

32 Potser una de les manifestacions sociològicament més evidents d'aquesta temptació d'omnipotència la tenim, a la nostra societat occidental, en la situació de progressiu refús de la mort. Tota la nostra societat viu d'esquena a la mort, la dissimula, en vol prescindir (Ariès, Essais sur l'histoire de la mort en Occident, Paris, Seuil, 1975), fins al punt d'haver-la convertit an el gran tema tabú, obscè, indecent, dels nostres dies (Foucault, La volonté de savoir, Paris, Gallimard, 1976).

33 M'explicava un amic metge que va ser fa poc durant sis mesos a la India, treballant a un hospital, l'autèntic drama personal que per a ell representaren els seus primers contactes amb malalts que sentien la proximitat de la mort. El primer de tots fou un home gran, malalt d'una malaltia tècnicament guarible. A la primera visita li receptà uns medicaments. A la segona, una setmana més tard, el pacient seguia exactament igual. No havia pres nò un sol medicament. Exasperat, el metge intentava convèncer-lo de la necessitat de curar-se, de lluitar contra la malaltia. L'altre responia tan sols dient que ell ja havia fet el seu camí, que se n'anava, tot repetint una i altra vegada: "jo ja he casat els fills, jo ja he casat els fills..."

34 "En atorgar plena confiança a les potencialitats del progrés, l'home (occidental) ha procurat més que mai alliberar-se del terror de la mort. (...) La negació de la mort mercès a la promesa religiosa de la vida eterna ha estat substituïda per l'obsessió de retardar l'hora de la mort." (Bettelheim, Survival and Other Essays, p.19)

35 Exagerats fins a la caricatura i el grotesc, tenim prou recents i ben documentats els exemples paradigmàtics de les morts de Franco i Tito. Però tots podríem recordar d'altres exemples, menys públics, de persones més properes i més estimades.

36 I si per comptes d'aquesta lluita aferrissada - i condemnada al fracàs - contra la mort, que no és sinó una manera d'intentar amagar-la i negar-la - retardant-la - ens calgués reintroduir la mort a la nostra cultura?

37 Si Jacques Ellul (Le système technicien) té raó quan afirma que "l'elecció està ja feta a priori. L'home no pot optar per un altre camí, diferent del de la tecnologia: o bé intenta preservar la seva llibertat (...) i entra en competència amb un poder contra el qual no disposa de defensa eficaç i (...) serà derrotat; o bé decideix acceptar la necessitat tècnica, i aleshores vencerà, però quedarà irremediablement sotmès a l'esclavatge tècnic"; si Ellul té raó, la derrota és segura. I no queda altra solució que l'adopció d'una postura testimonial i ètica, consistent en la defensa d'una causa perduda. Javier Muguerza ho deia no fa gaire (a les Jornades de Filosofia de la Religió del Departament de Filosofia de la Universitat Autònoma, 1980): "Una possible postura ètica dels nostres dies fóra la de la defensa de causes perdudes: lluitar pel triomf del bé i l'erradicació del mal, tot i sabent que no ho aconseguirem, i sense tenir ni tan sols el consol de saber que tenim raó sinó únicament el d'estar defensant una causa èticament lloable." De tota manera, potser no és l'expressió "causa perduda" la més adient; tal vegada fóra més correcte parlar de utopia i de defensa d'una causa utòpica, en el sentit més noble de la paraula utopia; és a dir, entenent per utopia no allò que ni existeix, ni pot existir, ni existirà, sinó més aviat allò que no és però per a l'existència del qual val la pena lluitar, independentment de que sigui una fita assolible a curt termini o no.

38 En definitiva, en parlar de revolució tecnològica i de progrés, crec que cal tenir clar que no hi ha un progrés bo ~~xxx~~ ni un progrés dolent per se: tot depèn del perquè es faci servir, i de la intenció profunda que en condiciona la utilització.

39 Per això cal plantejar el problema moral; cal atrevir-se a exigir del científic que tingui permanentment pre-

sents les implicacions ètiques de la seva tasca.

7 40 Per això també, tan sols si el científic (home de saber) és simultàniament un savi (home de saviesa) esdevé possible que el progrés tècnic estigui al servei de l'home i de la qualitat de les seves relacions amb altri.

41 Es en aquest sentit que el científic ha d'ésser al mateix temps un mestre espiritual. I si el concepte de mestratge espiritual pot semblar tenir, per al científic occidental, unes connotacions excessives, i alienes a la seva tradició cultural, tampoc no hi hauria inconvenient a dir-ho en categories més properes a la saviesa d'Occident : la revolució tecnològica contribuirà a la construcció del futur de les nostres societats únicament en la mesura en què hom gosi emprendre-la, o reorientar-la, entonant al mateix temps el cant del Magnificat...

L'ESTADÍSTICA I LA TECNOLOGIA EN EL FUTUR DE CATALUNYA

EDUARDO BINET

Recordem que l'ampli camp de l'estadística matemàtica emergeix com una ciència amb característiques metodològiques pròpies de les darreries del segle XIX, després de la sedimentació de capes gruixudes de coneixements, que s'han format al llarg del temps, algunes en èpoques llunyanes i que apleguen pòsits procedents de temes i de disciplines molt diverses. Presentem-ne algunes que ens ajudaran a intuir la fondària d'aquestes formacions, sense, però, caure en la pretensió de fer una descripció històrica àmplia ni de capficar-nos pels temes importants que deixarem de banda i no seran ni al·ludides.

Des de molt antic, a Egipte, Pèrsia i Grècia per exemple, es confeccionaren censos com a recomptes amb finalitats militars i fiscals. El que ordenà Octavi August conduí a la conclusió que no s'havia d'expandir més el territori de l'Imperi. Entre els nostres fogatjaments medievals podem esmentar, a tall d'exemple, el que es realitzà en el regnat de Pere el Cerimoniós, i el Cens de Carles III és una referència obligada en la història d'Espanya. Els censos moderns, deslligats de llurs finalitats inicials i subjectes al secret estadístic individual, es realitzen, segons les definicions i les recomanacions de les Nacions Unides (1954), cada deu anys. A Espanya, al marge o al costat del cens, el Padró Municipal d'Habitants estableix la classificació veïnal i serveix de base al Cens Electoral.

Les assegurances de la marina mercant començaren a la mediterrània medieval, és a dir a la Corona d'Aragó i a Itàlia, a causa dels perills de la pirateria. Amb elles s'inicià un primer càlcul actuarial.

Grant estudià la mortalitat produïda per les epidèmies que colprien Anglaterra vers 1660 i emprà, amb aquest objecte, les butlles dels registres de defunció de les parròquies londinenques. Els seus treballs, juntament amb els de W.

Petty, originaren els corrents de la demografia moderna. Laplace i Gauss iniciaren i desenvoluparen vers 1800 la teoria dels errors, empesos pels seus treballs i mesures d'astronomia.

Durant la Revolució Francesa, l'Assemblea Constituent publicà un recompte estadístic dels recursos de França, preparat per Lavoisier i en 1800 es creà a París el Bureau de Statistique.

Recordem que en la primera meitat del segle XIX es difongué el nom d'estadística per referir-se als butlletins i a la informació sobre assumptes d'Estat, informació que no era ni necessàriament ni preponderantment numèrica, sinó que incloïa dades de tota mena, especialment d'ordre personal. La importància creixent que prengueren els resums numèrics, entre els quals figuraven especialment els relatius a la població i al fisc, provocà un desplaçament semàntic de manera que el terme "estadística" passà a designar les taules i quadres de dades numèriques. Aquesta acceptió es manté en l'actualitat i tècnicament correspon ara a una part de l'estadística descriptiva.

Fem especial esment de la formació de l'estadística teòrica com a ciència diferenciada, amb una nova metodologia pròpia que s'esdevingué, tal com hem indicat, en la segona meitat del segle XIX, contemporàniament al canvi semàntic esmentat:

L'acumulació i l'estudi d'un gran nombre de dades -especialment sobre la durada de vida en demografia i en el càlcul actuarial, i sobre la llargada de les fulles en botànica i la mesura d'altres caràcters biològics- menà a la conclusió que, si no es pot predeterminar el resultat individual, sí que s'observa una sorprenent estabilitat col·lectiva tant en les distribucions de freqüències com en les mitjanes i en d'altres valors.

La innovació fonamental -que quasi gosariem anomenar la revolució copernicana de l'estadística, malgrat que es tracta d'una innovació i no d'una revolució respecte a unes teories anteriors- consistí a considerar que aquestes peculiaritats són les mateixes que presenten els resultats obtinguts en repetir un gran nombre de vegades un joc d'atzar. Per tant l'explicació matemàtica ha de ser la mateixa i el moll de l'os, el nervi del raonament estadístic, és analitzar els resultats observats recurrent a una llei de probabilitat com a model matemàtic.

