en l'inici i l'evolució d'un incendi forestal. S'hi observa un gran nombre de connexions entre elements d'un mateix grup i entre grups diferents, fruit de les interrelacions existents entre aquests.

L'objectiu darrer del tòpic de recerca dedicat al comportament d'incendis forestals és el d'obtenir una sèrie d'eines de diverses tipologies que ajudin a predir el comportament dels incendis per tal de poder utilitzar aquesta

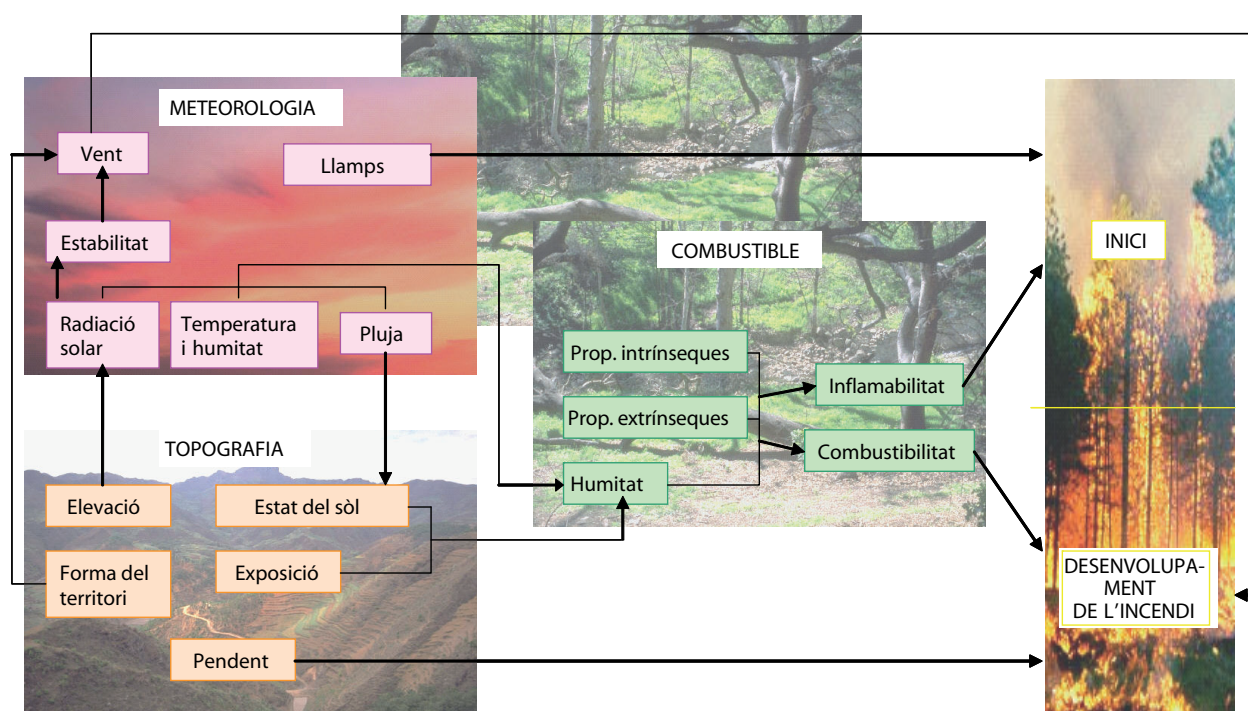


FIGURA 2. Representació esquemàtica de la influència de la meteorologia, la topografia i el combustible en l'inici i l'evolució d'un incendi forestal.

informació amb finalitats d'extinció, prevenció o gestió forestal en general (figura 3). Eines tan senzilles com ara àbacs o nomogrames (McArthur, 1967; Anderson, 1982; Rothmel, 1983), o bé programes de càlcul en suport informàtic més elaborats (Scott, 1999; Finney, 1998; Clark, Radke, Coen i Middleton, 1999).

Per bé que aquestes eines tenen característiques i complexitats diverses, totes tenen un denominador comú, que és la inclusió d'un model matemàtic, és a dir, un conjunt d'equacions de diferent naturalesa (teòriques, empíriques o semiempíriques) que expliquen les variables representatives del comportament dels incendis en funció dels paràmetres que descriuen el combustible, la meteorologia o la topografia. Aquests models han estat tanmateix extrets o validats necessàriament amb una base de dades experimentals. En conseqüència, un requisit essencial per desenvolupar models acurats que descriguin tan bé com sigui possible la realitat és obtenir mesures igualment fiables i acurades.

Variables de mesura

Les variables d'estudi del comportament dels incendis són múltiples, atesa la gran diversitat de fenòmens que ocorren en un foc forestal. S'agrupen genèricament en dues categories: variables de propagació i variables que descriuen les propietats del front de flames. Pel que fa a les primeres, el descriptor probablement més intuïtiu i evident del comportament d'un incendi és la seva velocitat de propagació, que pot ser expressada relacionant qualsevol unitat de distància i temps. La més freqüent acostuma a ser cm/s o m/min. Seguidament es defineix la intensitat lineal de l'incendi com la potència calorífica despresada per metre lineal d'incendi (kW/m). Conceptualment correspon al producte de tres magnituds: la calor de combustió del combustible forestal involucrat (kJ/kg), la massa de combustible consumit durant el pas de les flames per unitat de superfície (kg/m²) i la velocitat de propagació.

Les variables que descriuen les propietats físiques del front de flames són, d'una banda, morfològiques, com ara l'altura de les flames —entesa com la magnitud vertical

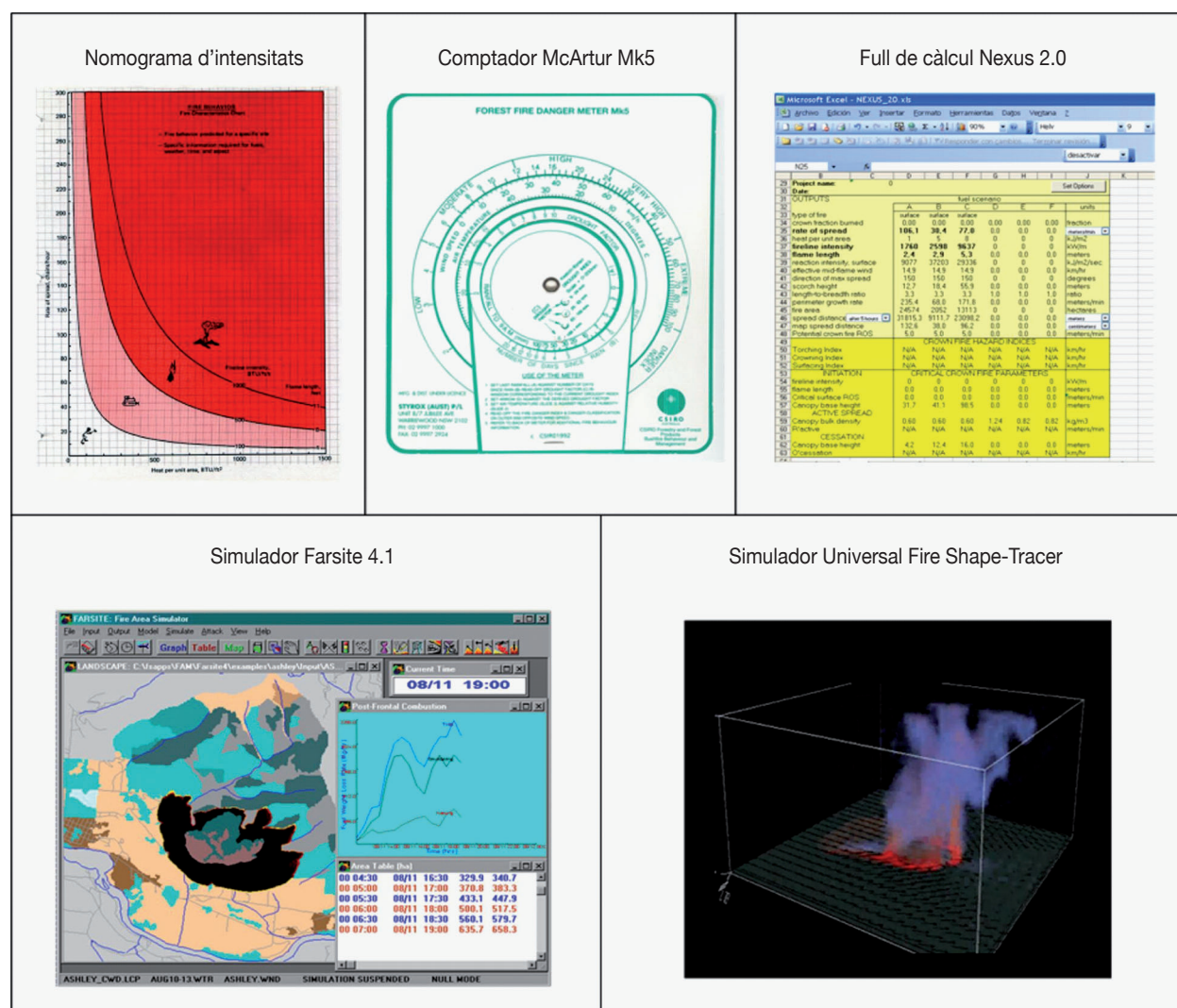


FIGURA 3. Eines per a la predicció del comportament d'incendis.

des del terra fins al punt més elevat d'aquestes— o la longitud —entesa com la dimensió des del punt més alt de la flama fins al punt mitjà del seu gruix, on ocorre la combustió de la flama. I, d'altra banda, en relació amb aquestes, la inclinació, és a dir, l'angle dibuixat des de l'eix de la flama fins al terra.

Una altra tipologia de propietats físiques són les definides com a variables termodinàmiques, com ara el temps de residència, entès com l'estona que dura la combustió en flama en un punt concret (s); el poder emissiu (kW/m^2), com la quantitat d'energia radiant per superfície de flama que és emesa en un incendi, i finalment la temperatura, molt variable en el si de les flames, en un rang de 600 K (temperatura d'ignició del combustible forestal) fins a 1.500 K, valor que es pot assolir fàcilment en un gran incendi.

Escenaris experimentals

Els escenaris experimentals on es poden prendre mesures d'aquestes variables són diversos i s'ubiquen en les diferents escales convencionals (analítica o micro-, meso- i macro-). A escala analítica s'hi realitzen genèricament estudis per obtenir dades de fenòmens que s'observen i s'han d'explicar necessàriament en aquesta escala, com ara la ignició del combustible o la reacció de combustió. La mesoescala es troba en dos escenaris ben diferenciats: d'una banda, en instal·lacions de laboratori dissenyades específicament per simular petits fronts d'incendi i, de l'altra, en cremes a camp —o bé fetes amb finalitats de gestió forestal o bé amb finalitats específiques de recerca— executades fora de temporada d'incendis. Finalment, la macroescala es troba en emergències reals o en cremes experimentals d'alta intensitat.

Pel que fa als laboratoris (figura 4), són d'especial esment les instal·lacions de l'Institut Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), a Madrid, on compten amb un túnel de vent de vuit metres de llargària (Guijarro, Hernando, Santos i Díez, 1997); les del seu equivalent francès, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), a Avinyó, on assagen amb una taula en pendent de grans dimensions (Dupuy, 1997); les de la Universitat de Coimbra, on, amb més de vint anys d'experiència en recerca d'incendis, disposen de diferents taules d'assaig per simular focs en pendent o en congostos (Viegas, 2005), o les de la Universitat Politècnica de Catalunya, amb una taula de combustió adaptada per a l'estudi de l'efectivitat dels productes retardants en l'extinció d'incendis (Pastor, 2004). Tanmateix, totes elles tenen com a referent el Firelab (Servei Forestal dels Estats Units, Montana), un dels laboratoris més prestigiosos en recerca sobre comportament d'incendis, on, des de fa més de cinquanta anys, es duen a terme proves experimentals en taules i cambres de combustió i de túnels de vent de morfologia i característiques diverses

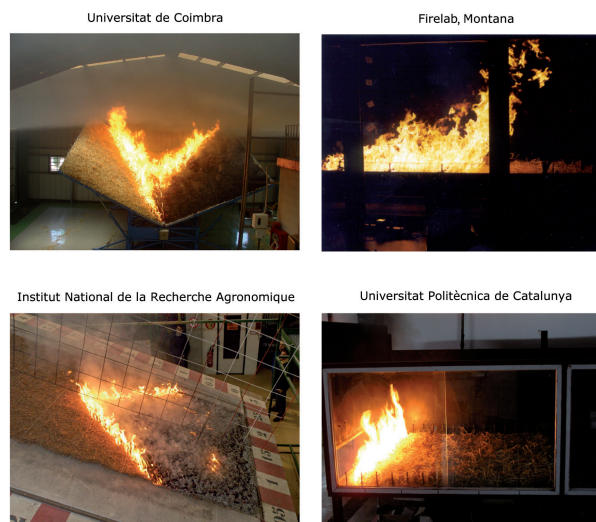


FIGURA 4. Instal·lacions de laboratori per a la recerca en incendis forestals.

(Catchpole, Catchpole, Rothermel, Morris, Butler i Latham, 1998).

Per bé que les condicions a laboratori són òptimes per obtenir repetibilitat i control en l'experimentació, és ben cert que determinats fenòmens termodinàmics que es donen en grans incendis no són reproduïbles avui dia en les instal·lacions actuals, principalment perquè les lleis d'escala no estan encara prou ben definides. És per això que, des dels inicis de la recerca en comportament d'incendis, s'han anat plantejant campanyes experimentals per obtenir dades més semblants a les condicions d'incendis reals.

En aquest sentit, els investigadors pioners en experimentació a camp han estat australians. Des dels anys vuitanta, a Austràlia s'han dut a terme grans campanyes experimentals arreu del territori per estudiar el comportament del foc en les seves diferents formacions de combustible. Entre totes elles, cal fer esment a la campanya del projecte Vesta de finals dels anys noranta (Gould, Cheney i McCaw, 2001), en què estudiaren experimentalment el comportament d'incendis d'alta intensitat en boscos d'eucaliptus en condicions de màxima sequera (figura 5).

Tanmateix, al continent nord-americà i a Europa, també s'hi han dut a terme cremes experimentals rellevants com ara les del projecte ICFME (International Crown Fire Modeling Experiment) dut a terme entre 1997 i 2000 als territoris del nord-oest del Canadà, on més de cinquanta investigadors d'arreu del món estudiaren els incendis de capçades actius (Alexander, Stocks, Wotton, Flannigan, Todd, Butler i Lanoville, 1998), o les cremes de matollar mediterrani a les muntanyes de Gestosa (regió centre de Portugal), on des de l'any 1998 treballen conjuntament investigadors d'arreu d'Europa per estudiar el comportament del foc en aquest tipus de vegetació. Finalment, però no menys important, cal mencionar la potencialitat de les cremes de gestió de combustible conduïdes pels cossos de



FIGURA 5. Crema experimental d'alta intensitat a Nannup, Austràlia Occidental, 1998.

FONT: Organització de Recerca Científica i Industrial de la Commonwealth (CSIRO).

bombers, un escenari més proper que es troba localment en diferents regions del món afectades pels incendis.

Concretament a casa nostra, el GRAF (Grup de Recolzament d'Actuacions Forestals) de la Generalitat de Catalunya executa cremes per a la gestió d'incendis arreu del país, i treballa eventualment de manera conjunta amb diferents universitats catalanes per poder desenvolupar projectes de recerca.

Tècniques de mesura

Els incendis forestals —simulats a laboratori, en condicions controlades a camp o en emergències reals—, en tant que

són línies de foc en moviment, presenten problemes molt particulars pel que fa a la mesura de les seves propietats. Les flames dels incendis són elements polsants, que oscil·len, que poden incrementar de volum vertiginosament, que espeteguen i crepiten, que poden tenir comportaments eruptius, que es poden arremolinar, que poden formar grans quantitats de fum i que per sobre de tot escalfen tremendament i poden causar ferides extremament greus i mort, en el pitjor dels casos. Totes aquestes característiques cal tenir-les en compte a l'hora de dissenyar sistemes de mesura adequats, per tal que aquestes representin més una oportunitat que no pas una amenaça en l'experimentació. Cal assenyalar també que l'èxit de les metodologies que s'han d'utilitzar rau en un compromís entre la qualitat de la mesura —fiabilitat, precisió i densitat de les dades— i els costos —costos econòmics i costos d'implementació pel que fa a l'esforç, la dificultat i les hores de feina—, a banda d'altres aspectes com la versatilitat i la capacitat d'extrapolació de les tècniques en els diferents escenaris experimentals.

Velocitat de propagació

Les tècniques utilitzades habitualment per trobar la velocitat de propagació consisteixen a mesurar el temps necessari que el foc triga a recórrer distàncies conegudes o bé mesurar la posició del perímetre donats certs intervals de temps coneguts (figura 6). Pel que fa a la mesura de temps, una tècnica molt simple consisteix a col·locar fils de niló paral·lels a l'avanç del front, separats a certes distàncies conegudes, i anotar el temps en què s'observa el trencament d'aquests fils pel pas del front. És la tècnica

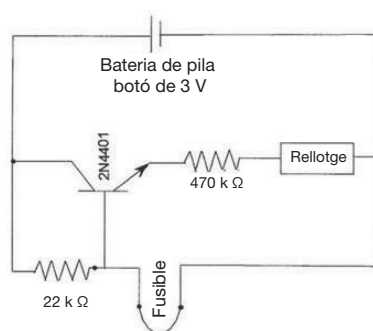
Fils de niló



Càmeres de vídeo



Relotges



Marcadors metàl·lics



FIGURA 6. Tècniques de mesura de la velocitat de propagació dels incendis.

més utilitzada a laboratori i també és extrapolable eventualment a camp per obtenir velocitats màximes de propagació, per bé que és inviable en determinades condicions d'orografia complexa i vegetació densa i elevada. A més, en incendis amb molta producció de fum, l'instant exacte en què el foc trenca el fil de niló no es pot detectar. Altres tècniques semblants a l'anterior consisteixen en la col·locació de mastelers metàl·lics a distàncies conegudes com a referències de l'observació del pas de front —tècnica menys precisa que l'anterior però molt menys laboriosa a camp— o alternativament la col·locació de cronòmetres activats amb senyals elèctrics. Aquesta tecnologia, molt senzilla, molt barata i enginyosa, consta d'una petita placa on es configura un circuit elèctric protegit dins d'una càpsula amb un element fusible a l'aire. Quan aquest és trencat pel foc, s'activa un petit comptador de temps per tal que l'instant de pas de les flames quedi enregistrat.

Pel que fa a les tècniques d'enregistrament de posició utilitzades habitualment, es classifiquen en dos grups: les basades en tecnologia d'imatges i les que consisteixen en la utilització de petits objectes marcadors. Les primeres necessiten referències de posició i la velocitat del front s'obté observant el temps en què s'han enregistrat les fotografies o les seqüències d'imatges. Sovint es col·loquen les càmeres al marge de les parcel·les, per bé que quan es disposa d'una bona protecció es poden col·locar dins de la zona d'estudi. Les segones són les tècniques més barates però també les més arriscades, ja que requereixen una plena exposició al foc per part dels investigadors. Consisteixen a marcar l'avanç del foc llançant a les flames petites peces de metall o altres materials resistents al foc i anotar el temps en què són llançades. Un cop el foc ha passat, es recullen les marques i es pren nota de la posició on han estat trobades.

Dimensions de la flama

Per obtenir dades sobre les dimensions de les flames, es duen a terme generalment estimacions visuals amb referències —per bé que aquesta és una tècnica força subjectiva— i si es gaudeix de bones perspectives, aleshores s'acostuma a utilitzar imatges digitals enregistrades durant el pas del front, per tal de donar valors més precisos d'altures, inclinació i gruix de les flames.