Així, un precedent necessari al naixement de l'estadística teòrica era la teoria de la probabilitat, que, iniciada sobre 1600 per Fermat, Pascal i d'altres matemàtics, havia donat, per indicar algunes fites, en 1713 la llei dels grans nombres o teorema de Bernouilli; abans de 1800 la llei normal o llei de Moivre, Laplace i Gauss; i en el segle XIX la llei de Poisson.

La idea fonamental d'interpretar les dades estadístiques amb referència a les lleis de probabilitat, per a la introducció de la qual no es pot assenyalar ni un autor ni un moment precís, té, entre d'altres precedents llunyans, l'aplicació de la llei normal a la teoria dels errors que ja hem esmentat. L'extensió d'aquest procediment a l'estudi de fenòmens molt diversos, fins a constituir una metodologia general, té una sèrie d'antecedents immediats -ens situem en aquest paràgraf en el segle XIX- entre els quals cal assenyalar la introducció de lleis de probabilitat en el càlcul actuarial per estudiar la durada de vida i de sobrevida a una certa edat i l'aplicació de la llei normal a fenòmens fisiològics com la llargada de les fulles, segons els estudis de Quetelet i Galton.

Fins a les darreries del segle XIX es pressuposà desèncertadament que la llei de Gauss regeix quasi tots els fenòmens i per aquesta raó se l'anomenà llei normal. A partir d'algunes observacions de Galton se sospità el malen-tès i en 1900 Karl Pearson, després d'haver obtingut la llei de χ^2 a partir de la normal, introduí el test de χ^2 ,

que permet de verificar, d'una manera empírica, emprant les dades observades, si un fenomen obeeix o no una llei de probabilitat determinada.

No caldrà fer gaires esforços per subratllar que aquesta aportació és una peça fonamental de la nova metodologia, ja que el recurs d'explicar els fenòmens per lleis de probabilitat esdevé verificable empíricament. Amb ella, l'estadística matemàtica adquireix, al costat de la solidesa dels raonaments matemàtics, la solidesa que dóna el recurs a la verificació empírica.

Diem que amb aquest plantejament es poden formular i verificar lleis no deterministes sinó probabilistes, com és el cas de les lleis de Mendel, que no ens diuen naturalment quants pèsols ens sortiran grocs i llisos sinó que estableixen la probabilitat d'aquest encreuament.

Diem també que amb aquest plantejament es poden estudiar relacions no deterministes entre variables, com és el cas de l'estudi de la llargada i l'amplada de les fulles, que es fa amb termes de correlació i de regressió.

Els fonaments de l'estadística teòrica, fets ja roca ferma, han permès de 1900 ençà un creixement extens i intens de noves teories, noves tècniques i noves aplicacions. Indiquem-ne algunes:

La teoria de la correlació i la regressió ha nascut en biologia; el disseny d'experiments en agricultura per avaluar l'efecte de les combinacions d'adobs i planters o sements; l'estudi de les sèries temporals en meteorologia i, sobretot, en economia, per la preocupació dels cicles econòmics, les crisis i els indicis de represa; els processos de Poisson i Erlang en l'anàlisi del tràfic de les centrals telefòniques amb la determinació del nombre de línies; la teoria de les components principals i els factors principals en psicologia per establir els factors de la intel·ligència; la teoria de les mostres i dels sondeigs en sociologia, per un ampli camp de temes entre els quals cal indicar les enquestes pre-electorals. El control seqüencial de Wald, obtingut durant la segona guerra mundial, i mantingut, com d'altres teoremes, sota la custòdia del secret militar fins a 1945, fou àmplia-

ment difós i adoptat a partir d'aquell any.

Els procesos de difusió, estudiats per P. Levy a la primera meitat del nostre segle, com a model teòric suggerit per la física dels gasos, segons la qual cada partícula rep constantment patacades d'altres i no manté cap direcció, han menat a l'estudi de la integral estocàstica, iniciat per N. Wiener (1945), i a les equacions diferencials estocàstiques. Aquestes teories permeten àmplies aplicacions i assumeixen molts de problemes originats en el guiatge d'elements, com els coets i els satèl.lits, subjectes a constants pertorbacions petites; en la regulació automàtica de reactors nuclears i en el filtratge de les pertorbacions o sorolls d'una línia telefònica o d'una pantalla de televisió.

Així la tecnologia i la física -i diem de passada que el principi d'indeterminació de Heisenberg és formulat en termes estadístics de variances- han aportat nous problemes i nous camps d'aplicació. L'estadística ha incorporat l'anàlisi dels gràfics o registres continus, com els de temperatures i els encefalogrames, que són produïts pels moderns instruments de mesura, des del termògraf fins als aparells electrònics més sofisticats.

En el caient pràctic cal indicar l'esforç, el canvi de mentalitat i el valor innovador que ha suposat la introducció de tècniques estadístiques a nous camps d'aplicació. La popularització dels mètodes de la teoria de mostres a la sociologia i a l'enquesta política, i dels sistemes de test per al control industrial són progressos assolits definitivament de 1945 ençà, que no s'han fet sense esmerçar-hi esforços i vèncer resistències. En el caient teòric cal recordar que la conjunció dels mètodes estadístics amb els mètodes i conceptes específics de les diverses ciències que ha donat lloc a una sèrie de teories o parts de les ciències que han pres noms propis, tal com la biometria, l'econometria, la psicometria, l'occiometria, l'epidemiologia, sense descuidar-nos d'una part important de la investigació operativa.

Cal encara que no ens descuidem de dir que les estadístiques nacionals, amb una concepció científica i amb una capacitat executiva prèvies, s'han vertebrat arreu, avançant en la difícil coordinació i coherència de les distintes tau

les numèriques, i enfortint els dos sistemes dorsals que són constituïts per les estadístiques demogràfiques i les estadístiques econòmiques. Aquestes darreres comporten els comptes nacionals amb les taules d'inputs i outputs i introduïdes per Leontiev, les rendes nacionals i els índexs de conjuntura que són la base per plantejar les polítiques econòmiques.

Per assenyalar els plantejaments matemàtics més importants de l'estadística podem considerar, de la χ^2 de Pearson (1900) ençà, dos grans períodes separats per la segona guerra mundial i podem destriar els principals fils conductors del desenvolupament:

El test de χ^2 es pot aplicar en mostres molt nombroses. En 1908 Gosset introduí, a partir de la normal, la llei coneguda amb el seu pseudònim de Student i més tard s'introduïren les lleis de Fisher. Es tracta d'instruments per analitzar mostres petites, amb la limitació, però, que aquestes han de procedir d'una llei normal.

En 1925 Fisher inicià la teoria de l'estimació de paràmetres i la teoria de la informació que una mostra conté sobre un paràmetre desconegut. Aquesta informació no s'ha de confondre amb la de Shanon, popularment més coneguda, que fou definida en 1945 per estudiar la capacitat de transmissió de senyals d'un canal informatiu.

En 1928 E. Pearson, fill de Karl Pearson, i Newmann iniciaren la teoria general dels tests d'hipòtesis.

Ambdues teories progressaren ràpidament de manera que en aquest primer gran període s'arribà a una base suficientment àmplia, que permet de tractar tot problema d'estadística teòrica com un problema d'estimació o de test. Les mostres grans de qualsevol llei de probabilitat es poden tractar per la χ^2 i les mostres petites, procedents de lleis normals, per la t de Student o la F de Fisher, tal com es fa en l'anàlisi de la variança.

Del segon període podem indicar el desenvolupament de la teoria dels controls o tests seqüencials; la formació de l'amp_{li} esquema de la teoria de la decisió, que inclou com a casos particulars la teoria de l'estimació i la teoria del test; el desplegament de l'estadística multivariant; el progrés de l'anàlisi discriminant; i, darrerament, la introducció de la teoria dels conjunts borrosos.

Al marge dels corrents generals indicats, esmentarem l'anàlisi estadística de les sèries temporals donades en registres i gràfics puntuals o continus.

La idea bàsica, formulada per Yule, fou la de considerar que els valors observats $x(t_1)$ i $x(t_2)$, d'una mateixa sèrie temporal en dos instants diferents t_1 i t_2 poden ser estudiats introduint com a model teòric una llei de probabilitat conjunta o en dues dimensions. Aquesta llei permet, en particular, d'establir el grau de relació entre els dos valors, mitjançant la correlació corresponent, la qual passa a dependre de les dues variables t_1 i t_2 i constitueix la funció d'autocorrelació.

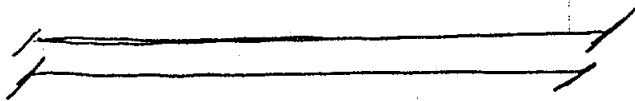
Amb aquesta metodologia, l'anàlisi de les sèries temporals es fonamenta en la teoria dels processos estocàstics, que estudia els fenòmens subjectes a lleis de probabilitat de del temps i que forma una branca forta i diferenciada de la teoria de la probabilitat.

Si d'una banda és cert que tot problema d'anàlisi de sèries temporals es reconduïx a un tema d'estimació, de test respecte a un procés estocàstic, per altra banda cal indicar que els resultats i les innovacions més importants radiquen en l'estudi dels processos estocàstics, sobre els qual esmentarem molt sucintament tres grups d'idees:

Els processos independents, o els d'increments independents, els processos de Markov i la funció d'autocorrelació d'un procés són conceptes que es vinculen a les distintes formes d'influència o d'informació del passat sobre el present i el futur.

L'estabilitat estadística, entesa com la invariància de les lleis de probabilitat a través del temps, mena al concepte dels processos estacionaris. Segons el teorema de Bochner la funció d'autocorrelació d'un procés estacionari és generada per una distribució de masses, dita la distribució espectral. Així les correlacions i els espectres són dues formes d'anàlisi equivalents; malgrat que els sistemes de càlculs segueixin camins molt diferents. Ambdós mètodes s'han imposat en l'estudi de les sèries temporals, especialment les sèries econòmiques.

La teoria dels fenòmens deterministes regits per equacions diferencials s'ha perfeccionat introduint les possibles accions i influències externes que en forma de petits errors pertorben contínuament el sistema i s'ha passat a l'estudi de les equacions diferencials estocàstiques, amb la integral estocàstica i els processos de difusió o de moviment brownià.



La descripció d'aquest panorama general ens permet de plantejar-nos el desenvolupament que pot tenir o ha de tenir l'estadística a Catalunya en el nostre futur immediat. Hem de procurar intuir els camins apassionants que se'ns obren, els reptes forts que se'ns faran, el vigor i el rigor dels esforços que hem de fer i les responsabilitats històriques que col·lectivament hem d'assumir.

Penyim-nos però, al tema de la tecnologia, i encarem-lo destriant sentits complementaris: el de l'estadística com a suport de la tecnologia i el de la tecnologia com a suport de l'estadística.

L'estadística com a suport de la tecnologia

Indiquem d'entrada dues idees generals: la producció massiva fa necessari el recurs als mètodes estadístics de les mostres i, d'altra banda, la producció en sèrie fa que les característiques dels elements produïts obeeixin generalment a lleis de probabilitat.

Així si hem de comprar un lot molt nombrós de peces, que poden ser bones o defectuoses, recorrerem a les mostres i el control seqüencial. Les característiques mecàniques, elèctriques o químiques dels elements que fabriquem, malgrat totes les precaucions, presentaran petites diferències que es poden estudiar per lleis de probabilitat i que en molts casos seran lleis normals.

Els mètodes estadístics s'apliquen amb èxit a l'estudi d'una fabricació en sèrie de les longituds d'unes peces mecàniques, de la durada d'unes vàlvules elèctriques, la càrrega de ruptura d'uns cables, les característiques físiques, com la tensió i la torsió, d'uns filats, la relació entre les propietats físiques i el percentatge de carbon d'una *l'assaig* la durada d'unes peces d'automòbil, la resistència d'uns pilars de formigó i tants d'altres.

Al costat dels controls de la recepció, del procés de fabricació i dels productes acabats, l'estadística ens ajuda en els sistemes d'organització, a través de l'estudi del nombre de panes d'una màquina, el temps que transcorre entre una pana i la següent, la durada de les operacions per adobar una màquina, el nombre de trucades en una central telefònica i d'altres.

Una tercera idea que cal indicar és que un refinament en la qualitat comporta un refinament dels mètodes estadístics emprats. Un exemple molt senzill ens precisarà l'abast d'aquesta idea:

Una balança de braços ens dona el pes d'un producte. Però en un laboratori, amb una balança de braços molt precisa, un mateix cos es pesat diverses vegades i cada cop s'obtenen valors diferents. La física s'ha d'ocupar de la llei dels errors i amb aquesta llei de probabilitat ha d'establir clarament el concepte d'error fortuït o aleatori i el concepte d'error sistemàtic. El fabricant de balances ha d'estudiar la llei de probabilitat de cada balança, que segurament serà una llei normal.

Així, una sèrie de constants físiques -en temes que abasten des d'una balança a una central nuclear, des de la mecànica a l'electrònica, des d'una màquina a un instrument de mesura- esdevenen paràmetres d'una llei de probabilitat, que s'han

d'estudiar per mètodes estadístics.

Indiquem finalment, encara que sigui reiteratiu, que la indústria moderna, en qüestions d'electrònica, de mecànica, de refineries de petroli, de transmissió telefònica o televisiva, planteja problemes de control automàtic, de guiatge, d'eliminació de pertorbacions, que requereixen el recurs a les equacions diferencials estocàstiques.

La tecnologia com a suport de l'estadística

Indiquem en primer lloc la tecnologia d'enregistrament i de transmissió de dades com un suport absolutament necessari per la creació de bancs de dades i la consulta des de diferents terminals.

Assenyalem que els bancs de dades entren ara en una fase de gran extensió que els converteix en instruments necessaris per al futur desenvolupament econòmic i tecnològic. Aquests bancs contenen fonamentalment informació tecnològica i científica, d'una banda, i estadística -econòmico-social, per l'altra.

La tecnologia de càlcul permet en aquest moment la introducció de programes estadístics que abans s'escapaven de les nostres possibilitats. Assenyalem que els mètodes de l'estadística multivariant d'una banda i l'anàlisi de sèries econòmiques per altra, tenen actualment una gran extensió pràctica, que és possible gràcies als ordinadors i programes desenvolupats aquests deu darrers anys. (1)

La tecnologia es completa amb la que permet extreure informació estadística de registres fotogràfics. La fotometria obtinguda des d'helicòpters i avions ha passat a un ampli desenvolupament dels registres obtinguts des dels satèl·lits artificials, que permeten estudiar des de la qualitat de les aigües marines i llur contaminació fins a evaluar els recursos forestals d'un país o preveure les collites. En aquests camps el progrés s'ha obtingut amb un desenvolupament tecnològic acompanyat d'un desenvolupament dels mètodes estadístics.

Així la interrelació entre els progressos tecnològics i els progressos de l'estadística matemàtica és tan forta que l'esquema ací adoptat de cada part com a suport de l'altra, és insuficient.

Indiquem per acabar que l'estenometria i l'estenobiometria, que amb un gran desplegament tecnològic fan mesures d'òrgans del cos humà, recorren als principis de la geometria integral que permet, per mètodes de probabilitats i mesures geomètriques, estudiar propietats d'un cos a través de les propietats d'algunes de les seves seccions. Molts anys abans del desenvolupament tecnològic actual, en la dècada dels trenta, Lluís Santaló contribuïa fortament en la formació de la teoria de les probabilitats geomètriques.

L'aprofitament dels principis de l'atzar en el mateix nervi del problema del càlcul ha menat la Universitat Politècnica de Barcelona a concebre l'ordinador estocàstic.

(1) vegeu paràgraf afegit, darrera plana.

(4) La tecnologia de la geoestadística, ~~amb~~ ordinadors que poden relacionar les dades estadístiques amb la posició geogràfica i preparar mapes, i adquireix ara una gran importància.

LA REVOLUCIÓ TECNOLÒGICA I EL FUTUR DE CATALUNYA

6

CATALUNYA DAVANT EL CANVI TECNOLÒGIC

Enric Ras

Membre de l'Institut d'Estudis Catalans

Finalitat del report	1
Ritme accelerat i imprevisibilitat de l'evolució tecnològica..	2
Interdependències i diferenciació dels problemes zonals	3
Punt d'inflexió: tecnologies en el canvi	4
Tecnologies apropiades	5
La tecnologia actual a Catalunya	6
Els pocs fruits en la innovació tecnològica espanyola. Recerca de desenvolupament	7
Algunes línies d'actuació per l'endegament del procés tecnolò- gic a Catalunya	8
Bibliografia	

CATALUNYA DAVANT EL CANVI TECNOLÒGIC

E. Ras (x)

La tecnologia ha condicionat la vida de la societat occidental.

El forçat canvi de capteniment de l'home occidental imposa el canvi tecnològic.

El canvi és realista i convenient per a la societat o no és adequat.

1. FINALITAT DEL REPORT

10 1 Ens hem de preguntar si pot tenir finalitat pràctica un report d'aquesta naturalesa.

10 2 D'antuvi aclarim que s'ha estat requerit per a elaborar un informe que serveixi per a detectar situacions i advertir conseqüències tot redactant-lo de forma que sigui útil per a la reflexió dels no especialistes en la matèria, amb un enfocament que sigui a la vegada d'anàlisi i de prospectiva des d'una visió catalana.

10 3 Breus reflexions ens faràn veure que el requeriment és oportú. Altra cosa és l'encert que es pugui tenir, sobretot en lluitar amb la limitació de l'extensió que se'ns imposa. Això, i el propòsit, obliguen a la concisió i a recórrer a esquemes i imatges nítides amb el risc del simplisme quan la característica del progrés fins ara ha estat la complexitat creixent, en part atribuïble al factor tecnològic.