Flux de calor

El sensors utilitzats més freqüentment per mesurar aquesta variable són els radiòmetres o els sensors de flux de calor duals —que mesuren radiació i convecció. Generalment, s'implementen diversos sensors en alçada com s'observa en la figura 7. Una mesura indirecta del flux de

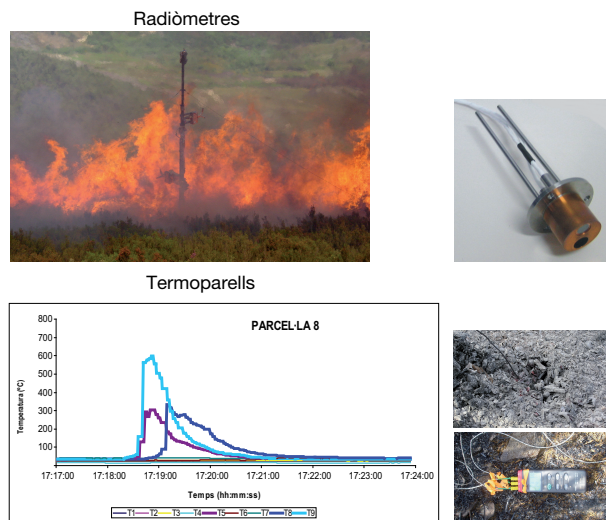


FIGURA 7. Tècniques de mesura del flux de calor emès pels incendis.

calor es pot obtenir també utilitzant una malla de termoparells que cobreixi una gran part de la parcel·la experimental. La informació que se n'extreu és l'evolució de la temperatura amb el temps en els llocs on s'han emplaçat els termoparells (vegeu la gràfica de la figura 7). Amb aquestes dades es pot obtenir, a més a més, el temps de residència de les flames i també la velocitat de propagació, comparant els instants en què s'observen pics màxims de temperatura entre les diferents localitzacions dels termoparells.

Tecnologia avançada: la termografia infraroja per a la mesura del comportament de l'incendi

Les càmeres termogràfiques aplicades a l'estudi del comportament d'incendis forestals ofereixen la possibilitat d'obtenir dades de velocitat de propagació, geometria de flames, temperatures, poder emissiu i temps de residència a partir d'una mateixa seqüència d'imatges. És una tècnica molt versàtil i precisa i en aquests darrers anys el seu cost econòmic ha deixat de ser prohibitiu.

Una càmera de termografia infraroja proporciona imatges que representen en diferents colors la distribució superficial de temperatures de l'objecte d'estudi utilitzant la transmissió de calor per radiació; per tant, no necessiten estar-hi en contacte (figura 8). La matriu de sensors de la càmera capta la radiació provinent de tres fonts diferents: la radiació emesa per l'objecte —en aquest cas les flames—, que per la seva banda és transmesa per l'atmosfera ocupada entre aquestes i l'aparell; la radiació que arriba a l'objecte i és reflectida per aquest —menyspreable en el cas del foc si es considera que aquest té nul·la capacitat reflectora—, i la radiació emesa per la mateixa atmosfera que envolta l'objecte. Per tal de distingir les diferents aportacions i captar únicament la radiació emesa pel foc sense interferències atmosfèriques, s'acostuma a treballar en

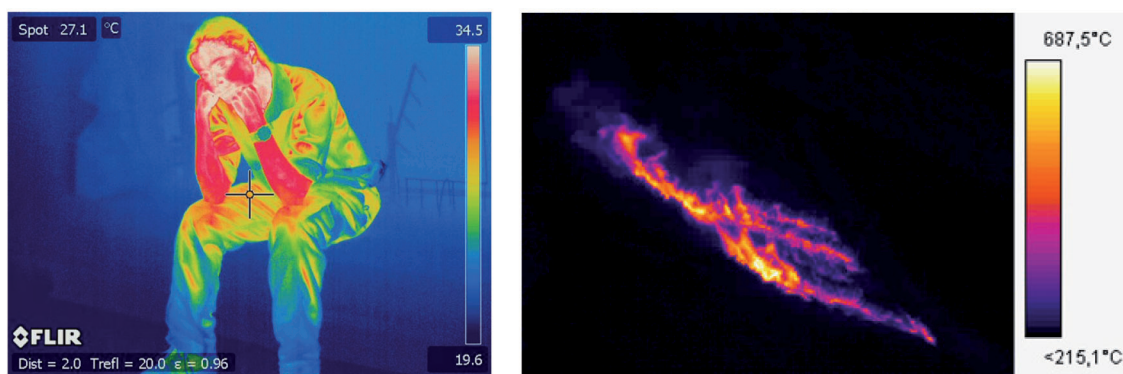


FIGURA 8. Imatges termogràfiques. Esquerra: l'autora; dreta: crema experimental en matollars amb fort pendent (Gestosa, Portugal, maig de 2007).

rangs espectrals on l'atmosfera té transmissivitats properes a la unitat. Això passa entre $3\ \mu\text{m}$ i $5\ \mu\text{m}$ i entre $8\ \mu\text{m}$ i $12\ \mu\text{m}$ de l'espectre electromagnètic. La utilització d'aquesta tecnologia requereix uns ajustaments previs molt acurats si es vol treballar amb alta precisió. D'entrada s'ha de seleccionar adequadament la posició relativa del front de foc i l'aparell. Cal assenyalar que la informació que s'obté és diferent si es filma un foc que s'apropa o que s'acosta a l'objectiu i així mateix la informació obtinguda també és diferent si es filma en direcció perpendicular a l'avanç del foc. A més, cal prendre bona nota de la temperatura atmosfèrica i de la humitat relativa, així com de l'emissivitat de l'objecte que s'ha de mesurar, aquesta darrera no sempre senzilla d'estimar.

Discussió

En la taula 1, a tall de sumari, es recullen les tècniques mencionades i s'avaluen la fiabilitat, la precisió, els costos d'implementació pel que fa a l'esforç operacional que requereixen a laboratori o a camp, els costos econòmics d'adquisició, operació i manteniment, la capacitat d'extrapolació de cada tècnica a altres escenaris experimentals i finalment la seva aplicació per mesurar una o diverses variables descriptores del comportament d'incendis al mateix temps.

Pel que fa a les primeres quatre tècniques descrites per mesurar la velocitat de propagació, s'observa que són clarament les més econòmiques, però són costoses d'implementar en els diferents escenaris experimentals. Així mateix, són poc fiables i moderadament precises. A més, tenen en general poca capacitat d'extrapolació a altres entorns i nul·la versatilitat. Contràriament, les tecnologies d'imatge digital estan més ben posicionades pel que fa a aquestes dues darreres característiques, per bé que amb aquestes tampoc no es poden obtenir resultats més acurats. Els radiòmetres i els termoparells ofereixen dades de més bona qualitat, a canvi, però, de costos més elevats, tant d'implementació com d'adquisició. La termografia infraroja és entre totes les tècniques de ben segur la més cara, tot i que aquests costos es veuen compensats en certa manera per la gran capacitat d'extrapolació a qualsevol escenari i per la facilitat d'implementació tant a laboratori com a camp. A més d'això, és la tècnica més versàtil i precisa, ja que permet obtenir dades molt acurades de tots els descriptors importants de comportament d'incendis.

Expectatives de futur

La modelització d'incendis forestals tendeix cap a l'elaboració de models cada cop més específics, tant pel que fa als objectius com pel que fa a l'àrea d'aplicació, basats en da-

TAULA 1
Comparativa de les diferents tècniques de mesura del comportament d'incendis forestals¹

Tecnologia	Fiabilitat	Precisió	Costos d'implementació	Costos econòmics	Capacitat d'extrapolació	Aplicació ²
Fils de niló	*	**	***	—	*	R
Mastelers	*	**	*	—	**	R
Rel·lotges	**	**	***	—	**	R
Marcadors	*	**	***	—	*	R
Fotografies	*	**	—	*	***	R, G
Vídeos	**	**	*	**	***	R, G
Radiòmetres	***	***	**	***	**	Q, R
Termoparells	***	***	***	***	**	R, Q, G
Termografia	****	****	*	****	****	R, Q, G, t

1. **** Molt elevat *** Elevat ** Moderat * Baix — Molt baix

2. R: velocitat de propagació; G: geometria de flama; Q: flux de calor; t: temps de residència

des experimentals molt acurades. Per tal d'obtenir dades de bona qualitat, cal utilitzar metodologies de mesura estàndards i objectives que proporcionin informació fiable i precisa. La termografia infraroja pot satisfer aquesta necessitat facilitant informació completa i acurada dels descriptors més importants del comportament dels incendis. El cost per adquirir equips de termografia infraroja ha experimentat un descens considerable durant els darrers anys, fet que fa que avui dia es puguin obtenir càmeres termogràfiques d'elevades prestacions a preus raonables. Per tot això, s'espera que durant els propers anys l'ús d'aquesta tecnologia sigui més generalitzat i es vegi reflectit en models i simuladors més fiables que ajudin a mitigar els efectes dels incendis en els territoris més vulnerables. ■

Bibliografia

- ALEXANDER, M. E.; STOCKS, B. J.; WOTTON, B. M.; FLANNIGAN, M. D.; TODD, J. B.; BUTLER, B. W.; LANOVILLE, R. A. «The international crown fire modeling experiment: an overview and progress report». A: *2nd Symposium on Fire and Forest Meteorology, Phoenix, AZ (11-16 gener 1998)*. Boston, MA: American Meteorological Society, 1998.
- ANDERSON, H. E. *Aids to determining fuel models for estimating fire behavior*. United States Department of Agriculture. Forest Service, 1982. (General Technical Report INT-GTR-122)
- CATCHPOLE, W. R.; CATCHPOLE, E. A.; ROTHERMEL, R. C.; MORRIS, G. A.; BUTLER, B. W.; LATHAM, D. J. «Rate of spread of free-burning fires in woody fuels in a wind tunnel». *Combustion Science and Technology*, núm. 131 (1998), p. 1-37.
- CLARK, T. L.; RADKE, L.; COEN, J.; MIDDLETON, D. «Analysis of small-scale convective dynamics in a crown fire using infrared video camera imagery». *Journal of Applied Meteorology*, núm. 38 (octubre 1999), p. 1401-1420.
- DUPUY, J. L. *Mieux comprendre et prédire la propagation des feux de forêts: expérimentation, test et propagation de modèles*. Tesi doctoral. Villeurbanne, França: Université Claude Bernard, Lyon I. Centre National de la Recherche Scientifique, 1997, p. 272.
- FINNEY, M. A. *FARSITE: Fire Area Simulator - model development and evaluation*. United States Department of Agriculture. Forest Service, 1998. (Research paper RMRS; 4)
- GOULD, J. S.; CHENEY, N. P.; MCCAW, L. «Fire behaviour and fire danger rating: Project Vesta-research into the effects of fuel structure and fuel load on FIRE behaviour of moderate to high-intensity fires in dry eucalypt forest: progress report». A: *Proceedings of Bushfire 2001, Australasian Bushfire Conference (juliol 2001)*. Christchurch, NZ, p. 13-21.
- GUIJARRO, M.; HERNANDO, C.; SANTOS, J. A. de los; Díez, C. *EFAISTOS: Experiments and simulations for improvement and validation of behaviour models of forest fires*. European Contract ENV4-CT96-0299. Intermediate report, 1997.
- MCCARTHER, A. G. «Fire behaviour in eucalyptus forests». *Forestry and Timber Bureau Leaflet* [Commonwealth of Australia. Department of National Development, Canberra], núm. 107 (1967), 36 p.
- MERRILL, D. F.; ALEXANDER, M. E. *Glossary of forest fire management terms*. 4a ed. Ottawa, Canadà: National Research Council of Canada. Canadian Committee on Forest Fire Management, 1987. 91 p. [Publicació 26516]
- PASTOR, E. *Contribució a l'estudi dels efectes dels retardants en l'extinció d'incendis forestals* [en línia]. Tesi doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, 2004. 304 p. <<http://www.tdx.cat/TDX-0906105-142105/>>
- ROTHERMEL, R. C. *How to predict the spread and intensity of forest and range fires*. USDA Forest Service, 1983. (General Technical Report INT-143)
- SCOTT, J. H. «NEXUS: A system for assessing crown fire hazard». *Fire Management Notes*, núm. 59 (febrer 1999), p. 20-24.
- VIEGAS, D. X. «A mathematical model for forest fires blow-up». *Combustion Science and Technology*, núm. 177 (2005), p. 27-51.

COMUNICACIONS MÒBILS DE QUARTA GENERACIÓ

Ramon Agustí

Universitat Politècnica de Catalunya

Encara que les taxonomies poden ser imprecises, els sistemes de comunicacions mòbils o sense fils són freqüentment classificats per generacions. La primera generació (1G) consisteix en sistemes cel·lulars analògics per a transmissió de veu i arribà al començament dels anys vuitanta. La segona generació (2G) manté encara com a fet distintiu la transmissió de veu però amb sistemes digitals i de gran capacitat. A més a més, introdueix eixos cabdals en el futur de les comunicacions posteriors com són el fet de garantir la seguretat en la transmissió i la itinerància (*roaming*), característica que permet poder usar el mateix terminal en xarxes diferents en països diferents. Tot això succeí a començament dels anys noranta. L'arribada de la tercera generació (3G), prevista a inicis de la dècada actual i que ha hagut d'esperar uns quants anys, ja que ha estat involucrada en l'explosió de la recent bombolla tecnològica, difereix de la 2G en l'habilitat per integrar aplicacions de veu i dades i fer possible la comunicació multimèdia, gràcies a la seva major capacitat de transmissió, que augmenta fins a dos ordres de magnitud (des d'alguna desena de kbit/s fins a alguns Mbit/s) en les versions més actuals dels sistemes 3G. I així arribem a la quarta generació (4G), on també es pretén assolir augments de més de dos ordres de magnitud de la velocitat de transmissió fins a arribar a 1.000 Mbit/s en alguns entorns i poder equiparar en qualsevol cas les transmissions sense fils i les transmissions per cable en l'àmbit de l'usuari.

És clar que la velocitat de transmissió esmentada en aquest ràpid recorregut de la recent història de les comunicacions mòbils, tot i ser un clar exponent dels assoliments tecnològics, no esgota ni explica la totalitat de les múltiples manifestacions que cada generació acaba explotant. Així, i deixant a banda els avenços de la microelectrònica i els propis de les telecomunicacions en general, no es pot entendre el que segurament ha estat el veritable *Big Bang* de les comunicacions mòbils pel que fa al gran públic, com és el sistema europeu GSM dins del marc de la 2G, si no hi hagués hagut una clara predisposició política d'unificar els sistemes de comunicacions mòbils arreu de la Comunitat Europea a principis dels anys vuitanta,

passant de la 1G a un sistema únic utilitzable en tots el països emprant la itinerància. Aquesta veritable explosió tecnològica ha estat a més a més catapultada per la liberalització de les comunicacions i la desesperació dels monopolis naturals, dels quals també cal dir que van ser elements clau per al desenvolupament del GSM en garantir-ne la seva adopció comercial a cada país. Segurament aquest èxit, no previst inicialment en tota la seva magnitud, ha estat decisiu per fer d'Europa el líder mundial d'aquesta tecnologia i del GSM un estàndard mundial *de facto*.

Aquest èxit va instal·lar en el sector de les telecomunicacions una inèrcia d'evolució tecnològica en assumir que a la 2G hauria de seguir una 3G, que a Europa es va denominar *sistema de telecomunicacions mòbils universals* (*universal mobile telecommunications system*, UMTS) amb moltes més prestacions i que de manera natural aniria alimentant d'èxit una dinàmica gairebé exponencial de creixement del sector. Fins i tot els governs europeus, en la seva immensa majoria, no van poder escapar d'aquest enlluernament i van introduir preus desorbitats en la concessió administrativa de les bandes de freqüència als operadors que volguessin operar la 3G amb les conseqüències negatives per al sector que ara gairebé tothom reconeix. A tall d'exemple val a dir que aproximadament costava tant la concessió administrativa de la banda de freqüències per operar en UMTS com el desplegament de la xarxa 3G en si mateixa, que, per altra banda, ja era prou cara per la necessitat d'introduir equipaments nous i molta més infraestructura d'estacions base que els sistemes 2G.

Un factor que sovint es va oblidar és que en comunicacions mòbils 2G una demanda del mercat, com era la comunicació de veu, va anar per davant de la tecnologia i això va propiciar, arribat el moment, una explosió d'aquestes tecnologies solament comparable en l'àmbit de l'usuari al que va ser la de l'automòbil o la de la televisió, per citar-ne dues de prou conegudes i relativament encara no gaire llunyanes. El fet que el contingut, la veu, fos quelcom produït de manera natural i totalment arrelada en la condició humana era el gran responsable que els plans de negoci previstos en

la seva implantació es quedessin curts. Per altra banda, la 3G, en part suportada pel fet que la 2G no podria satisfer la demanda pel que fa referència a servei de veu, en realitat implicava un salt tecnològic qualitatiu amb la introducció de serveis de dades de gran velocitat de la mà d'Internet. La tecnologia Internet estava en una fase molt de laboratori quan va néixer el GSM i per tant no es va poder incorporar al sistema de manera nativa. Ho va fer una variant del GSM, anomenada GPRS, avui present en tots els terminals, però de manera una mica forçada pel propi disseny de l'arquitectura GSM i per les pròpies limitacions de velocitat de transmissió de la 2G. Per tot plegat, la 3G anava destinada a la transmissió d'uns continguts que a diferència de la veu no existien de manera natural i que per tant s'havien de crear. Aquest fet, afegit als propis derivats dels problemes financers originats per l'explosió de la bombolla tecnològica, entre d'altres, va originar l'aparició d'una tecnologia, l'UMTS, que havia nascut segurament de manera prematura. Els plans de negocis no passaven la prova dels mercats i tot plegat avui dia comencem a veure-la amb uns quants anys de retard, encara que no en tots els països. Durant molt de temps s'ha estat parlant de la *killer application* o *aplicació definitiva* per a l'UMTS intentant emular el que va ser la veu per GSM. L'opinió actualment més estesa és que no hi ha una aplicació com a tal i sí multitud d'aplicacions que han de venir de la imbricació d'ofertes de multitud d'altres sectors, i la televisió mòbil n'és una de les més importants.

Una altra tecnologia anomenada WI-FI o estàndard 802.11 impulsada des dels Estats Units ha estat la gran guanyadora en aquests darrers anys en cobrir el forat tecnològic d'accés sense fils a Internet en entorns locals que l'UMTS no ha estat en condicions de liderar. La tecnologia WI-FI neix per tant com una extensió del món Internet, a diferència de la cel·lular, que seria una extensió de les arquitectures convencionals de telecomunicacions arrelades en els sistemes clàssics de transmissió telefònica. De fet, l'abast natural de la WI-FI es redueix a unes quantes desenes de metres, encara que dins d'aquesta cobertura es poden assolir velocitats d'una magnitud per sobre de les tecnologies UMTS. Aquest fet ha originat un debat, segurament interessant, pel qual aquestes xarxes convenientment desplegades en infinitat de cel·les de desenes de metres d'abast podrien arribar a cobrir grans extensions de terreny i competir directament amb l'UMTS. La realitat és que, si bé això és factible en superfícies com campus, àrees comercials o fins i tot zones delimitades de ciutat, fer-ne una extensió global en tot un territori incloent-hi interiors d'edificis com fa l'UMTS és de molt dubtosa viabilitat. El cost de la infraestructura que cal desplegar ho faria inviable. És per aquest motiu que actualment estem anant cap un concepte d'integració de xarxes que s'anomena *Beyond 3G* o *B3G*, on sembla que hi ha prou de consens entre els actors implicats. Aquest concepte permetria que un usuari es pogués connectar amb el seu terminal a la xarxa més adient

en cada cas. És a dir, es connectaria a una xarxa UMTS o GSM cas que no es requerís gran amplada de banda o simplement calgués garantir una gran cobertura i a estacions WI-FI, sempre que estiguessin disponibles, quan es requerís un accés de dades a Internet de curt abast però de gran amplada de banda.

Descripció de les tecnologies mòbils actuals

El recorregut de les comunicacions sense fils resumit en l'apartat anterior s'ha desenvolupat sota la direcció tecnològica dels organismes d'estandardització i els principals són la Unió Internacional de Telecomunicacions (ITU),¹ el 3rd Generation Partnership Project (3GPP)² i l'Institut d'Enginyers en Electricitat i Electrònica (IEEE).³ Inicialment el 3GPP ha estat bàsicament l'organisme que promou l'estandardització dels grans sistemes cel·lulars, que són els que ofereixen un abast gairebé del 100 % del territori, com els esmentats GSM i, en certa mesura, l'UMTS. Aquests sistemes provenen dels grans fabricants mundials d'equips de telecomunicació amb una llarga trajectòria arrelada en els sistemes de telefonia convencional. Per altra banda estan els sistemes estandarditzats en el si de l'organització IEEE i que neixen amb una vocació de comunicacions de curt abast i molt lligada al món de la transmissió de dades i particularment Internet. Dos èxits recents d'aquest tipus d'estàndards són el conegut popularment per WI-FI (IEEE 802.11 amb les seves variants) i el Bluetooth (IEEE 802.15.1).

La figura 1 mostra alguna de les idees apuntades en relació amb l'estat de l'art actual en comunicacions mòbils. El conjunt de tecnologies indicades presenta una frontera certament difuminada a la dreta, que és on ha de començar la propera generació 4G. La generació que hi ha entremig, la 3,5G o Beyond 3G, és un primer pas en la direcció de la 4G.

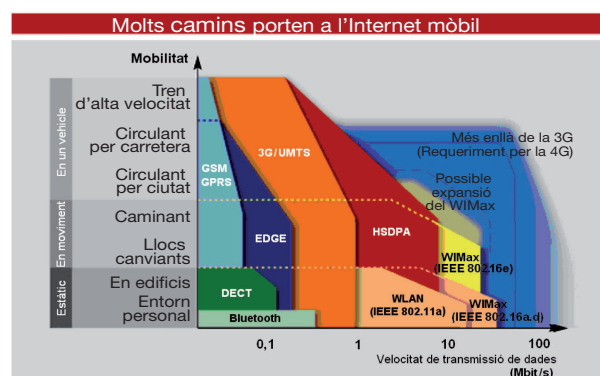


FIGURA 1. Diagrama mobilitat - velocitat de transmissió.

1. <<http://www.itu.int>>.
2. <<http://www.3gpp.org>>.
3. <<http://www.ieee.org>>.

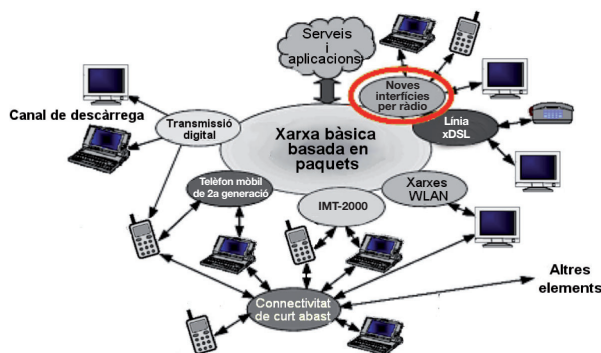


FIGURA 2. Sistemes B3G/4G [ITU-R M.1645].

L'inventari de tecnologies 2G mostrades en la figura 2, i encara no esmentades amb anterioritat, inclou, a part del ja esmentat GSM i el GPRS, variants d'aquests sistemes, com és l'EDGE, que modifica la modulació del senyal per aconseguir una velocitat de transmissió més elevada. El DECT és un sistema sense fils de la 2G per a interiors i que té un mercat important ja que aconsegueix mobilitat dins de la llar o en entorns d'oficines per servei de telefonia. En relació amb el món IEEE, cal destacar el WIMAX [802.16 MAN] com a tecnologia pensada inicialment per assolir cobertures ja homologables a l'UMTS, encara que amb velocitat més elevada. WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) és un estàndard de transmissió sense fils per dades que proporciona accessos concurrents de fins a uns 50 km de radi i a velocitats de fins a 70 Mbit/s, emprant en aquest cas antenes directives. Aquesta és una tecnologia que encara està evolucionant. L'accés sense fils a Internet amb més cobertura que la tecnologia WI-FI seria una de les aplicacions més immediates del WIMAX.

Una nova generació de sistemes que hauria d'omplir l'espai a la dreta de la figura 1 es considera en la figura 2 com a sistemes B3G. Podem observar-hi com tot un seguit de tecnologies actualment ja operatives busquen la seva interoperativitat mitjançant una mena de «lingua franca» com és un nucli de xarxa Internet basat en la transmissió per paquets de dades. De fet, per a molts, el B3G és ja un capítol de l'anomenada 4G, tot i que hi ha molts problemes que s'han de resoldre tant des del punt de vista de terminal i estacions base com de gestió de xarxa. Cal apuntar que una possible tecnologia per a aquest terminal és l'anomenada *Software Defined Radio* (ràdio definida pel programari).⁴ La idea esquemàtica rau en el fet que, a l'entrada del receptor i tan a prop de l'antena com sigui possible, es digitalitza el senyal rebut, i un cop digitalitzat passa a ser dades per ser processades per un ordinador que, depenent del programari amb el qual el fem treballar, es pot comportar com un receptor d'UMTS, GSM, WI-FI o qualsevol altra tecnologia existent. Aquesta tecnologia en part ja existeix en certa mesura en equips militars i estacions base, però caldrà esperar encara uns quants anys per poder-la adaptar a terminals comercials de baix cost i consum.

4. <<http://www.sdrforum.org>>.

Amb la constant evolució de les comunicacions sense fils succeeix, però, que cada cop més es poden veure incursions de les tecnologies estandarditzades fora dels que serien els seus territoris naturals. A tall d'exemple, cal esmentar els casos d'intent de desplegament de WI-FI en grans àrees de ciutats a base d'anar encadenant moltes zones de cobertura de poc abast mitjançant els conseqüents equips d'accés, amb les antenes corresponents i els enllaços entre ells. Difícilment, però, aquestes tecnologies podran competir amb les pensades per a cobertura global com l'UMTS, de la mateixa manera que l'UMTS difícilment pot competir en casos de cobertura reduïda. La idea de fons és que no es pot dissociar en termes generals la cobertura oferta per un sistema mòbil i la velocitat de transmissió assolida. És a dir, petites cobertures impliquen grans velocitats de transmissió i, a l'inrevés, grans cobertures porten a moderades velocitats de transmissió. Certament, a base d'encadenar equips, hom pot pensar a fer desplegament ample de cobertura, però, més enllà d'un cert límit, els costos de la infraestructura associada no ho fan possible tal com ja hem esmentat abans. Un factor clau que trobem en totes les descripcions evolutives dels sistemes de comunicacions mòbils és el binomi velocitat de transmissió - mobilitat. En la figura 3 es mostra aquest binomi ubicant-hi algunes de les tecnologies representatives en el quadrant corresponent. Cal destacar que les tecnologies de curt o molt curt abast i velocitats baixes com la RFID (identificació per radiofreqüència), requereixen molt poc consum de potència i per tant unes dimensions molt reduïdes. Aquestes tecnologies tenen un enorme potencial d'aplicació i formen part de les xarxes personals invisibles (per exemple dins de la roba que vestim) que capturen el context que ens envolta com a persones i que finalment lligades amb la 4G podran desplegar el seu potencial d'informació contextual i fer-la arribar a qualsevol lloc.

Fent camí fins a la 4G

La 4G, tal com va ser-ho la 3G, està conduïda des de l'òptica de l'oferta tecnològica. Les empreses manufactures i els diferents agents de R+D són els seus impulsors i la ITU

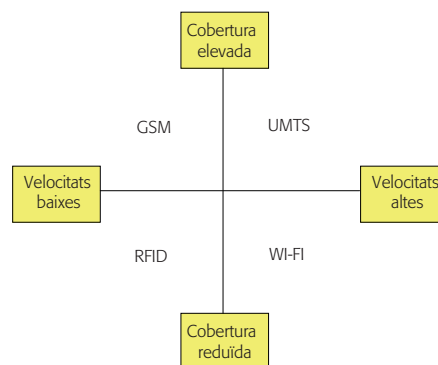


FIGURA 3. Binomi cobertura-velocitat en comunicacions mòbils.

és qui coordina i guia el procés amb un seguit de recomanacions que, entre altres conceptes, inclouen els requeriments i els criteris d'avaluació, així com una invitació als diferents organismes d'estandardització per presentar candidatures de tecnologies 4G formalment denominades *Advanced IMT 2000*, de la mateixa manera que la IMT 2000 va donar cobertura als sistemes 3G. La ITU inicia aleshores un procés que hauria d'acabar el 2011.^{5,6} En particular, durant la conferència administrativa mundial de radiocomunicacions que es va celebrar a la tardor de 2007 (WRC-07) es va iniciar el debat en relació amb la ubicació de les bandes de freqüències on han d'operar els sistemes 4G. Aquest és un primer pas clau per al desenvolupament de la 4G, que es presenta delicat davant de l'escassetat de bandes de freqüència disponibles. De fet l'espectre radioelèctric és finit i totes les bandes estan actualment assignades. Per altra banda, es preveu el 2015 com a data per al desplegament inicial d'aquests sistemes ja en alguns països.

Encara que són múltiples els requeriments identificats, n'hi ha tres d'especialment rellevants:

- La velocitat de transmissió serà de 100 Mbit/s en moviment i 1 Gbit/s en repòs. És a dir, en la pràctica equival a entorns exteriors i interiors, respectivament. Aquestes velocitats representen salts al voltant de dos ordres de magnitud en relació amb les velocitats assolides actualment amb l'UMTS en entorns exteriors o WI-FI en entorns interiors. Les elevades velocitats fan pensar que es podrà usar la 4G amb qualsevol tipus de servei fins ara solament assolible emprant transmissió via cable però amb l'avantatge que dóna la ubiqüitat. Certament, l'aprofitament d'aquest potencial que la 4G pot aportar es podrà dur a terme, amb un canvi de paradigma del concepte d'usuari que fins ara hem tingut. És a dir, l'usuari passa de ser actor passiu en la recepció de dades típiques de les generacions anteriors a creador i distribuïdor de grans quantitats d'informació que han de poder ser accessibles gairebé per a tothom en qualsevol lloc.

- Solament es transmeten paquets d'informació, i el retard d'extrem a extrem en el transport d'aquests paquets és com a màxim 10 ms. Aquestes dades estan pensades en clau Internet. És a dir, per tal que els protocols TCP/IP, que són en el cor de les xarxes Internet, en les quals se sustenta el nucli de xarxa o *Packet-based Core Network* de la figura 2, no malbaratin les elevades velocitats de transmissió entre 100 Mbit/s i 1 Gbit/s esmentades, calen retards molt petits en els paquets de dades que finalment arribin a l'usuari. Cal, per tant, el mínim nombre de manipulacions en els paquets enviats i el mínim nombre de nodes de processament intermedis. Aquest fet té molta incidència en l'ar-

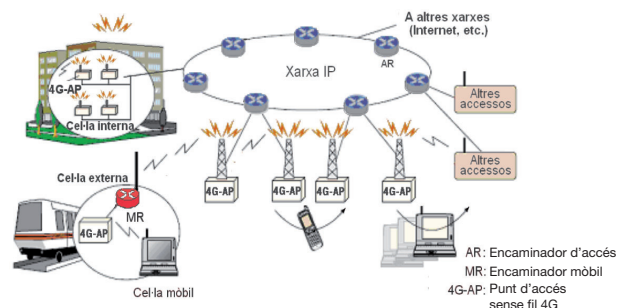


FIGURA 4. Arquitectura de la 4G.⁷

quitectura de la xarxa fixa de transport de paquets, des de les estacions base i fins a aquestes, que hi ha darrere de tot sistema de comunicacions mòbils i que cal dissenyar-la de manera no jeràrquica. En aquesta xarxa fixa, contràriament al que era habitual en sistemes 3G i anteriors, s'hi enganxaran no solament els sistemes 4G (nova interfície per ràdio en la figura 2) sinó qualsevol sistema anterior, en línia a l'esmentat B3G. És el que s'anomena *una xarxa plana*, tal com mostra la figura 4.

- Els costos han de ser assumibles per a l'usuari. És a dir, el cost per bit de transmissió ha de baixar almenys dos ordres de magnitud respecte al cost actual per mantenir uns costos equivalents als de la 3G. Des del punt de vista de l'equipament electrònic, i acceptant que la llei de Moore continua sent vàlida, això no hauria de ser un problema tot i tenir en compte el salt tecnològic considerat i que més endavant esmentarem breument. Des del punt de vista de desplegament d'infraestructura per part dels operadors, el nombre d'estacions base hauria de ser similar al del sistema 3G. Cal afegir que també s'haurien de mantenir els actuals nivells baixos de radiació 2G/3G, és a dir, de potència transmesa per les antenes instal·lades, que la normativa actual de radiacions electromagnètiques preveu, i tot i això s'assoleixen velocitats de transmissió molt més elevades. Finalment, el fet que la tecnologia de paquets sigui finalment operativa de manera nativa fa possible una millor rendibilitat del sistema 4G en permetre que més usuaris puguin estar simultàniament connectats a la Xarxa. Aquesta major capacitat de gestió dels recursos radioelèctrics no és menyspreable, ja que permet repartir els costos fixos CAPEX (*Capital Expenditures*) entre un nombre més gran d'usuaris.

La taula 1 descriu dades de tecnologies properes a la 4G partint dels sistemes WI-FI actualment prou estesos fins a les propostes dels organismes d'estandardització 3GPP i 3GPP2.⁸ En concret, a Europa el candidat 4G s'ano-

5. «Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and system beyond IMT-2000» (recomanació ITU-R M.1645).

6. <http://www.itu.int/osg/spu/presentations/2006/srivastava_broadbandasia2006shanghai.pdf>.

7. N. UMEDA, T. OTSU i T. MASAMURA, «Overview of the fourth-generation mobile communication system», *NTT Technical Review* (setembre 2004).

8. <<http://www.3GPP2.org>>.

mena LTE (*Long Term Evolution*).^{9, 10} Aquest sistema considera arquitectures de xarxa que són una evolució de la 3G, mirant així d'aprofitar al màxim les inversions fetes. Entremig hi ha la tecnologia WIMAX inicialment prevista com una prolongació de la WI-FI quant a suportar-ne l'abast, que és més gran que aquesta, i que actualment en la seva versió IEEE 802.16m ja es posiciona com un clar candidat a la 4G.

És remarcable d'altra banda el protagonisme que des d'Àsia es vol donar a la 4G. A l'Índia es vol passar directament a la 4G sense haver de passar per la 3G. Als Estats Units els operadors podrien saltar també directament a la 4G explotant en tot cas la B3G esmentada. Al Japó ja estan experimentant amb les tecnologies de 4G, i l'operador NTT DoCoMo és el primer que espera poder llançar comercialment els primers serveis de 4G en el decurs de l'any 2010. En relació amb la resta del món no s'esperen implantacions abans del 2015. Cal dir, no obstant això, que no són els operadors els més il·lusionats en la implantació de la 4G, ja que l'experiència de la 3G actua com a forta resistència, en tot cas són els grans fabricants els grans impulsors. L'any 2001, Alcatel, Ericsson, Motorola, Nokia i Siemens van constituir el Wireless World Research Forum (WWRF) per explorar la 4G. El fòrum, que també inclou companyies asiàtiques i nord-americanes, està estudiant patrons de comportament en l'ús que el gran públic fa de les tecnologies de cara a no repetir els errors de la 3G. Certament hi ha una natural evolució tecnològica i de recerca que no es pot aturar i això també explica el gran interès que la 4G desperta en el món de la recerca en comunicacions sense fils.

TAULA 1
Tecnologies en curs per a la 4G

	WLAN 802.11x	WIMAX 802.16e	3GPP LTE	3GPP2 AIE
Màx. cadència dades (Mbit/s)	300	128	100	200
Amplada de banda del canal (MHz)	20	D'1,25 a 20	D'1,25 a 20	D'1,25 a 20
Banda de l'espectre (GHz)	De 2,4 a 5,8	De 2 a 6	2	2
Mètode d'accés	OFDMA	OFDMA	OFDMA SC-FDMA	OFDMA CDMA
Mode dúplex		FDD, TDD	FDD, TDD	FDD, TDD
Mobilitat	Baixa	Baixa/ mitjana	Alta	Alta
Domini	Àrea local	Àrea àmplia (àrea metropo- litana)	Àrea àmplia (àrea metropo- litana)	Àrea àmplia (àrea metropo- litana)

9. H. EKSTROM *et al.*, «Technical solutions for the 3G long-term evolution», *IEEE Comm. Magazine* (març 2006).

10. D. ASTELY *et al.*, «A future radio-access framework», *IEEE JSAC* (març 2006).

Salts tecnològics emprats en la 4G

Entre els diferents salts tecnològics en l'àmbit de les radio-comunicacions que la 4G incorpora per fer possible l'augment de les velocitats de transmissió, tot mantenint la densitat de desplegament de les estacions base equivalents a la 3G, cal ressaltar el paper reservat, per un banda, als sistemes MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) i als sistemes basats en les anomenades *antenes intel·ligents* i, per altra banda, en l'ús extensiu que es farà de la tecnologia d'accés OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) (present en la taula 1), que a continuació descrivim molt breument.

La tecnologia MIMO incorpora múltiples antenes connectades a l'emissor i receptor tal com indica la figura 5a per a M antenes transmissores i receptores. La informació que s'ha de transmetre es distribueix entre aquestes antenes i la tecnologia explota la separabilitat entre els diferents camins de propagació o múltiples reflexions que la presència d'obstacles inevitablement acaba introduint en un entorn de comunicacions mòbils. És com si on hi havia solament una carretera amb un carril es passés a tenir una autopista amb M carrils de circulació. En la mateixa figura 5a es mostra la capacitat que s'assoleix en les noves condicions, entesa com a màxima velocitat de transmissió sense errors en recepció, a la qual idealment podríem arribar emprant els codificadors i les tecnologies de transmissió adients. En un model idealitzat del canal de radiocomunicacions entre emissor i receptor la capacitat d'aquest canal en funció de la relació potència de senyal a potència de soroll podria arribar a ser M vegades més gran que en un sistema convencional amb només una antena per a una determinada amplada de banda B , i sense necessitat d'augmentar la potència de senyal rebuda o, el que és equivalent, disminuir la distància del radi de cobertura de les estacions base. Naturalment la capacitat és una fita superior però tot i això la tecnologia MIMO ens indica el camí que cal seguir per obtenir eficiències espectrals, enteses com a nombre de bit/s per Hz de banda, molt més altes. Aquest fet és molt important perquè mantenint els mateixos emplaçaments que en el sistema 3G i la mateixa potència en emissió podem augmentar la velocitat del senyal. Cal afegir que la millora en la velocitat de transmissió adquirida pot ser més elevada que el valor M del nombre

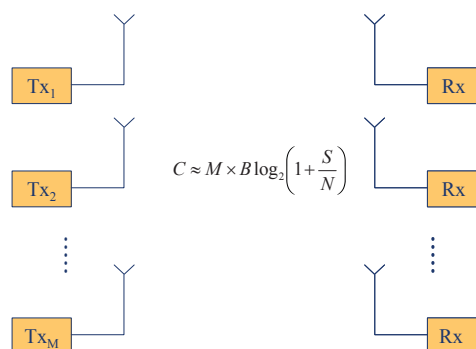


FIGURA 5a. Arquitectura MIMO.

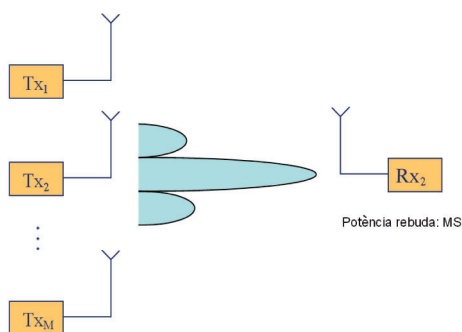


FIGURA 5b. Arquitectura agrupació intel·ligent d'antenes en emissió.

d'antenes, si tenim present que la introducció de noves tècniques de codificació com LDC¹¹ i de tractament basant-se en un ús extensiu de modulacions adaptatives fa que se sigui més a prop de la fita que marca l'expressió de la capacitat del que podem ser-hi fa més de deu anys enrere. De manera similar es poden emprar sistemes d'antenes en emissió formant una agrupació de M antenes tal com es veu en la figura 5b, que en aquest cas poden dirigir el diagrama de radiació resultant de l'agrupació cap a un mòbil en concret augmentant fins a M vegades el senyal rebut S . En aquest cas, i després de tractar el senyal emès distribuït entre les M antenes, el receptor amb una única antena pot combinar encara de manera òptima els diferents senyals aprofitant que presenten propietats de propagació diferenciades.