2 4 En plena crisi de la cultura occidental, en bona mesura deguda a un procés tecnològic cancerós i a l'obligat canvi, notem que la majoria dels països entren en un túnel en el temps de negror generalitzada. És a dir, resulta difícil de preveure el resultat de la perseguida readaptació. Com mostra de l'època de transit que es travessa cons

(x) Durant trenta-quatre anys, l'autor ha estat en contacte permanent amb tècnics i amb la tecnologia d'un dels països més industrialitzats. N'ha vist importar amb èxit i sense ell, convenient i inadequada, ben i mal aplicada. Els temps passats foren relativament fàcils per als Tecnòlegs els de l'esdevenidor no admetràn tants errors.

tatem que cada augment de preu del petroli constitueix una davallada econòmica cada cop més angoixant per als països no productors (x), llevat d'alguns casos, i és d'aquests que cal prendre'n esment. En efecte, alguns països no productors superen, amb relativa facilitat, cadescuna d'aquelles batzegades. En són exemples Alemanya i el Japó (xx). Notem com repeteixen llurs "miracles econòmics". Això ens ha de fer reflexionar i aquest és l'objectiu pel qual hem estat requerits.

¶ Avancem algunes de les conclusions. Sols els racistes creuen en una superioritat natural que, se'ls ha de dir, en cap cas no ha estat manifesta al llarg de tota la història.

¶ En realitat, les dificultats de la postguerra i les actuals han trobat aquells pobles amb un saludable afany de superació. És característic dels cossos sans que creïn els propis anticossos. Després del 1714, a mitjan segle XVIII, Catalunya havia assolit un grau de desenvolupament que, llevat de la destacada Anglaterra, era equiparable als dels països capdavaners d'Europa. Si això fou, pot repetir-se. Per què no ens podem proposar d'enfrontar-nos amb el repte tecnològic?. Cal, però, superar la manca de fertilitat científico-tècnica que ha estigmatitzat Espanya, qüestió que ens ha de preocupar.

(x) Però la crisi del petroli no és altra cosa que l'aparença emergent d'un iceberg entre un arxipèlag d'altres que són a la vista: contaminacions, atur, treball i vida deshumanitzats. Catalunya, com altres pobles, té a la vista el problema de l'abastament d'aigua dolça.

(xx) També suren la Confederació Helvètica i els Països Baixos, i en circumstàncies més difícils, Israel que, en aspectes tecnològics, pot servir-nos d'exemple. La petitesa de Catalunya no pot ésser excusa, altres factors, certament, ens situen en inferioritat.

7 Si Espanya tant de temps ha viscut d'esquena a Europa, i pel seu tarannà europeitzant Catalunya ha estat mal compresa, els temps finalment han canviat. Certament, no ens podem recloure, hem d'influir i participar en la reordenació tecnològica d'Espanya, defugint tot escepticisme sobre l'assequibilitat del propòsit.

8 Observem que el pragmatisme català sovint és curt de vista, agreujat per l'individualisme. Per una tasca sense inacabables fregaments interns és indispensable aconseguir la confiança col·lectiva generalitzada. Això requereix informacions entenedores sobre els problemes tecnològics que s'enfronten. La innovació tecnològica de sempre ha provocat reaccions, sovint justificades. Una característica dels pobles cultes és interessar-se pel quefer col·lectiu, sense això no és possible l'obra sistemàtica i continuada. Cal contrabalançar la tendència disgregadora, fins i tot anarquitizant, del tarannà català.

9 La història mostra que la introducció de noves tecnologies ha trobat inèrcies. En el futur no serà altrament, la resistència podrà ésser major. S'ha de reconèixer que si la ciència i la tecnologia resolen problemes, també en creen d'altres, sovint imprevistos i greus. El prestigi de què gaudien la ciència i la tècnica està sofrint forts, per fonamentats, atacs. Però és generalment admès que la solució està en la reorientació tecnològica. És en concretar i en donar prioritats on apareixen dubtes i discrepàncies. Si hem de readquirir la il·lusió col·lectiva no podrà ésser altrament que mitjançant la informació.

10 El que s'ha dit dona resposta afirmativa a la qüestió que ens formulàvem en començar. Aquest report no pot ésser res més que un inici, o millor, una baula, de la cadena informativa que haurà de perseverar, bé que rectificat i renovant.

2. RITME ACCELERAT I IMPREVISIBILITAT DE L'EVOLUCIÓ TECNOLÒGICA

"Es prou conegut el ritme accelerat de la història, principalment promogut per la qualitat additiva del progrés tecnològic (x). Per a destacar el ritme del progrés tecnològic, es pot reproduir el que, ja el 1968, es digué a la "Conferència internationale sur les tendences de l'enseignement et de la formation des ingenieurs" (xx):

"L'acceleració del pas del descobriment científic de laboratori a l'aplicació industrial és igualment una característica del període contemporani. Si calgueren 112 anys per al pas del descobriment de la fotografia a l'aplicació, 56 anys per al telèfon i 35 anys per a la ràdio, només n'han calgut 14 per a la televisió, 6 per a l'aplicació de la tecnologia nuclear, 5 per al transistor i 3 per als circuits integrats".

// En anys ben pròxims, els països s'ufanaven amb llurs creixements de consums energètics de l'ordre del 4 al 7%, fins i tot del 11%. L'estabilitat social requeria gradients positius. La societat no estava preparada per a tolerar creixements nuls, ni tan sols positius baixos. Es tractava, però, d'un progrés regit pel mínim esforç amb mínim cost convencionalment calculat, creixement cancerós i malbaratador de recursos. Malgrat les contradiccions que comportava, era majoritari l'optimisme amb la creença en el progrés il·limitat, paulatí superador dels problemes de la humanitat.

(x) Altres facetes de la cultura no gaudeixen d'aquest atribut. Les grans civilitzacions asiàtiques restaren estancades malgrat llurs anticipacions.

(xx) En la CIEFI es parlà molt lúcidament en forces aspectes, és significatiu, però, que en tan notable conferència, organitzada per la UNESCO, no fou previst, amb claredat, el canvi brusc que es preparava. I això malgrat antics advertiments.

13 De la imprevisibilitat del progrés tecnològic també en donava consciència l'apreciació de la CIEFI:

"... les tecnologies moren, normalment, en 10 anys, i les què es coneixen com a tecnologies punta entre 5 i 3 anys: com a exemple, la meitat dels productes que les indústries de punta posaran en el mercat dins de 10 anys actualment són probablement desconeguts".

Veiem el mal ús que sovint s'ha fet de la tecnologia, però cal ésser conscient que el risc persisteix i no és fàcil evitar-lo. El ritme del progrés tecnològic no deixa temps per a l'experimentació d'efectes a llarg termini dels nous productes o tecnologies. S'ha vist quants productes farmacèutics, alimentaris, aerosols, hormones, entre d'altres, han estat proscriu'ts en certs països i no sempre al nostre. És recent l'acord del Consell d'Europa interdint l'abús de l'ordinador en registrar dades personals "sensibles" (l'article 18 de la jove Constitució espanyola té semblant finalitat). Les proves de laboratori no sempre aconsegueixen posar de manifest els efectes que amb el temps s'evidencien.

14 El progrés tecnològic és sensible als fets socials, polítics i econòmics, sovint sorprèn als propis creadors i ofereix sobtats punts de canvi (d'inflexió). Cal examinar el què es presenta en els primers anys dels setanta, per quin motiu, des de mitjan decenni es frena i s'acaba un cicle de ràpid creixement econòmic a l'Occident. Creixement la naturalesa del qual la nova generació blasma. A escala del que són aquests cicles, es tracta d'un canvi sobtat no previst.

15 El progrés tecnològic és imprevisible i no darwinia, ha d'ésser persistentment controlat.

3. INTERDEPENDÈNCIES I DIFERENCIACIÓ DELS PROBLEMES ZONALS.

17 Els antics avisos (x), mai ben escoltats, són represos pel Club de Roma i cal tractar-ne. El conegut com primer report (1972) (xx) fou colpidor bé que aviat s'evidencià decebador per simplista. Pocs anys després, el segon report (1974) (xxx) lúcidament passà del primer enfocament, generalitzant i uniformista, a la concepció localitzant i de globalització. Molt resumidament:

- 18 Un mateix tipus de problema no es presenta amb igual característiques ni en el mateix temps a totes les zones del món (xxxx).
- 19 Existeix una interdependència entre els problemes, de manera que una acció dirigida a resoldre o a temperar una desharmonia sovint té efectes imprevistos i, freqüentment, pertorbadors en altres aspectes. La solució tecnològica d'un problema en sol crear d'altres (complexitat creixent).

(x) Un dels més anticipats i reveladors el del Nobel de Medicina Alexis Carrel (en castellà, La incògnita del hombre, 1936)

(xx) The limits of growth, encàrrec de l'esmentat Club al Grup de Dinàmica de Sistemes del M.I.T. Noteu que precedí el començament dels dramàtics augments de preus del petroli, podent-se sospitar que hi influí.

(xxx) Mankind at the Turning Point. The second report to the Club of Rome.