La tecnologia OFDMA és una tècnica d'accés que, a base de dividir la banda total disponible B en moltes N subbandes d'amplada B_u molt més petita, de manera que $B = NB_u$, ens permet combatre molt millor els problemes derivats de la variabilitat de la resposta del canal en diferents freqüències. És a dir, si B_u és prou petita, en totes les freqüències dins de B_u , el canal es comporta igual i una elevada font de degradació com és la interferència intersimbòlica, deguda a la resposta selectiva del canal amb la freqüència, no apareix. D'aquesta manera no solament es poden transmetre velocitats de transmissió molt elevades en el conjunt de la banda B total, sinó que elegint un nombre més o menys elevat de subbandes podem configurar tota mena de possibles velocitats de transmissió. Aquest fet permet que puguin conviure perfectament serveis de banda ampla amb altres de convencionals.

Acceptant que amb la mateixa o similar infraestructura de radiocomunicacions i costos d'equipament podem edificar la 4G, els salts tecnològics desplacen el que s'anomenen *corbes d'igual cost* cap a la dreta en la figura 6, on es mostra el binomi velocitat (en bit/s) - cobertura de manera esquemàtica. És a dir, la 4G pretén, tot mantenint el mateix cost que els sistemes actuals, fer un salt cap endavant en

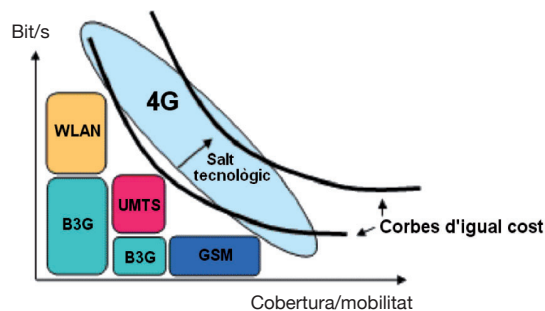


FIGURA 6. Corbes d'igual cost.

prestacions sigui augmentant la cobertura per a una mateixa velocitat o sigui augmentant la velocitat per a la mateixa cobertura.

Encara que cal esperar per poder veure quin és el comportament assolit en la pràctica, estudis realitzats¹² indiquen que velocitats tan elevades com les inicialment preconitzades de 100 Mbit/s en exteriors amb elevada mobilitat i 1 Gbit/s en interiors en zones de baixa mobilitat són assolibles. És de preveure, no obstant això, que les bandes de freqüència emprades que poden ser fins a uns 5 GHz, per tant més elevades que les actuals, i la presència d'entorns de propagació no considerats, per exemple interiors d'edificis, faran difícil poder mantenir la densitat d'estacions base del desplegament UMTS, raó per la qual ja s'ha identificat una nova estratègia basant-se en nous tipus de repetidors del senyal *Relay Nodes* o *Hop-Relay*. Aquests repetidors, que poden esbrinar les estructures de dades que els travessen, permeten eliminar els possibles forats de cobertura amb un cost molt més reduït que els de les estacions base. El concepte de *Relay Node* fins i tot és aplicable a un mateix terminal d'usuari que pot fer a la vegada de repetidor del senyal rebut augmentant la cobertura amb un cost reduït. En la figura 7a es pot veure un esquema d'aquest concepte, on les estacions base pegen d'una xarxa troncal (*backbone network*) basada en Internet que les manté connectades entre si i amb al resta del sistema 4G. Els mateixos terminals poden actuar també de repetidors, emprant fins i tot estructures mallades d'interconnexió. Bé siguin en for-

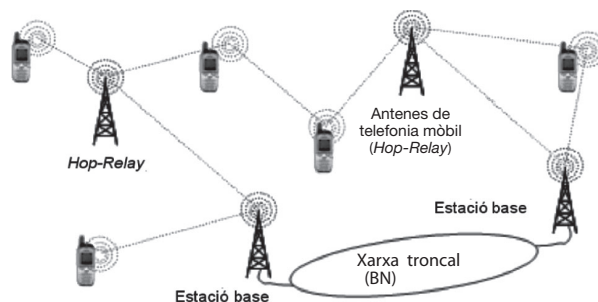


FIGURA 7a. Desplegament d'antenes de base i repetidors en sistemes 4G.

11. D. ASTELY *et al.*, «A future radio-access framework», *IEEE JSAC* (març 2006).

12. D. ASTELY *et al.*, «A future radio-access framework», *IEEE JSAC* (març 2006).

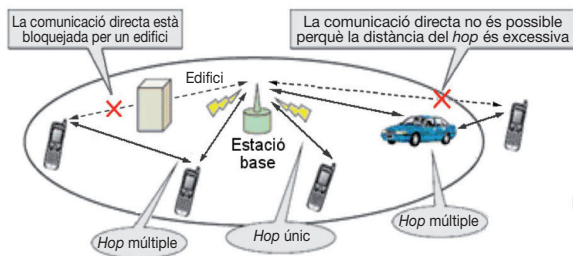


FIGURA 7b. Escenaris de propagació i repetidors.¹³

ma de repetidors dedicats o en forma de terminals activats com a repetidors, el concepte de *Hop-Relay* és bàsic per estendre la cobertura en forats de recepció molt limitats i habitualment emprant potència reduïda. En la figura 7b es poden veure exemples concrets de l'ús d'aquests repetidors.

La viabilitat econòmica de la 4G, tenint present les turbulències sofertes en la implantació de la 3G, ha estat un motiu d'interès per a la Comunitat Europea, que ha engegat estudis de viabilitat econòmica en aquest sentit. Més específicament, tal com es pot trobar al lloc web <http://fms.jrc.es>, s'ha fet un estudi de model de negoci de la 4G sobre la base d'un país imaginari amb una població de 46.000 habitants, on el 50 % de la gent viu en zones urbanes, el 35 % en zones suburbanes i el 15 % en zones rurals, amb un 90 % de cobertura i suposant tres anys per al desplegament de la xarxa. En aquest escenari, que preveu un desplegament com l'indicat en la figura 7a, amb *Hop-Relays* i estacions base, l'estudi conclou bàsicament que cal un mínim d'ingressos mitjans per usuari ARPU (*Average Revenue per User*) d'entre 15-19 euros per fer sostenible un model de negoci en 4G, i sense tenir en compte els costos derivats de l'ús d'una llicència per l'espectre de ràdio. Un cop més els costos de l'espectre, i en particular la bona utilització que se'n faci, sembla que seran un dels principals eixos en clau de mercat per assegurar la viabilitat econòmica de la 4G en el període previst. En aquest sentit ja és oficial la formació d'un *lobby 4G Next Generation Mobile Network* (NGMN), fòrum format per sis dels operadors més grans: Vodafone, T-Mobile, Orange, KPN, NTT DoCoMo i China Mobile, als quals segurament s'afegiran d'altres. L'objectiu és evitar repetir els enormes costos en forma de cànon per utilització de l'espectre, que en molts països els governs van instrumentalitzar per adjudicar les llicències de 3G en una possiblement desafortunada decisió de la qual es va ressentir almenys tot el sector de les TIC. Certament avui dia encara hi ha un problema i és que els reguladors europeus no permeten la migració de tecnologies més avançades com la 4G a altres bandes, com

per exemple les bandes GSM actuals de 900 MHz. I encara més, als Estats Units els operadors no han de comprar nou espectre per proporcionar serveis com WIMAX i altres semblants a Europa. Aquest fet, juntament amb l'escassetat d'espectre per a noves aplicacions sense fils, lligat a més a l'ús molt poc eficient que es fa de l'espectre ja assignat, ha fet que actualment s'hagi engegat un fort corrent d'opinió que preconitza una nova manera de fer l'assignació de freqüències de radio als diferents serveis de radiocomunicacions existents.¹⁴

Aplicacions

Com és prou conegut, l'èxit de les successives etapes evolutives de les comunicacions mòbils, i en particular de la 4G, rau en el fet que aquestes tecnologies trobin ressò en la societat mitjançant un ús massiu d'aquestes. Són molts els factors no estrictament tecnològics que intervenen en aquest punt. Hem vist que a la 3G li està costant molt penetrar en el mercat. Es pensava que la videotelefonía seria una aplicació definitiva (*killer application*) per a l'enlairament definitiu de la 3G en emprar aquest servei un contingut natiu, similar al servei de veu que, sense cap mena de dubte, va catapultar la 2G. En qualsevol cas sembla clar sobre el paper, i com indica la figura 8 amb uns quants exemples d'aplicacions massives o de gran públic, que les comunicacions 4G presenten unes possibilitats immenses. Un exercici tan quotidià com assistir a una activitat lúdica es farà tant o més simple de gestionar per l'usuari com enviar un SMS. L'usuari no serà conscient de tots els passos intermedis. Vehicular la creativitat de l'usuari serà segurament també un component important de l'èxit que pugui assolir la 4G. Pensem en aquest sentit en l'actual fenomen YouTube, entre d'altres, en el món Internet. De fet, un dels problemes tradicionals de planificació de les xarxes de comunicacions actuals era adequar el seu desplegament a la asimetria de trànsit originada per un volum més elevat de trànsit cursat entre l'enllaç descendent (des de la xarxa fins al terminal mòbil) que en l'enllaç ascendent (des del terminal mòbil fins a la xarxa). L'explicació cal cercar-la en una acti-



13. N. UMEDA, T. OTSU i T. MASAMURA, «Overview of the fourth-generation mobile communication system», *NTT Technical Review* (setembre 2004).

14. <<http://www.ofcom.org>>.

FIGURA 8. Projeccions d'algunes aplicacions fins a la 4G.

tud simplement consumidora de continguts de l'usuari mòbil. La tendència actual a la creació per part de l'usuari dels seus propis continguts, així com a l'intercanvi d'informació en general, com és el cas de videoclip musicals, està portant a l'explosió d'un nou paradigma: P2P (*Peer to Peer*). En aquest escenari el trànsit ascendent i el descendent s'igualen, la qual cosa està obligant a esbrinar un nou model en el desplegament de les xarxes i a un replantejament del propi model de negoci. Finalment, hi ha també en la figura 8 un altre apartat identificat com a jocs interactius, que podríem estendre a qualsevol altra aplicació en què el temps de resposta ha de ser molt curt, i que la durada inferior a 10 ms emprada en la connectivitat dels usuaris farà possible. D'una manera més concreta, la figura 9 il·lustra algunes de les aplicacions previstes per DoCoMo, que sembla que serà el primer operador a oferir serveis 4G.

		Remitent	
		Persona	Màquina
Receptor	Persona	VoIP Videofon/videoconferència Jocs interactius Xat Missatges visuals/d'àudio Correu de text	Repetidor de vídeo Supervisió de vídeo Navegació Cerca Internet Servei d'informació Descàrrega de música
	Màquina	Control remot Gravació en dispositius de memòria: veu, vídeo, etc.	Serveis de localització d'informació, sistemes de distribució, etc. Tranferència de dades Maneniment de dispositius electrònics de consum
Suport per a serveis en temps real i temps no real			

FIGURA 9. Aplicacions que impliquen tant persones com màquines en la 4G.

FONT: NTTDDoCoMo.

Certament són moltes més les aplicacions que avui dia es pot imaginar que la 4G farà possibles. Finalment cal esmentar totes aquelles aplicacions de context. És a dir, portant a l'extrem les aplicacions identificades, podríem imaginar un usuari en el món 4G ple de minúsculs sensors/actuadors de cap a peus, on, a tall d'exemple, les ulleres incorporessin pantalles i càmeres digitals en miniatura, les camises (entre altres tipus de roba) estiguessin fetes de flexible *high-tech* plàstic que canviessin de disseny gràcies a les micropantalles de televisió incrustades, publicitat personalitzada que ens arribaria en els diferents centres comercials quan ens apropéssim al punt de venda corresponent, etc. En la mateixa línia, encara que potser sense necessitat d'arribar a aplicacions que poden semblar una mica agosarades, encara que no impossibles a mitjà i llarg termini, hi ha tot un seguit d'informacions locals de context capturades en les immediacions de l'usuari, per exemple mitjançant minúsculs sensors implantats en la pròpia roba, i transmeses pel terminal mòbil 4G a la seva destinació final de tractament de dades. Aquest podria ser el cas, fins i tot sense el coneixement explícit del mateix usuari, de presa de mesures biomèdiques de control i la seva transmissió cap a un centre de tractament i control de pacients.

Ja per concloure podríem resumir la 4G com la nova generació de comunicacions mòbils que ens ha de permetre una comunicació total integrant ja no solament veu i dades a velocitats fins fa poc inimaginables, sinó també el fet de vehicular totes aquelles informacions de context que ens envolten en un nou paradigma de comunicació total. ■

DEBAT: «TECNOLOGIA I SOCIETAT EN EL SEGLE XXI»

Alícia Casals

Catedràtica de la Universitat Politècnica de Catalunya. Membre de l'Institut d'Estudis Catalans

Amb motiu del Centenari de l'Institut, la Societat Catalana de Tecnologia (SCT) va organitzar el dia 30 d'octubre de 2006, el debat: «Tecnologia i societat en el segle XXI», amb l'objectiu d'analitzar la incidència de la tecnologia com a fet molt rellevant del desenvolupament social i econòmic, i el paper que hi tenen tant les empreses com les administracions, els moviments associatius i els individus en diferents situacions geogràfiques, culturals i socials. El debat va reunir personalitats rellevants en àmbits molt diferents, amb l'objectiu d'aportar visions complementàries de la tecnologia i els seus efectes en la societat, a partir de diferents perspectives que ens ha deixat el darrer segle: un punt de vista, des de l'educació i l'ensenyament, per Antoni Giró, catedràtic de Física i rector de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); des de la indústria, Ramon Ollé, president de la Fundació Epson i president d'Epson Europa i conseller delegat executiu de Seiko Epson Corporation, del Japó; des de la filosofia, Josep M. Terricabras, catedràtic de Filosofia de la Universitat de Girona (UdG) i membre de l'IEC; des de la recerca i el desenvolupament, Josep Amat, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i membre de l'IEC, i finalment des d'una perspectiva de com transmetre el coneixement sobre el

desenvolupament tecnològic en la societat, Vladimir de Semir, professor de la Universitat Pompeu Fabra i comissionat de l'alcaldia de Barcelona per a la promoció de la cultura científica. El debat va ser moderat per Alícia Casals, vicepresidenta de la societat filial (SCT).

Cada ponent exposà el seu punt de vista, i en acabar s'obrí un debat sobre els temes tractats.

Antoni Giró: En un moment de transició al model de Bolonya, és bo fer una mirada històrica als estudis en tecnologia. Els estudis d'enginyeria industrial es creen el 1850, amb tres nivells: elemental, ampliació i superior. Barcelona comença amb el nivell elemental i el 1861 amb el superior, estudis que es van poder mantenir gràcies a acords entre les administracions: Govern, Diputació i Ajuntament de Barcelona, cosa que va permetre la dinamització dels ensenyaments tècnics. Enfront d'estudis d'enginyeries com camins, agrònoms, mines, recolzats pels cossos de l'Estat, els enginyers industrials no tenien competències i això va produir problemes d'incorporació al món laboral. El 1901 es comencen a crear noves escoles tècniques, i més endavant es consolida l'enginyeria industrial amb l'escola de Can Batlló del carrer d'Urgell. Amb l'ànim de donar resposta a les necessitats de la indústria, el 1916 es produeix un cert enfrontament entre escola i Diputació degut a la metodologia de la docència més teòricacadèmica que seguia l'escola, enfront de la voluntat de la Diputació de donar uns ensenyaments més aplicats. En aquest context es van creant altres centres més experimentals en química, electricitat, mecànica, que donen lloc més endavant al Laboratori d'Assaigs. El 1957 ens porta la Llei d'ordenació dels ensenyaments tècnics lligats a la universitat. Una nova reforma als anys seixanta amb la industrialització i el progrés econòmic comporta un nou tipus d'ensenyament i nous plans d'estudi. El trasllat de l'ETSEIB del carrer d'Urgell a Pedralbes suposa un canvi estructural i una evolució, i més endavant es comença a generar coneixement des de les càtedres, departaments, instituts, encara que en minoria. Als anys vuitanta amb la Llei de la ciència, la recerca es generalitza, la nova missió de la universitat és generar coneixement i di-



FIGURA 1. Desenvolupament del debat a la seu de l'Institut.

fondre'l, no només ensenyar. Ara, cal harmonitzar-se amb Europa, amb l'aplicació del decret de Bolonya, que ja es va iniciar amb la cultura de la qualitat i de la mobilitat, amb el programa Erasmus. Ara s'obre un període de reflexió i de canvi, amb el pas de l'ensenyament dirigit, ensenyar a aprendre. Aquest procés de canvi en els estudis s'ha d'aprofitar per fer un pas endavant, fer transferència de tecnologia i de coneixement i adaptar-se a la societat, a les necessitats de la indústria, de la societat, i complir amb el que s'espera de la universitat, dissenyar el millor perfil que hem de donar als estudiants, fer una formació permanent i completa.

Ramon Ollé: Enllaçant amb les darreres reflexions, vull plantejar la perspectiva d'una empresa multinacional des d'una visió mundial. L'òptica mundial d'un català establert a Amsterdam. L'àmbit de l'empresa és el territori d'Europa, d'una Europa que significa cent cinc països, des de Vladivostok, per sobre de la Xina, fins a l'Índia passant per Àfrica. Aquesta Europa és evidentment molt diversa i planteja problemes diferents ja que hi ha països rics i d'altres de pobres i amb cultures molt diferents. Des de la perspectiva mundial es veu un planeta que tenim a l'abast, en el qual ens podem reunir en qualsevol lloc sense problemes. És la visió del món d'una empresa tecnològica que controla el 82 % de la tecnologia telefònica al món i el 74 % del *core technology* dels projectors. Com s'afronta la responsabilitat social de tenir aquesta quota de mercat? Des d'un milió de trucades i cinc milions de contactes. Des de Brussel·les, a Europa, s'han de manegar tres-cents milions de clients i s'estan preparant per satisfer les necessitats de vint milions de persones cada any. De les cent economies més importants del món, cinquanta-una són multinacionals. Com veiem el futur, el personal que ha d'entrar i el que hi ha ara? Creiem que la universitat ha de donar resposta en la seva formació.

Per altra part, la crua realitat és la dels productes que hem de fer, no només hem de parlar de coneixement sinó que hem de fer artefactes, si no, la resta no funciona. Cal recuperar l'enginyeria industrial, en aquest món sembla que les coses són fàcils. Cal fer entendre a la societat que, en el món de l'enginyeria, el coneixement és necessari per tirar endavant. Un gran percentatge dels treballadors es troba en el món de la fabricació.

La responsabilitat dels líders del futur es recolza en tres eixos: la sostenibilitat, l'ètica i la localització. La sostenibilitat comença a la universitat, un segon aspecte és l'Ètica, en majúscula. Cal que siguem honestos, no només perquè no ens castigui, cal fer front al problema de la sostenibilitat del món. Quins productes tecnològics es poden vendre a l'Àfrica? Es pot vendre un ordinador o una impressora, però el manteniment es pot menjar la renda *per capita*. Per exemple, a l'Àfrica es venen iogurts, però si la renda és de 2 euros s'ha d'aconseguir vendre'l a 10 cèntims, i a més

l'empresa ha de tenir beneficis. Això és molt difícil quan es tracta de tecnologia i la dificultat per aconseguir-ho accentua la fractura tecnològica. Cal veure com aconseguir que allà es pugui mantenir un ordinador, que resisteixi altes temperatures, que costi poc, que sigui fàcil d'emprar... i a més l'empresa ha de fer negoci. El *gap* tecnològic es va fent gran, cal generar productes i equips barats, assequibles. Per aconseguir-ho cal plantejar aquesta responsabilitat ja a la universitat. Fa trenta anys la gent feia esforços per aprendre en entrar a l'empresa, ara l'objectiu és guanyar diners ràpidament, i això deixa enrere l'aprenentatge, la formació es perd i això causa els seus efectes.

El tercer eix, la localització, comporta trobar la manera de fer empresa i que es treballi eficientment compaginant les diferents cultures que puguin confluïr-hi. Fa deu anys ens preocupava la localització de la gestió, això també està canviant. Se cerca gent que vingui a l'empresa i que intenti entendre aquest món, i veure com es pot participar sigui on sigui. Però aquestes persones no es troben, i el que passa és que l'empresa i la universitat se separen, no fan el que cal que faci cada una.

A Holanda tots els estaments socials escolten l'empresa, però aquí a Barcelona no, a Barcelona no es veu interessant parlar amb una empresa i això és realment un problema. Això s'ha d'aprendre ja a la universitat, tot ho porten les persones, i aquestes són les que han de fer possible el fet de produir en les condicions que calgui.

Josep Amat: La previsió és molt difícil, ja que si per preveure el futur analitzem la trajectòria prèvia, es veu que això no és senzill. Mirant enrere, i intentant veure com una persona a l'inici del segle xx hauria pogut preveure l'evolució tecnològica, es veu que no és gens trivial. Aquest segle ha estat el segle de l'aviació, de l'automòbil, de l'electricitat, de l'electrònica, de la informàtica i de les telecomunicacions. Hi ha hagut dos tipus de progrés que han causat impactes diferents: el que ha canviat les nostres vides i el que ens ha afectat molt menys. La teoria de la relativitat, els raigs X o la tomografia, fan canviar els hàbits o la forma de vida? No, no produeixen cap impacte social directe i es digereixen bé. En canvi hi ha altres coses que canvien més radicalment la forma de vida, per exemple, poder portar un telèfon a la butxaca o poder disposar del tren d'alta velocitat o l'avió, que potencialment ens permet anar a sopar a Milà i tornar, però això és insostenible. Una causa és que podem comptar amb l'energia a un cost quasi nul, i això no és realista.

El problema de l'energia pot ser vist des de dos punts de vista. Hi ha qui diu: «estalviem, que s'acaba, que destruïm el planeta», altres diuen: «no us preocupeu, la tecnologia ja ho resoldrà». A mi em sembla que això últim és molt difícil, ja que supera un factor d'escala, que pot ser important en el segle xxi, aquest increment del consum ens afectarà molt negativament.

En canvi, el que crec que serà un canvi important és tot el que comença amb *tele*, telemedicina, teletreball o telepresència, entenent-ho com la possibilitat de poder parlar amb qualsevol persona del planeta en català i entendre'ns. I potser alguna sorpresa, com podria ser el teletransport personalitzat.

El segle XXI ens donarà algunes sorpreses tecnològiques. Ara l'ordinador és una evolució de l'ordinador dels anys quaranta, amb més memòria, més velocitat d'operació, més capacitat de càlcul. En canvi, encara que aparenta operar amb raonament qualitatiu no ho fa, i potser si hi ha algun canvi en aquesta línia, podria produir-se un nou progrés més significatiu. Hem de ser capaços de generar tecnologia prou intel·ligent, que no requereixi excessiu esforç a l'usuari. A mi em preocupa que aquesta tecnologia pugui produir una fractura social més gran, existint: l'usuari de la tecnologia, el productor i també el marginat de la tecnologia, que en aquest darrer cas pot significar un afegit a la marginació social i econòmica, cosa que empitjoraria la situació d'aquest col·lectiu. Aquí és indispensable una intervenció política que ho reguli, que no tot depengui de les empreses i el seu interès a generar beneficis, cal també generar tecnologia barata a l'abast de tothom.

L'altra preocupació és la dependència tecnològica, els tecnòlegs que saben dissenyar una CPU són molt pocs, cada vegada menys. Abans explicàvem una assignatura que era disseny de computadors, ara no podem, no en sabem. Els que fabriquen els ordinadors no expliquen com ho fan, és un secret, és el negoci d'uns pocs. Tots els telèfons depenen de quatre empreses que generen alguns dels seus components, això crea una gran dependència tecnològica que pot fer perillar l'equilibri. Ara la universitat no pot ensenyar a tecnòlegs que puguin fer tot això, seran només uns pocs els que, amb molts estudis i grans esforços, es mantinguin capdavanters i aconseguixin mantenir-se en primera línia. El mateix passa en medicina, els metges no ho poden conèixer tot en profunditat, com el càncer, per exemple, que n'hi ha de molts tipus diferents i la biologia cel·lular ens permetrà identificar-los millor. La màquina humana és encara més complexa que els ordinadors, i el segle XXI ens portarà tant coneixement que ens permetrà avançar, tant en tecnologia com en coneixement del cos humà.

Josep M. Terricabras: De tecnologia n'hi ha hagut sempre. Fins al segle XX la tècnica estava supeditada a la ciència, hi havia recerca científica i no tecnològica com ara. En el segle XX ha deixat d'estar supeditada a la ciència. La nostra generació, quantes coses ha vist aparèixer? Podríem fer una llista immensa, que ens porta a la societat de la informació o de la comunicació, més que del coneixement. Som a l'època de la història més dedicada a la ciència i la tecnologia, però potser la ciència i la tecnologia no han entrat en la societat, hi veig molta ignorància científica i tecnològica. La velocitat de generació de tecnologia és molt gran, però, en canvi, no s'aprèn tan ràpidament. I això es veu en el periodisme, en l'esoterisme, en la màgia... Avançarà més la tecnologia que les persones. D'una petita vulga-

ritat tècnica, com un tendal automàtic, en diuen una casa intel·ligent. Em fa por l'aplicació mecànica de les possibilitats de la tecnologia sense tenir consciència tecnològica. La tecnologia s'utilitza sovint de forma irresponsable, irreflexiva. La tecnologia no és contrària a la humanitat, en canvi hi ha empreses cruels, pel que fa als usuaris. Ja no tenim una tecnologia oligàrquica, gremial, ara és una tecnologia popular. No és una tecnologia passiva, com el cinema, que el mirem, o el tren, que ens porta; ara la manipulem, com el telèfon mòbil. Ja no és complexa per a l'usuari, ja no és privativa sinó a l'abast de molts, sense oblidar l'efecte marginació, que també hi és. Aquesta tecnologia pot arribar a imposar-se creant addicció, com un producte de consum sotmès a la moda. Ens pot portar a pensar de manera diferent. Ara fer un examen amb calculadora ens permet examinar altres aptituds o coneixements, no ho hem de veure com un fet dolent. Un examen amb calculadora permet preguntar coses abans impensables. El tema espai-temps és un tema filosòfic important. Les noves tecnologies són suport de noves possibilitats. Poder emmagatzemar en una unitat de memòria molta informació no vol dir que la quantitat implica més coneixement, cal considerar la qualitat, cal identificar quina és la informació important, la necessària.

Les noves tecnologies poden portar a donar possibilitats de tenir més cultura, però també poden comportar la submissió.

Vladimir de Semir: Està molt bé considerar aquesta complementarietat de punts de vista. És important crear una cultura en la societat, encara que hi ha hagut la creença que hi ha dues cultures, les humanitats i la ciència. Ara som en un període de canvi, ambdues s'estan transformant en una única cultura. Ens agrada més parlar de coneixement per la seva relació amb les neurones, més que parlar de simples bits. Després d'una era industrial i postindustrial, passem per l'era de la comunicació i la informació, o del coneixement, i apareixen noves indústries. Apareix també la deslocalització per raons econòmiques i ecològiques. La nostra societat va donar la benvinguda a les xemeies, va fer caure les muralles, i, a continuació, en el segle XIX el primer gran edifici va ser el de la Universitat. Cal incloure la cultura científica i tecnològica en la societat, no només en la universitat, si no, estarem creant una fractura. No és només el problema de capacitat tecnològica i la seva evolució, sinó també la capacitat intel·lectual. El repte que tenim no és només cultural sinó també social i econòmic. A Catalunya tenim un índex d'innovació regional del 60 %, ens cal recórrer un gran camí. Hem de recórrer un gran camí no només per ser competitius sinó també competents. Hem de tenir capacitat d'elecció, que és capacitat crítica. Ens hi va un model de democràcia i de participació. El baròmetre europeu és clar i mostra que la gent jove s'allunya de la ciència i de la tecnologia i això té una gran repercussió en la societat. Hi ha una cultura del poc esforç, de passar sobre els mínims, de començar a treballar en un nivell que no es correspon amb el dels coneixe-

ments. La televisió està creant la formació continuada. Hi ha Internet, cal saber buscar, la societat rep passivament els missatges de la televisió, i d'aquí ve en part el poc valor que té la ciència i la tecnologia. Això es nota en la manca de matèria grisa per avançar. El model de la ciutat de Barcelona, de barreja, cultural, econòmic, comercial..., quedarà coix. Si mirem Barcelona, aparentment l'ocupació és un èxit, tot funciona, però si ens hi fixem, la feina no és de nivell elevat, és poc productiva, molt turisme... La restauració, per exemple, dóna poc valor afegit i és feina deslocalitzada. Cal fer un esforç per tenir gent preparada ja que un canvi desorbitat pot comportar un risc greu. Cal construir aquesta societat del coneixement disseminant la cultura científica. La Comissió Europea ha dissenyat plans de cultura científica de ciència. Ens cal voluntat política per aplicar-ho.

L'optimisme sobre els coneixements o l'acceptació de la tecnologia no es correspon amb la realitat, hi ha imatges molt positives, però també tenim imatges com la bomba atòmica, Txernòbil. Veiem la quantitat de cotxes que diàriament es mouen arreu cremant combustible, també és necessari que la societat entengui aquests canvis i actuï en conseqüència. Volem la C, que és un catalitzador de recerca de comunicació: cultura científica, ciutadania, complicitat i coneixement.

És necessari que la societat entengui aquest canvi, per això cal crear l'entorn per aconseguir-lo.

Debat

Després de les exposicions dels ponents, s'establí un debat entre ponents i assistents, on un dels aspectes que es discuteix és la percepció que ha de tenir la gent de la tecnologia.

Es parla de consciència tecnològica. Es planteja si cal que en tinguem. No hauria de ser transparent la tecnologia i poder-la gaudir sense haver de preocupar-nos-en, o saber el que hi ha al darrere? Hi ha un cert consens que ha de ser així en general, però sense oblidar els perills que en alguns casos pot implicar el fet de no saber-ho. Un exemple que es planteja és Internet, on hi ha molta informació que no té garantia i hi ha el perill de creure's missatges incorrectes o, també, confiar que no cal saber, ja que tot es pot trobar a la Xarxa. Una cosa és la informació, i una altra el coneixement.

Això porta a la qüestió de què és el que s'ha d'ensenyar. Es planteja que no té sentit ensenyar-ho tot, cal ensenyar el que cal per saber, per després poder trobar el que es necessita, per afrontar qualsevol problema o situació. Per altra banda, es percep que els coneixements tecnològics avancen tant, són tants i seran encara més, que els tecnòlegs no seran capaços de donar resposta a tot, individualment no es pot donar abast en tots els àmbits de coneixement.

Però, com que hi ha tanta informació, no cal portar-ho tot a sobre, o no es pot, cal saber l'essencial, la resta cal cercar-ho quan es necessita i segons els coneixements que es tenen, i cal trobar la informació i interpretar-la correctament.

Una altra consideració és com arribar a tothom. Després de tants anys d'escriptura encara hi ha gent que no sap llegir i escriure. Sempre hi haurà gent que no arribarà a utilitzar correctament la tecnologia, però cal que hi hagi coses ben simples perquè aquesta pugui ser a l'abast del màxim nombre de persones. És un fet que la gent confia en la tecnologia, no té por, puja als avions.

Es constata que encara queda molt per avançar. S'afirma que el segle xx s'ha basat a utilitzar la física clàssica i ha aportat molts canvis, i el xxi serà el de la utilització de la física quàntica, i això implicarà un gran canvi en la tecnologia. Un altre aspecte debatut és que abans el coneixement era molt individual, ara és un progrés molt compartit. Es poden fer avenços, sense saber a fons tot el que s'utilitza. El progrés és el treball en equip i, quan es fa un pas, no necessàriament cal saber tot el que hi ha al darrere, el que han desenvolupat els altres. El progrés és el resultat de petits avenços de molts. Basant-se en això s'ha debatut molt quina és la formació necessària per a les persones.

S'opina que el problema d'entendre i conèixer la tecnologia també ho és en el camp de la ciència, i és tasca dels periodistes, i en general dels mitjans de comunicació, fer-la arribar a tothom i de forma correcta. Un mal d'aquesta difusió és la forma com es transmet. Es constata que no és que es transmeti massa poc, sinó que es transmeten notícies, informacions, però manca el context, i es denuncia que sovint la informació que arriba a la societat és trivial, anecdòtica, és banal, i això no ajuda. Ara cal menys ciència i més context per entendre la realitat.

Un altre aspecte aparegut en el debat és el de les vocacions en enginyeries, en tecnologia. Es parla que la manca de vocacions ve de la formació, que és culpa que els mestres no saben explicar prou bé la tecnologia. El problema real és la pròpia formació dels mestres, als quals s'assigna una docència sense considerar prou la seva formació específica. Preocupa el fet que aquest problema és especialment greu ja que es tracta d'una tecnologia tan canviant, i, com que no hi ha un sistema de formació continuada per a ells, fa que no estiguin prou preparats i, en conseqüència, no poden transmetre l'interès en la tecnologia ni ajudar a crear vocacions.

Es constata que els estudiants també han canviat. Per una banda, es fan treballs de recerca en el batxillerat, cosa que desperta l'interès en el que es farà i els estudiants fan treballs extraordinaris. Abans, els estudiants feien un esforç i com a resultat els sorgia l'interès, ara si no hi ha interès, no fan l'esforç, i això es tradueix, naturalment, en menys treball. Aquest interès també està condicionat per l'entorn. S'apunta que caldria potenciar entorns més pro-

pícs, com els parcs tecnològics o, millor, els parcs d'empreses suportades per la universitat, que farien, entre altres coses, que es valorés estudis i treballs com el doctorat, i així es podrien potenciar les vocacions cap a la recerca i creació de nou coneixement.

També es constata que, fa uns anys, hi havia més vocació per ser empresari, per a això calia fer un gran esforç. Ara, en general, es vol ser funcionari d'una multinacional o de la Generalitat, no es vol haver de fer esforços gaire grans. Es creu que cal tornar a entendre que la vida

requereix un esforç, que el títol no és suficient, cal la formació també en començar a treballar en una empresa. Això tampoc no es fa gaire i perjudica la qualitat del treball i l'eficiència. Però també es percep que en el lideratge no hi ha la solució de tot. Cal educar a treballar en equip, saber tractar la gent. Fomentar el valor de l'esperit crític.

En el debat es conclou que cal veure la tecnologia en el context global: persones, societat, economia, sostenibilitat... ■

ENSENYAR TECNOLOGIA INDUSTRIAL EN ANGLÈS: UN EXEMPLE D'APLICACIÓ DEL CLIL (CONTENT AND LANGUAGE INTEGRATED LEARNING)

Josep Poch

Professor de tecnologia de l'IES Cassà de la Selva

Què és el CLIL?

Darrerament es parla molt de la introducció a les escoles d'educació primària i secundària de l'anglès en àrees no lingüístiques per tal de millorar la deficient competència en aquesta llengua dels nostres joves, malgrat que l'estudiïn durant els anys d'escolarització. La manca d'estímuls externs a la nostra societat i l'«aïllament» que acaben tenint (els estudiants veuen moltes vegades l'anglès com una matèria i no com un mitjà de comunicació) provoquen en els estudiants una manca de motivació i al capdavant un aprenentatge deficient.

En aquest sentit, la introducció de l'anglès en altres matèries pot ser un estímul addicional a altres que es poden donar en el sistema escolar (com la realització d'intercanvis amb estudiants d'altres països, per exemple). Però ensenyar en anglès una altra matèria no és una tasca fàcil, malgrat que alguns creguin que, organitzant alguns cursos de llengua estrangera per al professorat, de cop i volta sorgiran uns «superprofes» que entraran a l'aula parlant en anglès i en quatre dies tindrem uns alumnes que parlaran com nadius. La clau de tot plegat rau a tenir un professorat competent en anglès, efectivament, però també dotat de la formació en tècniques didàctiques adients per fer aquesta tasca. Aquest conjunt de tècniques és el que es coneix com a CLIL (*Contents and Language Integrated Learning*) internacionalment, AICLE (aprenentatge integrat de continguts i llengua estrangera) a Catalunya, EMILE a França o SPRINT a Suècia (acrònims de les traduccions corresponents).

El terme CLIL va ser proposat pel doctor David Marsh, de la Universitat de Jyväskylä (Finlàndia), a la dècada dels noranta del segle passat¹ i desenvolupat posteriorment per la doctora Do Coyle, de la Universitat de Nottingham (Anglaterra), i altres investigadors. Malgrat ser concebut en el fred i remot país nòrdic, la idea va tenir de seguida un gran èxit i s'ha anat estenent de mane-

ra espectacular a la resta d'Europa. El CLIL ofereix un mètode amb el qual la segona llengua (L2) resta integrada en el currículum i els estudiants fins i tot se senten més motivats a aprendre-la, un cop superada la por inicial a la no-comprensió, segons ha comprovat Do Coyle.² El terme CLIL ha estat adoptat oficialment per la Comissió Europea des de 1996 com un terme genèric per anomenar tota activitat en la qual una llengua estrangera s'utilitza com a eina en l'aprenentatge d'una matèria no lingüística.³ Des d'aleshores, i segons un informe de la mateixa Comissió Europea de 2005, diversos països han tingut un paper capdavantier en la implantació del CLIL en els seus sistemes educatius, destacant Suècia, Finlàndia, Estònia, Letònia, Polònia, República Txeca, Hongria, Romania, Àustria, França, Irlanda, Bèlgica, Luxemburg, Malta i Gal·les. Els països que no apareixen a la llista es troben en diferents fases d'implantació, des d'una combinació de diferents projectes pilot (com Espanya) fins als que pràcticament no l'havien previst (com Portugal o Grècia).⁴

A Espanya hi ha diferents experiències en aquest sentit, entre les quals podem destacar els projectes iniciats a la Comunitat de Madrid, a Galícia, a Navarra, a les Illes Balears (aquest darrer amb força polèmica, ja que es va voler implantar una mena d'ensenyament trilingüe per decret sense donar temps al professorat per formar-se) i, més recentment, a Catalunya. En tot cas, el que sí que estem en condicions d'afirmar és que a Catalunya estem tot just a les beceroles i per darrere de la majoria de països europeus i d'altres zones de l'Estat.

Principis bàsics del CLIL

És difícil resumir en unes poques ratlles els principis bàsics d'aquest conjunt de tècniques que, a més a més, no

1. David MARSH, *Bilingual education & content and language integrated learning*, París, International Association for Cross-cultural Communication, Language Teaching in the Member States of the European Union (Lingua), Université de Sorbonne, 1994.

2. DO COYLE, «Theory and planning for effective classrooms: supporting students in content and language integrated learning contexts», a J. MASH (ed.), *Learning through a foreign language: models, methods and outcomes*, Londres, CILT Publications, 1999.

3. *Informe Eurydice*, Comissió Europea, 1996.

4. *Key data on teaching languages at school in Europe*, Comissió Europea, 2005.