(xxxx) Com ara l'energètic. Avui no es pot parlar de l'economia mundial sense distingir entre països productors i no productors de petroli, entre països occidentals, de l'est i del tercer món, etc.

20 Davant de la impossibilitat d'un examen aprofundit del segon report, anotem una recomanació bàsica: necessitat de l'anàlisi de situacions globals, resultants de la interacció entre subsistemes amb característiques heterogènies (efectes emergents diferents), alhora que estudi dels problemes zonals que, sotmesos a uniformis mes forçants, més creen tensions que no pas harmonitzen, Això suposa atenció i vigilància continuades, sobre cada subsistema, per experts en l'entorn socio-ecològic del cas, i coordinacions, amb renunciés a independències o autarquies, en benefici de globalitzacions indefugibles.

21 Els ents d'anàlisi zonals necessàriament han d'estar ben compenetrats amb el país corresponent. D'àmplia visió, no poden ésser entitats burocràtiques o tancadament tecnocràtiques, Hauran de constituir troncs amb arrelaments arreu i que arribin a tots els sectors, capaços de captar amb realisme.

22 Els precedents històrics han fet que l'estructura tecnològica de Catalunya sigui una part encastada en la de la resta d'Espanya, ben diferenciada pero amb una forta dependència, en ésser transformadora i expansiva. La reconversió ha de preveure l'entrada al M.C. (x). Queda clar que justament aquestes subordinacions fan urgent la constitució de l'observatori local, també que no es tracta de contraposar sino, justament, d'estructurar el sistema integrat que amb tanta claredat descriu el segon report del Club de Roma, amb la recomanació d'incrementar els estudis de les interaccions, fins ara tan descuidades. Solament els observatoris locals podran fer prognosis prou fiables.

23 Resumint, la cada cop més palesa necessitat de descentralització, que no ha d'ésser descoordinació sino la forma d'enfrentar-nos adequadament a la complexitat de les estructures modernes,

(x) Un punt que, amb major espai disponible, mereixeria més consideració, per les desiguals repercussions en l'agricultura i en la indústria, i consegüent alteració de les interrelacions amb la resta d'Espanya. L'esperada entrada està arribant amb la perspectiva d'una Europa en ràpid empobriment.

recomana tres nivells de vigilància, i promoció tecnològiques:

- zonal (micro)
- estatal (macro)
- supraestatal

24 Els ajustaments de les interaccions hauran d'ésser progressius i continuats. Tots els nivells hauran d'ésser sensibles a les accions ascendents i descendents. L'acompliment del que resta exposat no es correspon amb planificacions rígides, sinó flexibles, que s'hauran de traduir en polítiques estimulants, de promoció, recomanacions i assessoraments, recerques per a cobrir àrees tecnològiques adequades a l'entorn socio-econòmic corresponent, d'establiment d'infraestructures, etc.

25 El Consell de la Tecnologia catalana es configura amb:

- Estrets arrelaments amb l'entorn.
- Esperit de seguiment de la nova i canviant tecnologia que es preveu per al futur.
- Possibilitat d'enllaçar i d'intervenir en els ents estatals i superastatals de globalització.

4. PUNT D'INFLEXIÓ: TECNOLOGIES EN EL CANVI

26 Les queixes pel sistema de vida de la societat de consum (x) venen de lluny. Poc hi feren les extenses protestes estudiantils que més expressaven el que refusaven que no pas aportaven clares alternatives.

27 Als primers anys de la dècada del 70 sorgeixen fets que sí que forcen el canvi. El 1972 apareix l'esmentat primer report del Club de Roma que, bé que simplista, té la virtut de constituir un primer toc a sometent. Es l'avís, sorprenent per la majoria, del necessari canvi d'orientació de la tecnologia. Qui sap la participació que pogué tenir en el desvetllament dels països extractors del petroli. El fet és que des de l'any 1973 s'estableixen continuats i sobtats augments de preus d'aquest element, avui encara persistents. Però això no els és suficient, anuncien que no estan disposats a tolerar els ritmes d'augment de les extraccions que el món demana. Les economies dels països no extractors no assimilen variacions de preus tan freqüents: inflacions, disminucions de creixements, atur. Simplistament es podria pensar que l'actuació monopolística de l'OPEP es l'únic factor pertorbador important, però no és així. Seguint el fil d'aquesta exposició, necessàriament esquemàtica, cal fer esment d'un altre factor, i, notem-ho, de naturalesa ben tecnològica.

28 Informes de diversa procedència ens anuncien que la microelectrònica, duta per les regles, encara vigents, dels mínims costos convencionalment calculats, eliminarà un creixent percentatge de llocs de treball, en certs sectors en quanties superiors al 50%.

(x) Millor fora parlar de la societat tecnològica que no sols ha cobert certes necessitats sino que el consum ha estat empenyut pel propi engranatge de l'avenç tecnològic. Als efectes de l'exposició no es presenta l'altra cara, corresponent als efectes benefactors de la tecnologia, que són obvis i tan imprescindibles resulten per als països desenvolupats com per al tercer món.

29 No ens hauria de sorprendre, donada l'experiència que ja tenim, però l'efecte colpidor s'espera per^a la segona meitat del decenni que som. El problema no és doncs de rendiments, parteix del fet que l'Occident no està preparat per a fer front als efectes que això motiva: atur, centralització, concentració, major distància entre grans països desenvolupats i els petits en desenvolupament o els infradesenvolupats.

30 Els reptes presentats són significatius però no els únics que ofereix el decenni dels 80. És lògic preguntar-se com, amb l'avenç tecnològic i de concienciació humana, els problemes s'agreugen i es fan més apressants (x).

31 Després d'aquesta primera i superficial visió de dos distints problemes representatius, ens cal reconsiderar el primer, pel canvi tecnològic que s'imposa a la societat engullidora de petroli.

32 No és fàcil un gran estalvi de petroli, pel fet que, si és substituïble en la producció d'energia elèctrica (carbó, energia nuclear ...), aquest consum no és el més important. Les substitucions en els transports i en la indústria química impliquen canvis tecnològics que no estan preparats ni és possible improvisar. Bé es pot afirmar que la tecnologia actual està bastida sobre la base del reduït preu del petroli. I s'ha estat emprant amb tan baixos rendiments que en la millora d'aquests s'hi troba bona reserva de recursos. Això, però, també requereix importants canvis tecnològics.

(x) No es disposa d'espai per aquest examen. Es pot veure l'escrit de l'autor Progrès, societat, home. Reflexions sobre les universitats tècniques (Barcelona, 1979). Resumint:

La velocitat amb que ara ens envesteixen els problemes no és més que la mateixa velocitat, encara que de signe contrari, amb què la tecnologia progressa acceleradament vers l'encontre d'ells.

També s'ha de considerar que, fins ara, progrés i concienciació s'han traduït en augments de complexitat. La concienciació encara no ha fet veure prou que la complexitat creixent és inconvenient i que els perfeccionaments s'han de limitar per la simplicitat.

33 Amb el què s'ha vist és palès que l'actual desacceleració de les produccions en els països occidentals no comporta disminució generalitzada en la innovació tecnològica, ben el contrari, exigeix nous esforços i estableix urgències per tal d'aminorar tensions que estan arribant a límits perillosos. En aquesta ràpida visió queda molt per examinar.

34 Si en els països desenvolupats es va acceptant la idea de disminució del nivell de vida, cada cop s'és més exigent pel que fa a la qualitat. Això sol representa tan gran canvi tecnològic que els responsables, especialment en els països més necessitats, han de demanar terminis i realisme per tal d'escalonar les inversions amb prudència. Son comprensibles les impaciències en assolir descontaminacions, condicions més humanes d'habitatge i entorn, contacte amb la naturalesa, treball humanitzat, mitjans culturals mínims necessaris per a la salut. Adhuc, sabut que la solució d'alguns d'aquests problemes signifiquen estalvis posteriors, no és possible fer-los front simultàniament. Tot això es tradueix en propostes de noves o renovades tecnologies que, segons allò que principalment persegueixen, reben diferents noms: tecnologies de canvi, apropiades, suaus, alternatives, etc.

35 En tractar-se de la tecnologia referida a Catalunya, tot ha d'ésser concebut dins el quadre d'un país amb sectors d'avançada degradació i amb migrats recursos que s'han d'administrar en coordinació amb la resta d'Espanya. Especialment cal ésser conscients que està per iniciar el procés de preparació per a l'entrada al M.C. La transcendència econòmica, política i social d'aquest pas no es pot menystenir. Si per a l'agricultura els avantatges són, en general, prou clars, per a la indústria significa un considerable esforç d'adaptació. Cal que ens mentalitzem per al indefugible canvi.

5. TECNOLOGIES APROPIADES

56 La designació tecnologia apropiada (adequada) és relativament recent (x) però la necessitat n'estava pressentida. Encarades les primeres iniciatives als països en desenvolupament, persegueixen no sols la producció industrial, pels bens necessaris que aporta, també en consideren indispensable la distribució extenent-la a sectors els més amplis possibles de la població.