FIGURA 1. Alguns alumnes de primer de batxillerat de l'IES Cassà de la Selva que van rebre classe de tecnologia en anglès durant el curs 2006-2007.

tenen una via única d'aplicació. Algunes referències del que és l'ensenyament mitjançant la tècnica del CLIL poden ser les següents:

— Tenir en compte quatre pilars bàsics: contingut (*què* ensenyem), coneixement (reflexió), comunicació (llenguatge que s'ha d'utilitzar) i cultura (consciència d'un mateix i de l'*altre*). Això és conegut com el marc de les 4C.

— Estructurar bé el llenguatge de comunicació, mostrant primer el vocabulari nou, després les estructures noves i finalment estimular l'estudiant a pensar més enllà d'allò exposat pel professor (*language of learning, language for learning, language through learning*).

— Vigilar en tot moment no baixar el nivell cognitiu però començar amb un nivell lingüístic baix. La situació ideal seria que la llengua fos «invisible» i l'alumne només fixés la seva atenció en la matèria en si.

— L'ús de les noves tecnologies i els elements visuals poden ser molt útils per fer comprensible la matèria.

— Proposar activitats en les quals els alumnes treballin en grup per tal d'estimular les seves competències orals.

— En tot cas, en el que sí que es posen d'acord els especialistes és en el que *no* és el CLIL:⁵

- Ensenyament «camuflat» de la llengua estrangera.
- Ensenyar el que els alumnes ja saben però en una altra llengua.
- Un sistema elitista només per als millors alumnes.

Una experiència de CLIL a batxillerat

El curs 2006-2007 vaig impartir part de dues matèries de primer de batxillerat en llengua anglesa al centre on treba-

llo, l'IES Cassà de la Selva (Gironès), dins del Pla Experimental de Llengües Estrangeres que s'està desenvolupant en aquest institut durant els anys 2006-2007, 2007-2008 i 2008-2009, i en el qual es fan algunes hores de l'àrea de tecnologia en anglès a 3r d'ESO i a batxillerat (figura 1). Les dues matèries de batxillerat són una matèria de modalitat, tecnologia industrial, de la qual vaig fer un trimestre en anglès, i una matèria optativa d'oferta pròpia de l'escola, noves tecnologies, de la qual vaig fer dos trimestres en anglès. En aquest article em centraré a explicar l'experiència del primer cas.

La tecnologia industrial és una matèria de modalitat del batxillerat tecnològic que a primer curs comprèn quatre blocs ben diferenciats: sistemes energètics, sistemes electrotècnics, sistemes mecànics i materials industrials. El Pla Experimental en marxa al centre preveu la implantació progressiva de l'anglès en aquesta assignatura al llarg de tres anys (taula 1).

TAULA 1

Implantació progressiva de l'anglès a tecnologia industrial a l'IES Cassà

	Sistemes energètics	Sistemes electrotècnics	Sistemes mecànics	Materials industrials
Curs 2006-2007	Català	Català	Català	Anglès
Curs 2007-2008	Català	Català	Anglès	Anglès
Curs 2008-2009	Català	Anglès	Anglès	Anglès

La primera experiència va ser, doncs, ensenyar el bloc corresponent a materials industrials en anglès al llarg d'un període d'un trimestre, aproximadament. La metodologia utilitzada es basa molt en l'ús del PowerPoint, amb el qual es projecta material didàctic propi elaborat seguint els principis del CLIL. L'ús de llibres de text originals en anglès no resulta apropiat, ja que el nivell lingüístic és massa alt. El material CLIL ha de mantenir en tot moment un nivell cognitiu suficient però amb un nivell lingüístic ade-

5. DO COYLE, «Developing CLIL: towards a theory of practice», a *CLIL in Catalonia, from theory to practice*, Barcelona, Associació de Professors d'Anglès de Catalunya (APAC), 2004.

2. Polymers

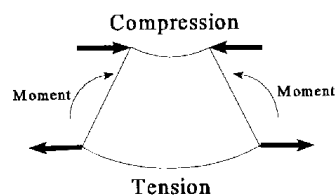
Crude oil supplies the majority of the **raw material** for the production of polymers, also called plastics

- Polymers can be divided into 3 categories:
 - Thermoplastics**: usually soft and easy to be recycled
 - Thermosetting plastics**: usually stiff and not easy to be recycled
 - Elastomers**: flexible (rubbers)

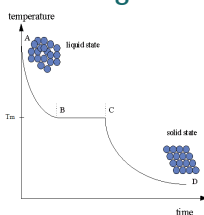


Bending stress

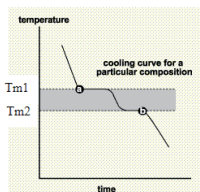
Close-up view of a short segment of the beam is shown below. The **top part** of the beam is being squeezed **in compression** and the **bottom part** of the beam is **in tension**.



Cooling curves



Cooling curve of a pure metal: below T_m (melting point) the metal solidifies

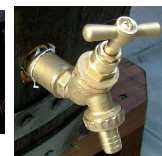
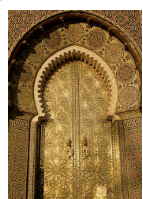


Cooling curve of an alloy: T_{m1} and T_{m2} are the melting points. The alloy is solid below T_{m2} and it is molten over T_{m1} . Between T_{m1} and T_{m2} the 'liquid + solid state' occurs

Brass (Cu + Zn)

Brass has a **yellow colour**, similar to gold

- The amount of **Zn** varies from **5% to 45%**
- The **more Zn** it contains, the **tougher** and **more brittle** it gets



Brass has many uses. From left to right: door in Morocco, engraved plate, water tap and trumpet

FIGURA 2. Exemples de diapositives utilitzades.

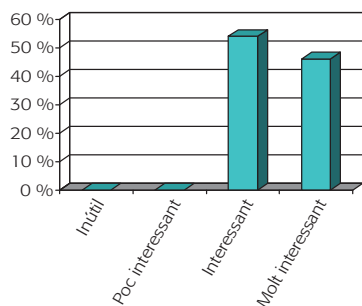
quat a l'alumnat al qual es dirigeix. Les diapositives mostren el contingut que s'ha d'aprendre, amb les noves paraules i estructures senyalades amb un altre color i amb elements visuals clars per identificar conceptes clau. Els estudiants tenen els *handouts* (fulls amb les diapositives impreses) en tot moment (figura 2). L'explicació es complementa amb activitats escrites que, depenent dels casos, es realitzen individualment, en parelles o en grup i que es corregeixen col·lectivament. La llengua que s'ha d'utilitzar en tot moment és només l'anglès, tant per parlar, com per al material escrit, com pel que fa als exàmens. Les activitats escrites són força guiades en el sentit que es proporciona el vocabulari i les estructures per poder fer-les i són del tipus veritat/fals, omplir els buits, comprensió d'un

text, tests d'elecció múltiple, etc. L'únic moment en què s'utilitza el català és per traduir termes clau d'una llengua a l'altra, paraules que els estudiants recopilen en vocabularis de *key words* per a cada tema explicat.

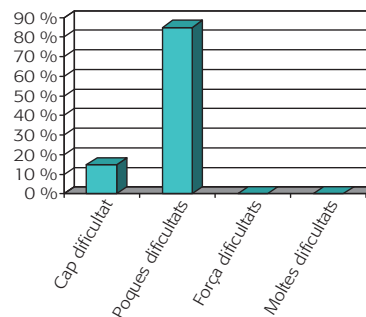
Resultats i valoració

Al final del trimestre, els tretze alumnes que cursaven la matèria van aprovar tots sense excepció i se'ls va passar una enquesta anònima perquè valoressin l'experiència d'haver estat rebent classe únicament en anglès d'una matèria no lingüística durant un trimestre. Vegeu-ne els resultats:

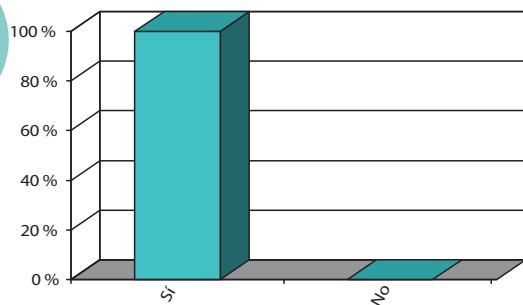
P1. Com valeres haver fet una part de l'assignatura en anglès?



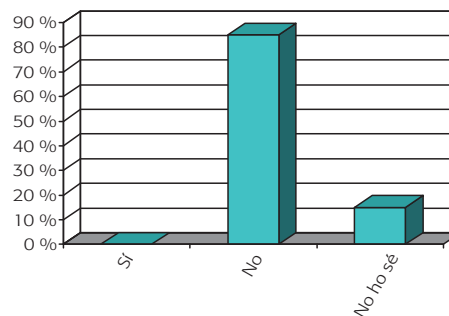
P2. Has tingut dificultats per entendre la matèria o el professor?



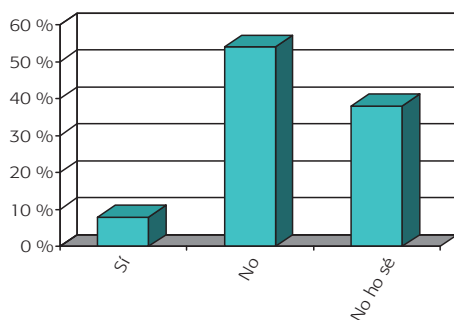
P3. En general has seguit bé quan el professor parlava en anglès?



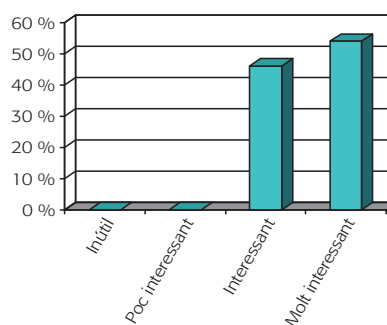
P4. Creus que t'ha estat més difícil aprovar pel fet que una part de la matèria es feia en anglès?



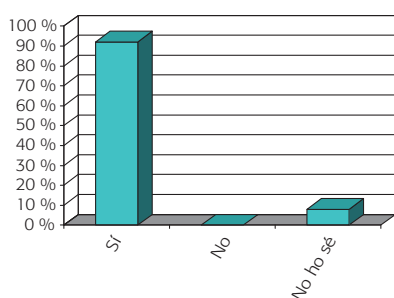
P5. Creus que hauries tret millor nota si la matèria s'hagués fet en català?



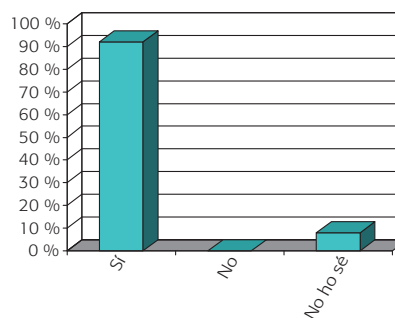
P6. Com valeres la utilització de les noves tecnologies en l'assignatura?



P7. Trobes que les noves tecnologies han facilitat l'aprenentatge de la matèria?



P8. Creus que els alumnes que facin aquesta assignatura en propers anys han de seguir rebent classe en anglès?



Conclusions: la necessitat del CLIL

L'experiència del primer any fent classe de tecnologia industrial en anglès durant un trimestre ha estat altament positiva, i així es pot veure en els resultats de l'enquesta. Aquest pla d'innovació educativa continua al centre on treballa i s'han ampliat les hores en anglès en diverses matèries de l'àrea de tecnologia.

Voldria exposar una reflexió a tall de conclusió. Fer CLIL, és a dir, ensenyar una matèria no lingüística en una llengua estrangera, no és una tasca difícil però s'ha de fer seguint mínimament les tècniques adequades perquè tingui èxit. Amb un professor que conegui la matèria que s'ha d'ensenyar, que sàpiga la llengua anglesa i un grup d'estudiants no n'hi ha prou. És com tenir els reactius per provocar una reacció química però no tenir el catalitzador necessari. El catalitzador és el CLIL.⁶ Entrar a classe i començar a parlar en anglès com si tots fóssim nadius no funciona, els

alumnes no entendrien la matèria, es desmotivarien i tot-hom acabaria fracassant, professor i estudiants. Per tant, la recomanació que donaria a l'Administració és que formi professors en llengua anglesa, efectivament, i que després rebin un curs de CLIL amb suficient contingut i durada per poder fer la seva feina amb els coneixements necessaris. Aquests cursos de fet ja s'estan fent i l'estiu de 2007 molts professors en van rebre un de dues setmanes a Anglaterra, a part dels cursos de postgrau de deu setmanes a Nottingham, que es van començar a organitzar fa dos anys i es continuen oferint, i el nombre de places dels quals s'amplia cada any.

Esperem que aquesta política de formació continuï d'aquesta manera, que cada vegada hi hagi més professors que es formen en anglès, en les tècniques CLIL, i que els centres presentin més plans de llengües estrangeres o amplii els ja existents per tal que els nostres alumnes se'n beneficiïn. De moment ja s'estan fent les primeres passes. ■

6. *The Guardian* va publicar un informe sobre el CLIL l'any 2006 en el qual es donaven casos reeixits i no reeixits de CLIL en diferents indrets del món. La conclusió que es treu en el mateix informe és que en el primer cas el CLIL es va aplicar de manera correcta i en el segon cas, de manera incorrecta, la qual cosa va portar al fracàs de la iniciativa. *Guardian CLIL debate* [en línia]. <<http://www.guardian.co.uk>> [2006].

4T SEMINARI SOBRE EDUCACIÓ TECNOLÒGICA

Roser Cussó, Jordi Orts i Maite Marrodán

Associació del Professorat de Tecnologia de Catalunya

El passat 1 i 2 de desembre de 2006 es va realitzar el 4t Seminari sobre Educació Tecnològica i el I Mercatec: Mercat d'Experiències de Tecnologia a Secundària a l'Institut d'Estudis Catalans, organitzats per la Societat Catalana de Tecnologia.

Després dels tres seminaris anteriors celebrats al Museu de la Ciència i la Tècnica de Catalunya, el 2000, i a l'Institut d'Estudis Catalans, el 2001 i el 2003, aquest 4t seminari pretenia, en el marc de la nova legislació, fer una valoració de l'experiència i establir-ne les bases futures.

Durant el seminari es van realitzar diferents tallers per al professorat i taules de debat, en cadascuna de les quals un o més ponents, experts en la matèria, van plantejar un tema al voltant del qual s'organitzava la taula i un moderador va coordinar un diàleg posterior entre els participants per tal de copsar diferents punts de vista i enriquir les aportacions inicials fetes pels ponents.

El dia de la jornada es va realitzar la primera sessió presencial i el debat va continuar a la Xarxa durant una setmana mitjançant el fòrum de la pàgina de l'Associació del Professorat de Tecnologia de Catalunya (APTC). Dintre dels actes del seminari es va incloure la visita a l'exposició de treballs i projectes de tecnologia realitzats per alumnes de diversos centres educatius en el marc del I Mercatec: Mercat d'Experiències de Tecnologia a Secundària.

El Mercatec és una xarxa d'exposicions de projectes de tecnologia realitzats, exposats i comentats per alumnes de secundària (ESO, batxillerat i cicles formatius de grau superior). Invertint la dinàmica habitual de l'aula, els alumnes assumeixen el paper de professors i expliquen als visitants les seves creacions tecnològiques. El Mercatec mostra l'aprenentatge dels conceptes més importants de la tecnologia: el procés i el producte, cosa que motiva l'aprenentatge de la tecnologia, i ofereix als estudiants la possibilitat d'ensenyar les seves creacions tecnològiques als seus companys i al públic en general, alhora que es dona a conèixer a la població el nivell d'ensenyament de la tecnologia.

Així mateix, es van presentar i donar a conèixer experiències educatives realitzades pel professorat de

tecnologia mitjançant l'exposició de pòsters i maquetes de treballs.

La inauguració d'aquests actes va ser a càrrec de Montserrat Ballarín, regidora d'Educació de l'Ajuntament de Barcelona i vicepresidenta de Localret; Estanislau Tomàs, president de la Societat Catalana de Tecnologia; Sílvia Miguel, representant de la Fundació Epson - Institut de Tecnològica; Roser Cussó, presidenta de l'Associació del Professorat de Tecnologia de Catalunya, i Jordi Orts, vicepresident de la mateixa entitat.

La conferència inaugural va ser realitzada per Jordi Font i Agustí, inspector d'ensenyament i escriptor, amb el tema «Ferrocarri i cinema: un viatge cultural i didàctic».

Tallers per al professorat del 4t Seminari sobre Educació Tecnològica

Els PIC, una eina per treballar la tecnologia de control. Jordi Orts, IES Príncep de Viana de Barcelona.

Quan treballem la tecnologia de control, tant a l'ESO com al batxillerat, ens trobem amb problemes de temps, cost dels materials, nivell de dificultat dels dispositius, exemples obsolets, etc. Els PIC són una eina formidable per evitar tots aquests problemes, a un preu i nivell assequibles.

Entorn virtual d'aprenentatge. Introducció a MOODLE. Federico Luque Carrillo, IES Ramon Muntaner de Figueres.

Visió general dels nous sistemes d'aprenentatge a través d'Internet. Fer servir un entorn amable i fàcil d'usar pels professors, com és el MOODLE, basat en el constructivisme social. Aprenre a instal·lar fàcilment un campus virtual. Aprenre a configurar aquests entorns. Anàlisi i valoració de les possibilitats. Creació de cursos segons el tipus (temes, setmanes, fòrum social). Assignació de professors i alumnes. Els recursos i les activitats. Les qualificacions.

Els kits de vehicles d'hidrogen com a recurs didàctic. Roger Hoyos García, IES Sant Adrià de Sant Adrià de Besòs.

Presentació i demostració d'un *kit* didàctic consistent en un petit vehicle alimentat per un sistema de placa foto-voltaica i una pila d'hidrogen, pila de combustible o *fuel cell*. Es van presentar també diversos recursos didàctics per a la seva utilització a l'aula de tecnologia.

Jocs de simulació a l'àrea de tecnologia. Xavier Garrós Jové i Equip ICE Tecnologia - ESO, Universitat de Lleida.

Presentació del material elaborat per l'equip que recull vuit jocs de simulació. Són jocs que tot i tenir un plantejament interdisciplinari han estat creats per professorat de l'àrea de tecnologia i que són destinats a alumnat d'ESO i batxillerat. Després es posà en pràctica un dels jocs amb les persones assistents al taller.

L'acció educativa al sistema territorial del mNACTEC. Joan Muñoz, responsable de Difusió i Exposicions del Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya.

El Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya, situat a l'antic vapor Aymerich, Amat i Jover a Terrassa, conserva i exposa col·leccions de béns mobles per difondre el seu valor cultural, científic i tècnic. Conceptualment, el treball amb la museïtzació de llocs industrials ha permès l'articulació d'un sistema territorial estès per tot el patrimoni format per vint museus i centres d'interpretació que treballen coordinadament per oferir una oferta educativa descrita en la publicació anual *Divuit Museus per a les Escoles*. Més d'un centenar d'activitats (tallers i visites, quaderns i materials didàctics) orientades a l'entorn educatiu fomenten la sensibilització i l'ampliació de coneixements socials, científics i tècnics.

Taules de debat del 4t Seminari sobre Educació Tecnològica

Currículum de tecnologia a l'ESO a Catalunya

Ponents: Roser Cussó, IES Príncep de Viana de Barcelona.
César Caparrós, IES Manuel Vázquez Montalbán de Sant Adrià de Besòs.

Moderadora: Montserrat Lamaña, IES Antoni Cumella de Granollers.

Anàlisi de les conclusions i les propostes de currículum que es van presentar a les I Jornades d'Innovació en Educació Tecnològica, que es van dur a terme a Barcelona durant els mesos de febrer i març de 2008. Aquestes jornades van ser organitzades per la Plataforma Estatal d'Associacions del Professorat de Tecnologia (de la qual forma part l'APTC) i la Fundació Epson. També es van recollir noves aportacions, en el marc d'aquestes conclusions, per fer-les arribar al Departament d'Educació i Universitats tenint en compte l'actual procés d'elaboració dels currículums de les comunitats autònomes.

Currículum i organització del batxillerat tecnològic a Catalunya

Ponent: Maite Marrodán, IES Montserrat de Barcelona.

Moderadora: Sílvia Zurita, IES Domènec Perramon d'Arenys de Munt.

Anàlisi de les conclusions i les propostes de currículum i d'organització del batxillerat que es van presentar a les I Jornades d'Innovació en Educació Tecnològica, que es van dur a terme a Barcelona durant els mesos de febrer i març de 2008. Aquestes jornades van ser organitzades per la Plataforma Estatal d'Associacions del Professorat de Tecnologia (de la qual forma part l'APTC) i la Fundació Epson. També es van recollir noves aportacions, en el marc d'aquestes conclusions, per fer-les arribar al Departament d'Educació i Universitats tenint en compte l'actual procés d'elaboració dels currículums de les comunitats autònomes.

La formació del professorat de tecnologia

Ponents: Jordi Regalés i Joan Busquets, Aula de Recursos de Tecnologia.

Moderadora: María José Fernández, tècnica de formació de la Subdirecció General de Formació Permanent i Recursos Pedagògics.

La formació del professorat de tecnologia presenta unes característiques específiques que cal analitzar a l'hora de confeccionar un pla de formació. En aquest sentit la detecció de necessitats és un pas previ a qualsevol plantejament. El repte que es plantegen actualment en la formació del professorat de tecnologia són la millora metodològica i l'actualització a distància.

Reforma universitària: La Declaració de Bolonya

Ponent: Martí Llorens, director de l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona, president de la Conferència de Directores de Ingeniería Técnica Industrial de España.

Moderador: Josep Ramon Izquierdo, vicepresident de la Comissió d'Ensenyament del Col·legi d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona.

Paraules clau: Declaració de Bolonya, espai europeu d'educació superior, societat del coneixement, formació per competències, convergència a Europa, procés de convergència a Espanya.

Experiències educatives

Les experiències educatives presentades pel professorat es van exposar en el seminari i van ser motiu d'anàlisi i estudi per part dels participants al seminari. El resum d'aquestes experiències es va lliurar als participants juntament amb els altres documents del seminari.

Mercatec

Aquest I Mercatec va ser visitat per un nombrós públic. L'objectiu que tots, alumnat, docents, familiars de l'alumnat i públic en general, poguessin compartir i intercanviar les seves experiències i projectes d'aula i, alhora, promoure i divulgar la tecnologia de l'ESO i del batxillerat es va aconseguir totalment.

L'exposició de treballs va ser nombrosa amb projectes molt variats i interessants.

Paral·lelament a aquesta exposició de treballs es va fer la xerrada «Tecnociència o tecnociència-ficció?», a càrrec de Miquel Barceló, enginyer aeronàutic i catedràtic d'Informàtica a la Universitat Politècnica de Catalunya. Aquesta xerrada pretenia donar resposta a problemes reals com: pot una nau espacial atènyer la velocitat de la llum? Poden els robots arribar a desenvolupar sentiments? Hi ha alguna llei física que expliqui per què Superman es mou en l'aire com un ocell? Miquel Barceló analitza des del punt de vista del tecnòleg algunes de les suposicions que tots plegats hem vist reflectides al cinema.

Donada la motivació i participació dels assistents, tots els actes van ser, segons l'opinió dels mateixos assis-



tents, molt interessants i enriquidors, i desitgen que en un proper futur nous mercatecs i seminaris donin a l'educació de la tecnologia l'impuls i el lloc que realment es mereix. ■

ENTREVISTA A JAUME PAGÈS

Josep Amat

*Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial. Universitat Politècnica de Catalunya
Membre de l'Institut d'Estudis Catalans*



Jaume Pagès Fita neix a Girona el 1946. És mestre (Escola Normal de Girona, 1963), enginyer industrial (ETS d'Enginyers Industrials de Barcelona, 1970) i doctor enginyer industrial (UPC, 1975). Catedràtic d'Enginyeria de Sistemes i Automàtica, ha estat vicerector (1986-1994) i després rector (1994-2002) de la UPC. Posteriorment ocupà el càrrec de conseller delegat del Fòrum de les Cultures Barcelona 2004, i des de desembre del 2004 és conseller delegat d'Universia.

Universia és una xarxa universitària constituïda actualment per mil setanta universitats iberoamericanes que promou la cooperació universitària, la informació i la col·laboració entre universitats i empreses, bàsicament a través d'Internet, amb el lema: «Universia, xarxa d'universitats, xarxa d'oportunitats».

Per la seva visió i coneixement del món universitari, li preguntem:

Com valoreu la reforma que fa uns anys vàreu impulsar a la UPC, per passar d'una estructura basada en les càtedres a l'actual estructura departamental?

El pas de l'estructura universitària amb càtedres a una estructura amb departaments es va produir quan en Gabriel Ferraté n'era el rector i jo n'era el vicerector, i va ser ell qui va encarregar-me específicament aquest tema. Es tractava de transformar l'estructura universitària tal com la nova llei, la LRU, preveia, en una nova estructura basada en departaments. Jo crec que és una estructura bastant més moderna i adequada al que s'espera d'una universitat: que es faci un ensenyament capaç d'adaptar-se a les necessitats canviants d'una societat com l'actual, i sobretot es tracta de donar importància a la recerca, que és molt més difícil de fer amb una estructura com l'anterior.

Crec que després dels anys que han passat, les expectatives que l'estructura departamental generava entre els que hi creiem, dins de la universitat, es pot dir que s'han confirmat. Això no vol dir que tots els departaments tinguin una producció científica extraordinària, però sí que n'hi ha uns quants, suficients, que han destacat, o estant destacant, per la qual cosa crec que es justifica perfectament aquella transformació que en aquells moments es va fer.

A més a més, hi ha molts altres valors que es podrien assenyalar com a positius, com el fet de la incorporació de les escoles universitàries a la universitat i als seus ensenyaments. Amb l'estructura departamental crec que es va facilitar que els professors que estaven vinculats a aquests ensenyaments de primer cicle poguessin fer una carrera vinculada a la recerca. El fet de poder fer una tesi doctoral va facilitar molt l'estructura departamental.

Des del meu punt de vista, això ja són fites prou importants per a la universitat.

Actualment les universitats estan afrontant la reforma en l'estructura dels seus ensenyaments,

és el que s'anomena *procés de Bolonya*, i és motiu de certa controvèrsia. Com ho valoreu?

Jo crec que aquest procés, que s'anomena *procés de Bolonya*, és un canvi absolutament necessari per a les universitats des de molts punts de vista. Des del punt de vista d'un país o d'una regió determinada, el procés impulsa una major aproximació del món universitari en el seu entorn immediat i permet posar el coneixement i la recerca en relació amb la societat o amb els elements productius. I això és prou important. Però hi ha un altre element que, des del meu punt de vista, és més important que aquest i que crec que és el que va promoure el naixement del procés de Bolonya i va ser-ne la causa, i és el fet d'intentar fer un procés en què les universitats europees projectin una imatge de conjunt, amb una certa coherència.

Crec que en el món globalitzat al qual anem, que ja és un fet, Europa o bé fa aquest procés, i el conjunt de les universitats europees es projecta al món amb una certa imatge de coherència, o bé ha d'acceptar ser finalment absolutament residual en el món global. Perquè amb els nous actors, no podem esperar que els països europeus aïllats i les universitats europees individualment tinguin un reconeixement adequat. Perquè simplement, des de qualsevol ciutat important de l'Índia o de la Xina o de l'Orient llunyà asiàtic, qualsevol ciutat europea, i gairebé diria que qualsevol país europeu, és un desconegut. I l'única manera de poder tenir un cert reconeixement i d'obtenir una certa presència és a còpia de projectar-se com a conjunt. I això és important, perquè la internacionalització dels estudis universitaris i de la recerca és un fet, i en aquest procés d'internacionalització es produeixen, i es produiran cada vegada més, fluxos de tot tipus, d'estudiants, de professors, de projectes, de capital, que es potenciaran gràcies precisament al coneixement mutu i reconeixement de què es disposi. I, per tant, el fet de no ser conegut comporta a mitjà termini desaparèixer.

Dins d'aquest procés actualment en curs, quins problemes d'implantació hi veieu?

Per mi, el problema que jo destacaria més del procés de Bolonya, tal com s'està portant en els nostres entorns, radica en la seva lentitud. Jo crec que simplement les universitats no gaudeixen de suficient marge de llibertat per poder actualitzar les seves propostes acadèmiques amb una dinàmica prou acusada. Inclús em consta que hi ha qui intenta aprofitar el procés de Bolonya, no per fer propostes de futur, sinó per intentar tornar a propostes del passat, cosa que em sembla una pèrdua d'una oportunitat magnífica per fer quelcom que millori la situació actual.

Alguns col·lectius d'alumnes han dit moltes vegades que, dins del procés de Bolonya, el cost previst en les matrícules dels màsters significa la privatització de les universitats públiques, com ho veieu?

Jo crec que confondre la gratuïtat d'un servei amb el fet que aquest servei sigui públic és pura demagògia.

Hi ha molts serveis públics que es paguen, encara que tinguin en molts casos una subvenció, i n'hi ha sense subvenció. Segurament hi ha més serveis públics que demanen una aportació de l'usuari, encara que tinguin una subvenció, que no pas que siguin absolutament gratuïts. I això ha demostrat en molts casos que millora l'eficiència del servei. És a dir, que l'usuari participi a cobrir una part dels costos, en general, redueix en una major eficàcia i eficiència del servei.

Em penso que en el cas de l'educació superior, que no és obligatòria, recordem-ho, això podria ser així. Per tant, em sembla una real demagògia dir que cobrar per un màster, i que no sigui completament gratuït, sigui privatitzar un servei com el de l'educació.

Una altra cosa és que s'hagi de fer, i que sigui raonable de fer, una política social adequada, per tal que, en els casos en què la gent ho necessiti, hi hagi una major aportació de l'Estat, és a dir, hi hagi una política de beques adequada. I em sembla que és més progressista, en el sentit que, si es fa el contrari, passa el que està passant actualment, que és que el cost dels estudis universitaris, si se'n fa una anàlisi detallada, acaba recaient sobre les classes que menys en gaudeixen, perquè finalment es paguen a través dels impostos, que els paga tothom. Com que els que estan realment anant a la universitat i acaben traient-se les titulacions continuen essent majoritàriament la gent que prové de les classes més afavorides de la societat, la manera de resoldre-ho no és fer-ho gratuït, perquè això no hi ha cap estat que ho pugui suportar, sinó fent una política de beques adequada, que pugui discriminar aquells que les necessiten d'aquells que no les necessiten.

Com valora la inclusió en els plans d'estudi dels anomenats *crèdits de lliure elecció*, que corresponen als ensenyaments no estrictament relacionats amb els estudis específics de la carrera que l'alumne cursa?

Jo crec que els ensenyaments que es reserven amb el que es denomina *crèdits de lliure elecció* són tan importants que haurien de formar part del currículum d'una forma obligatòria, encara que no dirigida. És a dir, no em sembla adequat que temes com els culturals, els valors ètics o la sensibilització ambiental, entre d'altres, es deixin en crèdits de lliure elecció. Crec que són uns temes que haurien d'estar incorporats de forma organitzada en el currículum i no deixar-ho a una lliure elecció, que és d'alguna manera un complement que l'estudiant adequa als seus valors o a les seves conèxions o desitjos d'especialització. Jo ho veig així.

Jo crec que les universitats tècniques han de fer una reflexió sobre quins són els continguts exigibles als tècnics que formen, i els elements com ara: la sensibilització ambiental, els valors culturals, les capacitats de comunicació, etc., són absolutament imprescindibles per a tots, i per tant han d'estar organitzats i posats en els currículums d'una forma pensada i organitzada.

En canvi el que s'anomenen *crèdits de lliure elecció*, que em sembla molt bé que n'hi hagi, i que els estudiants els puguin triar, han de ser els que els permetin fer una especia-

lització, o bé fer un canvi d'orientació, o donar un enfocament més personalitzat de la carrera que vulguin fer. Però en cap cas em sembla adequat que coses tan importants, com les coses de què estem parlant, es deixin de manera que es puguin comparar amb matèries, que també puguin ser importants per a un estudiant determinat, però que no són exigibles a tothom.

Jo crec que aquests elements de què estem parlant, actualment són exigibles a tothom, i per tant han de formar part del currículum organitzat i han de fer-se amb la màxima eficiència i eficàcia.

Sobre l'aspecte de la sensibilització ambiental que heu considerat important introduir en els diferents estudis universitaris, considereu que això pot ajudar que els dissenys fets des d'aquesta òptica de les grans infraestructures que el desenvolupament de tot país necessita facin que aquests projectes esdevinguin més respectuosos i produeixin un menor rebuig social?

Aquesta sensibilització ambiental, que sovint genera un rebuig per part de les grans infraestructures, que per altra banda són absolutament necessàries per al progrés del país, i per tant de les quals no es pot prescindir, és fruit d'una maduresa i d'un Estat del benestar del qual afortunadament gaudim, i que hem de preservar. Per tant, hem de prendre consciència que els nivells d'exigència sobre projectes d'infraestructures han de canviar. I hem d'acceptar que ara han de tenir uns condicionants que fa uns anys no tenien. D'una banda això pot comportar criteris diferents, probablement canvis de costos, que han d'assumir les institucions que promouen aquestes infraestructures, i han de ser capaces d'assumir-ho i considerar-ho a les bases del propi concurs. I d'altra banda els tècnics, que han de ser capaços de considerar aquests condicionants i de donar-hi resposta, han de donar solucions adequades. I és evident que sense una sensibilització adequada no ho podran fer, perquè poden donar solucions no adequades als temps en què vivim.

Actualment hi ha molts estudis que posen de manifest una creixent manca de tècnics qualificats i per altra part es constata un menor interès dels estudiants per cursar enginyeries, com veieu aquesta qüestió?

Aquest és un fenomen que és nou al nostre país, que ens ve d'Europa i ens ve de l'Europa del nord, on fa anys que aquest procés va començar, i que encara no s'ha aturat. La disminució de les vocacions científicotècniques és una realitat, que aquí ha començat recentment, que representa evidentment un problema.

Les causes, segurament, són moltes. Al nostre país aquest fenomen s'ha produït amb retard respecte d'altres països d'Europa, perquè sortíem d'una situació d'un cert privilegi d'aquests estudis científicotècnics, ja que hi havia

una percepció social que eren uns estudis molt reconeguts, que donaven un cert prestigi social i una certa garantia de futur.

La seva transcendència possiblement comporta un fenomen que ja ha començat, i que fa que les empreses que necessiten aquests titulats i que no els troben, els hagin d'anar a buscar a fora, i això no es pot pas parar, estic convençut que encara anirà a més.

I pot provocar també que altres empreses decideixin no anar a buscar aquests titulats a fora, sinó que portin l'empresa a fora? No pot provocar també més deslocalització? És clar! També pot passar.

El que passa és que hi ha altres factors que cal considerar per produir la deslocalització, a part que hi hagi o no hi hagi tècnics. Hi ha altres factors que cal considerar.

Crec que la deslocalització d'empreses és una realitat al marge de si falten o no falten tècnics, i potser hi ha altres factors que són més importants.

Creieu que cal prendre algunes mesures per evitar o compensar la manca de titulats en les especialitats científicotècniques?

Jo crec que mesures per redreçar aquesta situació n'han de prendre necessàriament dos actors. Un actor són les universitats i els centres que imparteixen aquests ensenyaments científicotècnics, per tant, en particular les universitats politècniques. I han de fer el que poden fer, que és anar a buscar els estudiants allà on n'hi hagi. Si no hi ha estudiants en el seu entorn immediat, els poden anar a buscar a fora, on sovint sí que hi ha estudiants que volen fer aquests estudis i que als seus països d'origen no tenen les mateixes facilitats o el nivell de qualitat que tenen no és el que sortosament des d'aquí se'ls pot oferir. Una altra mesura és fer-ne promoció en els centres d'ensenyament primari i secundari, cosa que em consta que ja s'està fent. Però sempre s'hi poden dedicar més esforços.

Per altra banda, l'altre actor són les administracions que tenen cura, o han de tenir-ne cura, de tirar endavant el país. Han de prendre consciència d'aquest problema, i ajudar les institucions a resoldre'l, amb polítiques de captació d'estudiants, o de motivació dels nostres.

Pels vostres coneixements sobre les universitats llatinoamericanes que des d'Universia heu obtingut, com veieu aquest altre entorn universitari?

L'ambient universitari a Llatinoamèrica és molt diferent del d'Espanya. I la dinàmica pròpia d'aquests països és molt diferent de l'europea. A la universitat europea hi ha un cert sentiment de projectar-se com un conjunt, però hem de reconèixer que la dinàmica del procés de Bolonya és una dinàmica a la qual les universitats s'han sumat, però en definitiva qui l'ha impulsat ha estat l'Administració.

A Llatinoamèrica aquest procés de creació d'una unitat supranacional no existeix, i per tant no hi ha qui agafi la

batuta de dirigir un procés de concentració com el que vivim a Europa. Però per altra banda, i en un sentit completament diferent, a Llatinoamèrica es produeix un fet que a Europa ha desaparegut, i és que la pressió demogràfica sobre els sistemes universitaris és extraordinària. Per tant, aquí a Europa les universitats no viuen sota la pressió que allà es produeix.

Allà, a Llatinoamèrica, hi ha molts països en què el percentatge de la població amb estudis universitaris encara és petit, tot i que va creixent, i que va creixent molt, ja que la gent té ganes que creixi a un ritme que les institucions d'educació superior no poden cobrir, i, per tant, això genera una pressió extraordinària amb iniciatives noves, nous centres que neixen cada any, o d'altres que desapareixen perquè no són capaços de respondre als reptes i a les demandes que la societat genera. Alguns que ho encerten creixen molt ràpidament i els costa adaptar-se als nivells de creixement que se'ls demana. Tot això, en definitiva, és conseqüència d'aquesta pressió demogràfica, que impulsa el sistema i provoca canvis a un ritme força més accelerat que els que veiem a Europa. Allà són canvis més naturals, produïts per les mateixes institucions, no tan pautats per les administracions, com en el cas europeu, però són canvis reals dels centres, de les institucions i de les universitats.

Des d'Europa no es té aquesta visió, cal anar-hi i cal veure-ho per comprendre-ho; jo ho veig així, crec que és un fet diferencial molt important i significatiu, que marca la dinàmica de les institucions superiors d'educació de Llatinoamèrica.

Per acabar, quins són actualment els vostres reptes a Universia?

En aquests moments estic professionalment a Universia i m'hi sento molt feliç i satisfet, i els reptes vinculats a

aquesta institució són essencialment aconseguir millorar el nivell de servei que donem a les universitats i ampliar-lo. Tenim un pla a tres anys, que finalitza el 2010, en el qual preveiem incorporar universitats de països on actualment no hi som presents, i per tant volem arribar al 2010 cobrint tota la comunitat iberoamericana de nacions, que són vint-i-dos països. En aquest moment som presents a onze països, just la meitat, encara que des del punt de vista de la població o dels sistemes universitaris, estem cobrint el 85 % del total. Pretenem donar també servei a aquest 15 % que ens manca, i volem fer-ho mantenint i impulsant quatre línies estratègiques que consisteixen: primer, a acompanyar les universitats en els seus projectes docents i de recerca. Segon, a acompanyar-los també amb un servei que fomenti les relacions entre universitat i empresa, i en particular el tema d'afavorir que els estudiants que surten de la universitat trobin feina, i també ajudar els estudiants que estan estudiant, que també volen fer pràctiques en empreses. Una tercera línia s'orienta a ajudar els responsables universitaris en les seves reflexions sobre el futur de la universitat i de la dinàmica del món universitari de cada país, i globalment. I finalment una quarta línia que té a veure amb el que tradicionalment se n'ha dit *extensió universitària*: activitats culturals, oci responsable, esport, etc., organitzant i facilitant que ho puguin fer, tant en activitats presencials com en alguns casos formant comunitats a la xarxa d'Internet, i, per tant, en comunitats virtuals.