3) Repetidament, entitats competents (UNESCO, Club de Roma, etc..) venien advertint de les inconveniències dels transferiments de tecnologies d'uns a d'altres països sense fer-ne l'adequació. Aquesta idea es avui ben palesa. El juliol proppassat (1980), les agències difongueren la informació segons la qual la Xina post-Mao constata va que la introducció indiscriminada de tecnologia moderna, principalment adquirida als EUA, en certs cassos els oferia inconvenients donades les circumstàncies socials i econòmiques del país.

(x) Encara se'n discuteixen les definicions. En relació amb antecedents significatius vegi's Toward global action for appropriate technology (Oxford, 1979). El govern dels Països Baixos, amb la col·laboració del ILO (International Labour Office), el desembre del 1977 promogué una reunió d'experts, de representants de països en desenvolupament i desenvolupats, i d'organismes internacionals, per tal de definir i promoure la tecnologia apropiada. Ajit Balla del ILO reuneix en la publicació els treballs del "meeting" alhora que les propostes de realitzabilitat.

El novembre de 1978, l'Organització de les Nacions Unides per al Desenvolupament Industrial (ONUDI) organitzà, a Nova Delhi i Anand, un Forum Internacional de Tecnologia Industrial Apropiadada.

38 D'antuvi pensat pels països desenvolupats, es erroni creure que el concepte s'hi hagi de limitar. Diguem clarament que no es tracta de tecnologies necessàriament darreries o subvencionades, ja que si constitueixen feixuga càrrega pel país, no són apropiades. S'ha vist que foren els països desenvolupats els que originaren els grans processos industrials amb malbaratament d'energia i altres recursos naturals, costos dels quals les societats avui han d'enfrontar, ja que els que hi foren atribuïts estaven mal previstos (mínims costos convencionals). Els països desenvolupats no són els menys necessitats de les adequacions tecnològiques.

39 Està prou clar que la tecnologia és neutra, que es deixa manipular, el seu grau de bondat o avolesa en resulta de l'ús. Amb aquest plantejament, la valoració és sovint subjectiva pel fet d'ésser depenent de l'escala de valors de partença. Amb l'afany d'objectivar, encara es busquen les definicions per les tecnologies apropiades. El tecnòlec no deu judicar aïlladament. El que resulta palès és la inadequació de bona part de les tecnologies de les dècades del 60 i del 70, pel que la reacció és forçada i haurà d'ésser enèrgica pel fet d'arribar tard.

40 Pel seus orígens, el concepte de tecnologia apropiada s'ha associat molt amb la descentralització, amb quin recurs es preté resoldre diversos vicis de les concentracions industrials. Però tampoc s'ha de prendre com a postulat si per tecnologia apropiada s'ha d'entendre la adequada al sector de producció i al país amb circumstàncies concretes. Per tant, d'antuvi no es poden excloure produccions massificades. Ben entés, però, que en el cas de Catalunya és evident l'existència d'àrees urbanes massa denses i de comarques excessivament industrialitzades, amb inconvenients atraccions de mà d'obra, coexistint amb comarques en regressió i despoblament.

41 Cal afegir que sovint s'extremen posicions i, sense visió global i àdhuc sense informació, s'adopten actituds rígides. D'un clar problema d'harmonització, d'optimització en termes reals, se'n fan conflictes de cost elevat pel país. Moltes visions d'horitzó no són

adequades al moment. Si el cost global ha de preveure el futur, també s'ha de sospesar el cost que pot suportar la generació actual i resoldre fent país humanitzat i amb esdevenidor. L'encert a trobar la drecera de la tecnologia apropiada es qüestió de civisme, realisme i d'amor pel país. És la única manera de refer la Catalunya agradable i culta que ens hem de saber merèixer.

6. LA TECNOLOGIA ACTUAL A CATALUNYA

Pel bé d'Espanya,
Catalunya, desvetlla't

¶ Quan l'Occident comprèn que el millor ajut al tercer món passa per donar-li els mitjans per a facilitar-li el propi aixecament, la soferta Catalunya ha caigut en el neocolonialisme.

La ponència del Consell d'Àmbit Industrial del Congrés de Cultura Catalana resumeix:

¶ "La crisi dels trenta i el gran trasbals de la guerra civil canviaren, dràsticament, el panorama. L'economia catalana passa, en l'àmbit de l'Estat espanyol, de rectora a dirigida, de dominant a dominada".

¶ Catalunya es troba entre les vuit zones més industrialitzades d'Europa continental (x). Constatem, però, que, en el moment actual, les més importants empreses radicades a Catalunya tenen capitals amb importants participacions foranes, especialment estrangeres, sovint majoritàries, i fins i tot totals. Com ha pogut arribar a aquest punt un poble actiu tan amic de fer amb independència? En part deixant-se dominar, sovint ben innecessàriament, en el camp tecnològic. Però altres factors hi contribuïren.

¶ Acabada la guerra civil s'inicià l'etapa espanyola de l'autarquia, còpia de les exercides per Itàlia i Alemanya. Això comportà dirigisme, materialitzat amb el decret del 8 de setembre de 1939 que regulava la preceptiva autorització del Ministeri d'Indústria no sols per a l'establiment de noves plantes sinó també per a l'ampliació de les existents. Importants indústries, fins aleshores d'implantació a Catalunya, foren ampliades però obligatòriament amb establiment a Madrid. Significatives d'aquesta etapa foren les repetides aprova

(x) Baden-Würtemberg, Renània-Westfàlia, Llombardia, Baviera, París, Catalunya, Bèlgica, Nord d'Itàlia. Això s'ha de contrastar amb el relativament baix consum d'electricitat per habitant de Catalunya.

cions de noves indústries amb el condicionament "Industria autorizada fuera del ámbito de las provincias catalanas", és a dir sense ni sols distingir entre elles, evidenciant la intenció punitiva.

¶ Continua l'aïllament espanyol (exclusió del Plan Marshall) amb la fretura en disponibilitats de matèries primes i amb les discriminacions del Govern en les concessions de permisos d'importació.

¶ Aires respirables aportà l'etapa del Plan de Estabilización (1959) seguida de la relativa liberalització amb el decret (26 gener 1963) de "lliure" establiment d'indústries. N'és característic de l'etapa els condicionaments per a l'establiment de noves indústries (capacitats de produccions superiors a determinats mínims).

¶ Segueixen els Planes de Desarrollo amb la creació dels "polos de desarrollo" i les "acciones concertadas", igualment dirigistes.

¶ En línies generals ens trobem amb un llarg període caracteritzat per les baixes retribucions i els sobrants de mà d'obra de l'Espanya de la postguerra. L'atracció per part de Catalunya, i altres zones d'Espanya en procés d'industrialització, fou la conseqüència, alhora que l'emigració vers bona part de l'Europa industrial. Les divises procedents del turisme i dels emigrats, les inversions estrangeres, juntament amb les baixes retribucions en el país, promouen una fàcil expansió industrial, bé que no fortificada per les dificultats. Allò que més importava a l'empresa i a la banca era la immediata obtenció dels beneficis de l'expansió. Interessava la ràpida posada en servei dels processos de producció, sense entrebancs. La importació de la tecnologia fou la solució expeditiva (x) més generalitzada. Catalunya disposava d'una bona capa de pràctics i especialistes però hi havia fretura de personal tècnic experimentat (xx).

(x) No son rars el casos d'indústries catalanes que saberen prescindir de la tecnologia forana, incloent-hi casos de tecnologia de punta.

(xx) Les promocions de les Escoles tècniques foren insuficients i, malgrat la deficient preparació pràctica, encara avui mal crònic, els estudiants, eren extrets a mitja carrera. La intensa activitat dels més dotats ha fet que avui Catalunya pugui ja comptar amb un conjunt no sobrat però apreciable d'enginyers capacitats, conceptua**l**les de primer rengle europeu.

Jo Per facilitat, necessitat, o per imposició, la importació del know how sovint incloïa personal expert, titulat o no. Això comportava un encobert però efectiu control industrial, una notable influència addicional, vertader cavall de Troia.

§ 1 Cal assenyalar que, amb freqüència, la tecnologia importada era innecessària (fabricació de maquinària que, precedentment s'ha via estat fabricant a Catalunya sense llicències). Sovint un mateix tipus de producte era fabricat a Espanya, amb diferents llicències, per un nombre de fabricants superior al de França i d'Alemanya plegades (x).

§ 2 En certs casos, les importacions de tecnologia van acompanyades de la concessió de participació en la indústria. L'inici de penetració sovint es converteix en domini total, els processos són ben coneguts pels empresaris i tècnics que els han viscut.

§ 3 Catalunya endevé autònoma i es troba:

- En fase avançada d'industrialització quant a densitat, bé que amb elevat pes de tecnologies envellides (cicle temporal dels productes) (xx).
- Amb excessiva supeditació tecnològica.
- Sovint amb tecnologies no apropiades, provinents de circumstàncies ja no vigents que originalment tampoc foren racionalment implantades (manca d'ordenació territorial, concentracions, forts fluxos de mà d'obra).

(x) Sense ser-ne un cas únic, ho exemplifica el dels interruptors a mitjana i alta tensió. El fàcil mercat espanyol ha estat l'únic europeu amb concurrència simultànea de les principals firmes de França, Alemanya, Suïsa i dels EUA. L'abandó de fabricacions sense haver rendit mai, llevat de pocs casos, n'ha estat la conseqüència.

(xx) Una visió resumida de l'estructura industrial dels països catalans, amb bona selecció de dades estadístiques, pot trobar-se en la publicació del Congrés de Cultura Catalana, Ponència del Consell d'Ambit XI- Indústria.

- En relació amb l'Europa occidental, amb preponderància relativa de la petita i mitjana empresa, fretura de grans empreses i manca de multinacionals de matriu catalana. Una conseqüència negativa n'és que la mena de tecnologia que aquestes poden crear no neix a Catalunya.
- Catalunya pràcticament no té tecnologia pròpia, bàsicament sense reserves energètiques clàssiques per a explotar i amb problemes d'aigua.

7. ELS POCS FRUITS EN LA INNOVACIÓ TECNOLÒGICA ESPANYOLA. RECERCA DE DESENVOLUPAMENT.

La qüestió de la baixa participació espanyola en el progrés científic-tècnic ha estat prou debatuda. És aquesta manca de fruits que motivà la polititzada "polèmica de la ciència espanyola". S'ha dit que la història no fa futurologia però que dóna indicacions. No és lícit d'amagar el cap sota l'ala, ans el contrari hem de prendre bones notes. El nostre Vicens Vives ens ho deixà dit:

"La història allibera,
i la nostra història és i serà
essencialment alliberadora del nostre esperit"

La recerca oficial ha estat pràcticament centralitzada a Madrid (x), per quina raó hem de començar enfocant l'examen referit a tot l'estat espanyol.

L'esperit especulatiu ha estat prevalent a Espanya amb postergació de la realització. Per tal d'atenir-nos estrictament al tema, evitant tota digressió que l'espai disponible no ens permet, malgrat que podria ésser alligadora, ens centrarem ràpidament amb dades aportades en les Resolucions del Congrés de Cultura Catalana; Ambit recerca: "Així, la relació entre despeses dedicades a la recerca bàsica, a la recerca aplicada i al desenvolupament tecnològic a l'estat espanyol el 1970 era 1-2-2 (xx), mentre que, per tal

(x) Gabriel Ferraté (Catalunya cap a l'any 2.000 - Cal una investigació adequada a les aspiracions col·lectives. Barcelona, 1977) ens diu: "En un país en què una gran part de la indústria es localitza en zones perifèriques, Catalunya, País Basc, etc. resulta incongruent i incomprensible que el 60% dels centres propis del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) estiguin radicats a Madrid, només el 10% a Catalunya i que al País Basc no n'hi existeixi cap".

(xx) Valors difícils d'establir, però tot i que se'ls hi vulgui aplicar un bon marge d'error, deixen palesa una realitat prou presentida.

que les inversions en recerca resultessin realment rendibles, els organismes internacionals recomanen una relació 1-3-5 a 10".

77 Cal afegir que l'estat espanyol ha estat dedicant a la recerca i al desenvolupament quantitats anuals que solen estar entre el 0,3% i el 0,4% del P.N.B., que cal comparar amb els valors de l'ordre del 3% en els països occidentals. Per doble concepte, l'estat espanyol dedica quantitats irrisòries, precisament al desenvolupament tecnològic.

78 La manca de creativitat tecnològica és una lògica conseqüència del que s'ha vist. Allò que ens importa d'annotar és que la situació no ha canviat amb el ritme elevat d'industrialització i que, com s'explicà, fou més expeditiu importar tecnologia "enllestida" (x) fent bo l'exabrupte "que investiguen ellos". No ha d'ésser, doncs, endebades que cruament es posi de manifest el problema.

79 Notem que Catalunya, amb la migradesa de mitjans disponibles, ha d'accentuar la proporció destinada a la recerca de desenvolupament tecnològic i, més encara, les d'adequació i d'enllestiment (xx)

80 En pensar en la introducció de nova tecnologia hem de procedir amb la cautela i sagacitat de que donen mostra països com ara Israel, Bèlgica, Holanda i Suïsa. Molt especialment ens ha d'alliçonar el cas del Japó amb una entrada al món tecnològic sense deixar-se colonitzar, ben el contrari. Per un tenaç treball adaptatiu,

(x) Hem qualificat d'"enllestida", que no vol dir la que ens fos convenient. Ha estat freqüent de veure fabricar maquinària seriada a Espanya que, si es podia considerar de bon projecte, donades les circumstàncies del país d'origen, palesament no es podia conceptuar igualment ateses les correlacions de preus en el nostre país (mà d'obra, ferro, coure, etc...)

81 (xx) No es tracta d'excloure la recerca bàsica. Raons de prestigi, d'entrenament científic, d'aprofitament de cervells privilegiats, de formació en els estudiants, etc, en justifiquen el conreu. Caldrà, però, triar camps on la proporció cervell-inversió situï en posició menys desfavorable. En tot cas, les disponibilitats humanes i materials han d'abastar el mínim crític precís per a poder-ne esperar d'assolir resultats positius en temps vàlids. S'han d'evitar plantejaments irrealistes i el diletantisme, que el país no pot suportar.

no mimètic, creà la tecnologia que li fou convenient, al principi de baixa qualitat (x). Amb certa exageració s'ha arribat a extreure'n la conclusió segons la qual el producte bo és expulsat pel dolent. Avui és més difícil de sostenir aquesta idea quan les orientacions recomanen productes durables i amb qualitat. Precisament es tracta de no generalitzar i de situar en el mercat el producte adequat a les necessitats de l'entorn social. És aquí on té la defensa la petita i mitjana empresa, àgil front a les produccions massificades. Tot està en que les empreses no s'abandonin al mimetisme i en facin tasca pròpia de la selecció i adaptació dels nous productes.

Si la mitjana empresa està en inferioritat de condicions per a crear nova tecnologia, enfront de la gran empresa, no se'n pot deduir que solament la gran empresa pot fer estudis d'adaptació de la tecnologia. Són les mitjanes i les petites empreses les que més necessiten preparar-se les tecnologies que els són adequades. Es tracta, principalment, d'una qüestió d'actitud mental, de vigilància permanent del que es fa fora i d'anticipar-se a les previsibles necessitats de l'entorn.

No s'està propugnant les còpies vergonyants, sinó les adaptacions avantatjoses. I per tractar-se d'un punt crucial hauriem d'insistir-hi. Cal no oblidar que el progrés tecnològic es produeix, principalment, per un cúmul de millores, remodelacions i reorganitzacions que s'addicionen, amb base a les experiències. També és sabut l'important paper que hi tenen la necessitat, l'adaptació mental al problema, la intuïció i l'atzar repetidament posat en joc. La intuïció l'assoleix qui està permanentment sobre l'assumpte (l'avesat). No es nega, ans el contrari, la possible efectivitat de l'home preparat que, aliè al problema, l'encara sense prejudicis. De tot això, emperò, cal deduir-ne que el paper de l'equip va en augment i que la col.laboració dels avesats i la recerca so-

(x) Precedentment altres països havien fet un canvi semblant. Així foren els començaments industrials d'Holanda i d'Alemanya amb productes que foren menystinguts enfront dels britànics.

bre el terreny són importants (descentralització i sortida del gabinet). L'observació i l'adaptació mental al problema són parts importants de la recerca.

1 63 S'ha dit que la innovació tecnològica és més ràpida que la informació, cal doncs reforçar aquesta. En la ciència subsisteix, fins cert punt, el que diguè Goethe: "L'art i la ciència, com tots els béns sublims de l'esperit, pertanyen a tot el món i solament poden prosperar amb llur lliure influx ..."

10 64 En tractar-se de la tecnologia, però, no és el mateix, les empreses solen posar tota mena d'inconvenients en la difusió de certes millores ideades pels seus especialistes, que sovint fins i tot es disimulen en les patents de protecció. En surten bones collites amb les visites a les grans fires per grups de vertaders especialistes i pràctics, malgrat que també en elles es prenen precaucions.

6 65 Una manera per facilitar l'exportació de tecnologia pot consistir en l'establiment de convenis d'intercanvi d'informacions i d'experiències amb indústries foranes amb les que no existeixi el reguard de la competència.

5/6 66 La universitat pot aportar molt a la recerca, també a la aplicada i a la d'enllestiment que aquí tractem. Cal, però, donar-li interès per a neutralitzar l'inactivisme que li retreu Ackoff (x). És recomanable d'examinar com a Alemanya s'estableix la col.laboració entre la indústria i la universitat.