Esperem que aquests reptes que us plantegeu, i perquè us coneixem no dubtem que ho aconsegiu, afectin també molt positivament el nostre propi entorn universitari. ■

ACTUALITAT

Actes organitzats per la Societat Catalana de Tecnologia

Amb l'objectiu d'augmentar la difusió i l'accessibilitat, tots els actes organitzats a la seu de l'Institut d'Estudis Catalans són retransmesos per Internet en temps real. Podeu gaudir de les conferències des de qualsevol lloc accedint a <http://sct.iec.cat>.

- Antoni GIRÓ, Ramon OLLÉ, Vladimir de SEMIR, Josep AMAT, Josep M. TERRICABRAS i Alícia CASALS. Debat: «Tecnologia i societat en el segle XXI». Institut d'Estudis Catalans, 30 d'octubre de 2006.
- Rogel H. RANGEL, president del Departament d'Enginyeria Mecànica i Aeroespacial, Escola d'Enginyers Henry Samueli, Universitat de Califòrnia a Irvine, EUA. Conferència: «Fluid mechanics of single-phase and particle-laden flows with applications in micro-devices». Institut d'Estudis Catalans, 20 de novembre de 2006.
- Enric FOSSAS COLET, director de l'Institut d'Organització i Control de Sistemes Industrials. Conferència: «Control no lineal de servosistemes hidràulics». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, 27 de novembre de 2006.
- 4t Seminari sobre Educació Tecnològica. Realitzat en col·laboració amb l'APTC i el Departament d'Educació i Universitats de la Generalitat de Catalunya. Institut d'Estudis Catalans, 1 i 2 de desembre de 2006.
- Josep AMAT i GIRBAU, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya. Conferència: «El què i el perquè dels robots humanoides». Institut d'Estudis Catalans, 13 de febrer de 2007.
- Manuel PAGÈS i PANADÈS, enginyer. Conferència: «Sobre la memòria. Evolució, cultura i tecnologia de la memòria». Institut d'Estudis Catalans, 1 de març de 2007.
- Víctor FUSES i NAVARRA, enginyer industrial del Departament d'Energia Elèctrica de la Universitat Politècnica de Catalunya. Conferència: «La trompa d'aigua. Recuperació al laboratori del principi funcional per a aplicacions de bombament al Tercer Món». Institut d'Estudis Catalans, 16 de maig de 2007.
- Martí ROSAS CASALS, enginyer industrial del Departament de Màquines i Motors Tèrmics de la Universitat Politècnica de Catalunya. Conferència: «El transport d'energia elèctrica, complexitat i apagades». Institut d'Estudis Catalans, 22 de juny de 2007.
- Eulàlia PLANAS i Elsa PASTOR, investigadores del Centre d'Estudis del Risc Tecnològic. Conferència: «La tecnologia aplicada a l'estudi del comportament dels incendis forestals». Institut d'Estudis Catalans, 27 de juny de 2007.
- Ramon AGUSTÍ, catedràtic de la Universitat Politècnica de Catalunya. Conferència: «Breu viatge pel món de les comunicacions mòbils: de la primera a la quarta generació». Institut d'Estudis Catalans, 25 d'octubre de 2007.
- José L. CASTILLO, Departament de Física Matemàtica i de Fluids de la Facultat de Ciències de la Universitat Nacional d'Educació a Distància (UNED) de Madrid. Conferència: «Aerosoles: dinámica, modelos, simulaciones numéricas y comparación con experimentos». Escola Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, 6 de novembre de 2007.
- José Antonio TORMERO, enginyer industrial, investigador a l'Institut Tèxtil de Terrassa. Conferència: «Aplicació d'un sistema de velocimetria per imatge de partícules (PIV) en un procés de filatura tèxtil». Universitat Politècnica de Catalunya, 12 de novembre de 2007.
- Marta NAVARRO EZQUERRA, de SIEMENS, SA, responsable del projecte d'automatització de la línia 9 del metro de Barcelona. Conferència: «La conducció automàtica a les línies de metro. Aplicació a la L9 de metro de Barcelona». Institut d'Estudis Catalans, 28 de novembre de 2007.
- Manuel MARTÍNEZ SÁNCHEZ, professor d'enginyeria aeroespacial al Massachusetts Institute of Technology (MIT), professor visitant de l'ETSEIAT, Terrassa. Conferència: «Motores para satélites: tecnologías avanzadas y tendencias de diseño». Institut d'Estudis Catalans, 22 de gener de 2008.
- Jordi TARTERA BARRABEIG, doctor enginyer industrial del Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la Universitat Politècnica de Catalu-

- nya. Conferència: «És un art la foneria. Escultures foses». Institut d'Estudis Catalans, 12 de març de 2008.
- Francesc CANO CASAS, enginyer industrial i membre del Grup de Recerca de Sistemes i Processos Tèxtils Mecànics de l'Institut d'Investigació Tèxtil i Cooperació Industrial de Terrassa INTEXTER. Conferència: «Obtenció de nanofibres per *electrospinning*: Descripció i variables del procés, aplicacions de les nanofibres i disseny/construcció d'una unitat prototip». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, 25 d'abril de 2008.
 - Ricardo BAEZA-YATES, vicepresident de Yahoo! Research a Europa i professor associat de la Universitat Pompeu Fabra. Conferència: «El poder de buscar». Institut d'Estudis Catalans, 15 de maig de 2008.
 - Ramón CONDE MUÑOZ, director de Màrqueting i Comunicació de TP Ferro. Conferència: «La alta velocidad sin fronteras». Institut d'Estudis Catalans, 10 de juny de 2008.
 - M. Pilar CASADO, de l'Institut de Física d'Altes Energies. Conferència: «Atlas: una eina per descobrir la física fonamental de l'univers mitjançant el Gran Col·lisionador d'Hadrons (LHC)». Institut d'Estudis Catalans, 3 de juliol de 2008.
 - Elsa PASTOR, Eulàlia PLANAS i Yolanda PÉREZ, investigadores del Centre d'Estudis del Risc Tecnològic. Conferència: «Recerca en incendis forestals: cremes experimentals a Austràlia i Nova Zelanda». Institut d'Estudis Catalans, 10 de juliol de 2008.
 - Mercè RAVENTÓS SANTAMARIA, catedràtica d'escola universitària en l'àrea de tecnologia dels aliments de la Universitat Politècnica de Catalunya. Conferència: «Tecnologies emergents per a la indústria alimentària». Institut d'Estudis Catalans, 29 de setembre de 2008.
 - Ramón BRAGÓS i BARDIA, enginyer de telecomunicació i professor del Departament d'Enginyeria Electrònica de l'ETSETB (UPC). Conferència: «Bioimpedància: Una eina per a l'estudi dels teixits biològics i la diagnòsi mèdica». Institut d'Estudis Catalans, 30 d'octubre de 2008.
 - Josep VEHÍ, director de l'Institut d'Informàtica i Aplicacions de la Universitat de Girona. Conferència: «El pàncrees artificial: Un enfocament tecnològic al tractament de la diabetis». Institut d'Estudis Catalans, 19 de novembre de 2008.
 - Joan PEDROLA i GARDE, enginyer químic. Conferència: «Mesura de cabal amb instruments de tipus tèrmic». Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya, 21 de novembre de 2008.
 - Ferran MARTRUS POMAR, delegat d'O&M d'Acciona Agua a Catalunya i Granada. Conferència: «L'osmosi inversa, la seva evolució i la seva aplicació en la gestió de la sequera a Catalunya». Institut d'Estudis Catalans, 24 de novembre de 2008.
 - Llorenç VALVERDE GARCIA, doctor en informàtica. Conferència: «Tecnologia, Internet i cohesió social». Campus de la Universitat de les Illes Balears, 4 de desembre de 2008.

- Jordi OJEDA RODRÍGUEZ i Francesc SOLÉ PARELLADA, doctors en enginyeria industrial. Conferència: «Tecnologia albirada a les col·leccions de ciència ficció de la postguerra». Institut d'Estudis Catalans, 27 de gener de 2009.
- Pere FORÈS i MALLEU, dissenyador industrial i director d'ICTINEU Submarins, SL. Conferència: «150 anys després: des de l'Ictíneo (1859) fins a l'Ictíneo 3, un submarí modern per a treballs científics». Institut d'Estudis Catalans, 26 de febrer de 2009.
- Ramón DORREGO, cap de desenvolupament de serveis de màrqueting d'atenció al client d'Airbus, i Héctor ASENSIO, director d'estratègia i cap d'anàlisi industrial i de prospecció de mercat d'atenció al client d'Airbus. Conferència: «El mercat de l'aviació comercial». Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa, 23 de març de 2009.
- Jordi ORTS, llicenciat en física i professor de tecnologia. Conferència: «Microcontroladors PICAXE: control programat a l'abast de tothom». Institut d'Estudis Catalans, 25 de març de 2009.

Convocatòria de premis

PREMI PER A ESTUDIANTS DE LA SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS



La SCT, dins el marc de premis per a estudiants de l'Institut d'Estudis Catalans, convoca anualment el premi instituït l'any 1969.

El premi està destinat a reconèixer un treball d'investigació, bibliogràfic o d'assaig sobre tecnologia. El treball ha d'ésser redactat en català i elaborat abans d'aquesta convocatòria. No es podran considerar treballs ja premiats anteriorment o subvencionats per l'Institut o una altra institució.

Termini d'entrega de la documentació: mes de desembre
Lliurament dels premis: mes d'abril

Per a més informació: <http://www.iec.cat>

PREMI FUNDACIÓ TORRENS-IBERN

FUNDACIÓ TORRENS-IBERN
tècnica i ciència en català

Premi instituït el 1977. Enguany es convoca per setzena vegada. És ofert al millor treball original sobre terminologia científicotècnica de l'àmbit de les enginyeries, l'arquitectura, la física, la química, la biotecnologia, les matemàtiques i les ciències ambientals.

Es valorarà el tractament dels problemes de traducció, classificació i documentació.

La ponència serà formada per tres membres: dos de designats per l'Institut d'Estudis Catalans (un a proposta de la Secció de Ciències i Tecnologia i un altre a proposta de la Secció Filològica) i un de designat per la Fundació Torrens-Ibern.

La dotació del premi, que aporta la Fundació Torrens-Ibern, és de 3.000 euros.

Termini d'entrega de la documentació: mes de desembre
Lliurament dels premis: mes d'abril

Per a més informació: <http://www.iec.cat> i <http://www.torrens-ibern.cat>

**PREMI UPC DE CIÈNCIA I TECNOLOGIA
PER A ESTUDIANTS DE BATXILLERAT**

La Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) convoca anualment el Premi UPC per a treballs de recerca de batxillerat en l'àmbit de l'arquitectura, la ciència i la tecnologia sostenibles, adreçat a l'alumnat de segon de batxillerat de Catalunya, de les modalitats de tecnologia o ciències de la naturalesa i la salut. El premi pretén fomentar l'interès de l'alumnat de batxillerat per aquestes àrees de coneixement i pel valor de la sostenibilitat, aplicat a la concepció i al desenvolupament dels seus treballs de recerca.

Els treballs de recerca que es presentin han de tractar temes o aspectes relacionats amb els coneixements i estudis propis de la Universitat Politècnica de Catalunya, com ara l'arquitectura, la ciència o la tecnologia, i incorporar criteris de sostenibilitat. Com a novetat, es poden presentar treballs tutoritzats per professorat o estudiantat d'algun dels centres docents de la UPC.

Premis:

S'atorgarà un primer premi al millor treball, dotat amb un ordinador personal portàtil i una beca per al primer any en estudis oficials de la UPC. La tutoria del treball es premiarà amb un ordinador personal i el centre d'ensenyament se-

cundari, amb un canó de projecció. El treball finalista es beneficiarà també d'una beca de gratuïtat, i la tutoria del treball es premiarà amb una agenda electrònica i el centre d'ensenyament secundari, amb un canó de projecció.

També s'atorgarà un primer premi al millor treball tutoritzat per professorat o estudiantat d'algun centre docent de la UPC, dotat amb un ordinador personal portàtil i amb una beca de gratuïtat. La tutoria del treball tant de batxillerat com de la UPC es premiarà amb una agenda electrònica.

Termini d'entrega de la documentació: mes de maig
Lliurament dels premis: mes de juny

Per a més informació: <http://www.upc.edu/premis/>

Guanyadors de la 9a edició (2008)

Júlia Carreras Marín, de l'IES Maragall de Barcelona, és la guanyadora del 9è Premi UPC pel seu treball *Escenaris possibles del canvi climàtic. Simulació de la línia costera catalana*. Els treballs *L'institut eficient*, de Joan Lluc Piña, i *LED: Font de llum, estalvi d'energia i respecte pel medi ambient*, de Josep Serrat, també han estat guardonats.

PREMI DAVYD LUQUE

Aquest premi és obert als treballs i projectes que aportin idees innovadores o millores tecnològiques als serveis TIC que ofereix o pot oferir la Universitat Politècnica de Catalunya, així com un estalvi de costos i un increment de la seguretat, i que promoguin el programari lliure, les tecnologies multimèdia, la ubicuïtat dels clients, l'accessibilitat dels serveis, la pluridisciplinarietat i la sostenibilitat.

Poden optar al premi totes les persones físiques que pertanyin a la comunitat UPC: alumnat, personal docent i investigador, personal d'administració i serveis, etc. Poden presentar-se equips algun membre dels quals formi part dels col·lectius mencionats anteriorment.

El premi es compon de material informàtic valorat en 4.000 euros per al treball guanyador, i en 2.000 euros per al finalista.

Termini d'entrega de la documentació: abril de 2010
Lliurament dels premis: desembre de 2010

Per a més informació: <http://www.upc.edu/premis/>

PREMI DURAN FARELL D'INVESTIGACIÓ TECNOLÒGICA



El Premi Duran Farell del Consell Social de la Universitat Politècnica de Catalunya té com a finalitat incentivar l'excel·lència investigadora, mitjançant el reconeixement de la qualitat d'un treball de recerca dut a terme en el camp de la tecnologia durant els darrers tres anys. El premi té una periodicitat biennal.

Les candidatures han de correspondre a investigadors o investigadores o grups d'investigació que hagin dut a terme el treball de recerca a Espanya.

L'import del premi, que no es pot dividir, és de 60.000 euros. Si es premia un equip, el premi es concreta en l'investigador o investigadora principal i s'esmenta la resta de membres del grup.

Termini d'entrega de la documentació: març de 2010

Lliurament dels premis: juliol de 2010

Per a més informació: <http://www.upc.edu/premis/>

PREMIS DE LA FUNDACIÓ EPSON

La Fundació Epson - Institut de Tecnoètica es va crear l'any 1998 amb la finalitat d'unir desenvolupament tecnològic i valors ètics. Entre altres activitats, la Fundació Epson convoca anualment els tres premis que es detallen a continuació:

Premis José Cantero



Els premis José Cantero es concediran als treballs realitzats per alumnes entre setze i vint-i-tres anys que cursin batxillerat o cicles formatius de grau superior. Els treballs podran ser individuals o d'un màxim de tres autors. El premi també reconeixerà la tasca dels tutors i el suport del centre en la realització del treball.

Poden ser de tipus pràctic, experimental o d'investigació. Poden correspondre a qualsevol àmbit de la tecnologia o bé consistir en una reflexió sobre el seu impacte social. Hauran de ser inèdits i no premiats en altres concursos. S'hauran de presentar en català o castellà.

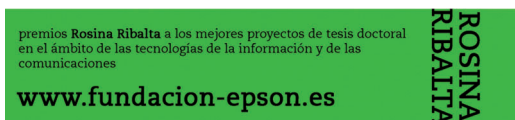
Es concediran cinc premis, cadascun dels quals consistirà en un lot de material informàtic valorat en 1.230 euros, distribuïts de la manera següent: 550 euros per a l'autor o autors del treball, 250 euros per al tutor o tutors del treball i 430 euros per al centre.

Termini d'entrega de la documentació: mes de maig

Notificació del jurat: mes de juny

Per a més informació: <http://www.fundacion-epson.es>

Premis Rosina Ribalta



Els premis Rosina Ribalta, de convocatòria anual, estan dirigits als millors projectes de tesis doctorals en l'àmbit de les tecnologies de la informació i de les comunicacions.

Es concedeixen dos premis, de 12.000 euros i 6.000 euros, respectivament, que estan adreçats a doctorands que encara no hagin llegit la tesi, de qualsevol universitat espanyola o portuguesa.

Termini d'entrega de la documentació: mes de febrer

Notificació del jurat: mes de juny

Per a més informació: <http://www.fundacion-epson.es>

CERTAMEN ARQUÍMEDES



El certamen universitari Arquímedes, convocat per la Direcció General d'Universitats del Ministeri d'Educació i Ciència, pretén fomentar l'esperit científic entre els estudiants de les universitats espanyoles.

L'objectiu d'aquest certamen és premiar els estudiants universitaris que hagin desenvolupat idees originals que contribueixin al desenvolupament de la investigació científica a la comunitat universitària espanyola.

Termini d'entrega de la documentació: mes d'agost

Per a més informació: <http://web.micinn.es>

PREMIS CIRIT



Des de l'any 1982, el Consell Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT) obre anualment convocatòria pública dels Premis CIRIT per fomentar l'esperit científic del jovent. Els premis tenen l'objectiu de fomentar la creativitat científica i l'esperit de recerca de l'alumnat d'ensenyament secundari de Catalunya.

Es premien setanta treballs de recerca d'alumnes de secundària i de cicles formatius, i els premis consisteixen en 750 euros per a cada treball. A més, també es premien deu centres de secundària amb 2.500 euros.

Termini d'entrega de la documentació: mes de juny

Per a més informació: http://www10.gencat.net/dursi/ca/re/premis_cirit.htm

PREMI ARGÓ



La Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) convoca des de l'any 2003 el Premi ARGÓ per a treballs de recerca de batxillerat, amb la finalitat de reconèixer l'esforç dels estu-

dians i d'incrementar els vincles amb els centres d'ensenyament secundari.

Es premiarà el millor treball de recerca de cadascun dels cinc àmbits establerts. Un d'aquests àmbits és el tecnològic. Els premis són:

— Primer premi: un ordinador portàtil per treball premiat i la matrícula gratuïta per cursar el primer curs a la UAB a tots els autors del treball.

— Segon premi: una càmera digital per treball premiat i la matrícula gratuïta per cursar el primer curs a la UAB a tots els autors del treball.

— Tercer premi: una càmera digital per treball premiat.

— Mencions: tres mencions honorífiques per a cada categoria.

A més, hi ha una menció especial per a un treball de l'àmbit tecnològic fet per una o més noies.

Termini d'entrega de la documentació: mes de juny

Notificació del jurat: mes de juliol

Per a més informació: <http://www.uab.cat/ice/argo>

III Congrés d'Enginyeria i Cultura Catalana a Palma

L'any 2000 tingué lloc a Manresa el I Congrés d'Enginyers de Llengua Catalana, organitzat per l'Associació Enginyeria i Cultura Catalana (EiCC) que va congrega més de tres-cents professionals, per debatre les relacions entre l'enginyeria i la sostenibilitat i entre l'enginyeria i la societat de la informació i el coneixement.

El 2004 tingué lloc a Andorra el II Congrés d'Enginyeria en Llengua Catalana, que va reunir també més de tres-cents professionals de diverses especialitats de l'enginyeria, per aprofundir interdisciplinàriament les relacions entre l'enginyeria i la globalització, i entre l'enginyeria i el desenvolupament territorial.

Quatre anys després, l'EiCC va convocar el III Congrés, que sota el lema «Tecnologia, territori i societat» tingué lloc del 4 al 6 de desembre de 2008 a Palma (Illes Balears), per debatre aspectes de l'enginyeria relacionats amb la tecnologia, el territori i la societat, amb temàtiques que es poden classificar com:

- Enginyeria i empresa
- Enginyeria i telecomunicacions
- Enginyeria i infraestructures
- Enginyeria informàtica
- Enginyeria aeronàutica i de l'espai
- Enginyeria biomèdica
- Enginyeria i seguretat

- Tecnologia, indústria i vertebració territorial
- Implantació d'infraestructures i l'entorn