4 67 No ens pot sorprendre el baix rendiment de la recerca de la universitat espanyola, que a la pràctica inexistència de subvencions per a la recerca aplicada afegeix el sovint excloient prestigi que hi té l'especulació front a l'aplicació.

(x) Ackoff, de la Universitat de Pennsylvania (Redesignin the future. New York, 1974), diu: "En general, les úniques organitzacions que poden sobreviure amb administracions inactives són aquelles que estan protegides de l'entorn per subsidis que assegurin la seva supervivència independent dels seus rendiments. Els exemples més característics són: universitats, departaments governamentals, monopolis ...".

Amb referència a les universitats establertes a Catalunya, en altre lloc hem escrit:

"Això pot sorprendre, atès el pragmatisme català. No oblidem, però, que Catalunya no ha disposat d'altra cosa que de universitats copiades. Sols en trobar-se Barcelona sense Universitat, després del 1714, sorgiren formes d'ensenyament que apuntaven en allò que possiblement haurien arribat a ésser sense l'esperit uniformista espanyol. Encara es veu més clar en temps de la Mancomunitat (Universitat industrial, Escola del Treball, etc...)".

69 El fet és que la universitat té reconeguts factors propis per a aportar, el més genuï dels quals pot ésser la independència i la insensibilitat enfront de presions interessades.

8. ALGUNES LÍNIES D'ACTUACIÓ PER A L'ENDEGAMENT DEL PROCÉS TECNOLÒGIC A CATALUNYA.

Cal establir l'òrgan de previsió i de seguiment del procés tecnològic català, com podria ésser un Consell de la Tecnologia catalana(*) que les reflexions d'aquest report configura amb les següents missions:

- 11 - Constituir l'observatori zonal.
- 12 - Crear arrelaments permanents en tots els indrets de Catalunya i en tots els sectors tecnològics. Sense ells, el Consell fóra un òrgan burocràtic més. Endemés es tracta que amplis sectors se sentin integrats en el procés de la renovació tecnològica del país.
- 13 - Formar elements d'enllaç i d'actuació en estaments estatals i supranacionals. Fomentar la participació en la reordenació tecnològica fora de Catalunya.
- 14 - Impulsor de la política tecnològica adequada al país, amb la recuperació d'una iniciativa característica de Catalunya.
- 15 - Garantir la informació pública sobre orientacions tecnològiques convenients al país, sense disimular-ne contrapartides.
- 16 - Asses^sorar i intervenir en la introducció de la tecnologia i de l'assistència tècnica a Catalunya (promoure legislació convenient).
- 17 - Realitzar anàlisis tecnològiques sectorials i globalitzants, fent-ne els seguiments, ajustaments i rectificacions continuades. Solament plans flexibles i evolutius poden ésser realistes.
- 18 - Promoure reconversions, estimular l'abandó a temps de les tecnologies envellides o no competitives en el nostre país.
- 19 - Guardar equilibris tot indicant conveniències i prioritats en

(x) Ja redactat aquest report, el Govern de la Generalitat anuncia la creada Comissió interdepartamental de Recerca i Innovació tecnològica

els diversos sectors de les tecnologies:

de subsistència.

sanitaries,

ambientals,

de milloraments qualitatius de la vida,

de seguretat,

de suport cultural.

- 80 - Vigilància de la dependència tecnològica.
- 81 - Estimular les indústries en els propis estudis de millorament i renovació com a mètode més vitalitzador de l'empresa. Promoure contactes d'interès mutual.
- 82 - Fomentar les recerques, especialment l'aplicada, la d'adequació i la de desenvolupament.
- 83 - Estudiar mitjans, convenientes al país, d'estalvis d'energies, de millora de rendiments i d'aprofitaments de deixalles. També d'estalvis d'aigua dolça problema concurrent amb l'energètic.
- 84 - Introduir tecnologies creadores de llocs de treball adequats, evitant concentracions, mà d'obra intensiva no qualificada, i procurant la descentralització sempre que sigui possible.
- 85 - Difusió i comercialització de la tecnologia catalana. Foment de l'intercanvi tecnològic.
- 86 - Coordinació de les recerques universitàries públiques i privades. Foment (fiscal) de la inversió destinada a la recerca.
- 87 - Promoció dels centres d'ensenyament de la tecnologia en els diversos nivells. És important la participació de la indústria per a vivificar-los.
- 88 - Fomentar l'establiment de laboratoris d'assaig, de verificació i d'homologació. Si en convé un de general centralitzat, són indispensables els especialitzats distribuïts en indrets amb entorns convenientes.

CONCLUSIÓ:

89 El panorama de la renovació i adequació tecnològiques de Catalunya és, a l'iniciar-se dels 80, gairebé aclaparador. Contem, però, amb una massa humana i amb un variat i difós conjunt industrial exercitats que poden ésser decisius. Després de la darrera guerra mundial, els països més avançats tingueren en això un dels millors alçaprems. Allò que més pot perjudicar és la manca de seguretat o la indiferència. Es tracta de difondre els objectius d'interès social i general, sense caure en utopies, per a fer-ne aspiracions col·lectives com es pot veure en certs països. Avui s'està d'acord en la necessitat de proveir d'indústria adequada, però, lluny de l'autarquia, cal que confiem en nosaltres mateixos.

BIBLIOGRAFIA

- Organisation des N.U. pour l'education, la science et la culture: Conférence internationale sur les tendances de l'enseignement et de la formation des ingénieurs. Paris, UNESCO, 1968.
- Varis: Was wird morgen anders sein ? Olten, 1969.
- Hornillos, C.: Problemas de la pequeña y mediana industria en España. Confederación Española de Cajas de Ahorro. Madrid, 1970.
- OCDE: Conditions du succès de l'innovation technologique. Paris, 1971.
- Meadows i altres: The Limits to Growth. New York, 1972.
- Sauvy, A.: Croissance zéro ? Paris, 1973.
- Ackoff: Redesigning the future. New York, 1974.
- Mesarovic, M; Pestel, E.: Mankind at the Turning Point. The Second Report to The Club of Rome. 1974.
- OCDE: La production d'énergie et l'environnement. Paris, 1976.
- Congrès de Cultura Catalana-Ambit recerca: Resolucions. Barcelona, 1977.
- Congrès de Cultura Catalana-Ambit indústria: Ponència del Consell d'àmbit. Barcelona, 1977.

- Davis, J.: Technology for a changing World. London, 1978.
- Flos, A; Gasòliba, C; Serra, N.: La indústria a Catalunya.
Barcelona, 1978.
- Bhalla, A.S. (International Labour Office): Towards global
action for appropriate technology. Oxford, 1979.
- Varis (Fundació Jaume Bofill): Catalunya cap a l'any 2000.
Barcelona, 1979.
- Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Barce
lona: Investigación e Innovación tecnológica en la Industria.
Barcelona, 1979.
- U.P.B., varis: Ponències presentades en el Claustre General
1980. Barcelona, 1980.
- World Energy Conference: General reports. Munich, 1980.

PROTOCOL

sobre

"LA REVOLUCIÓ TECNOLÒGICA I EL FUTUR DE CATALUNYA"

Introducció.

Al llarg de la meua vida d'investigador he parlat tantes vegades de ciència i tècnica, de recerca i del futur de..., que res nou tinc per a dir.

En el fons, sóc completament escèptic i sé que tampoc aquesta vegada s'entendrà el meu llenguatge. I és que, en el fons, el problema és semàntic: diferents persones diem sempre les mateixes paraules, però cadascuna significa diferents coses. Per altra banda, aquest problema semàntic trascendeix al propi individu, i es manifesta a nivell de pobles i de nacions, produint-se un epifenomen sociolingüístic de dimensions i conseqüències que incideixen en la història - passat, present i futur- dels mateixos. Per exemple, el proppassat mes de juliol, quan la Fundació Jaume Bofill m'adreçà la primera carta sol·licitant la meua col·laboració, aparegué el número 4452, del 4 de juliol de 1980, de la revista Science, editada per l'Associació Americana per a l'Avançament de la Ciència, dedicat a "Els propers 100 anys de la Science" i en el qual es tracten monogràficament les diferents ciències de la naturalesa. L'article sobre "Fronteres de la Química" va ésser coordinat per quatre destacats professors de la "Office of Chemistry and Chemical Technology, National Research Council" de la "National Academy of Sciences" dels Estats Units de Nordamèrica, prenent com a base les contribucions personals de vuit representants de algunes Universitats i de les Companyies químiques més importants del país. Doncs bé, aquest article inclou els següents apartats:

- Instrumentació i Química analítica
- Síntesi química
- Productes químics per a l'Agricultura:
 - Herbicides
 - Fungicides
 - Insecticides
- Macromolècules
- Feedstocks:
 - Petroli
 - Carbó
 - Biomassa
- Mecànica estadística i Química
- Mecànica Quàntica i Química
- Cinètica química i lasers

Encara que els tres últims són, declaradament, aspectes molt teòrics de la química, és també palesa la seva importància per a la tecnologia química, i, per tant, jo personalment subscric totalment l'article dins del context d'aquesta convocatòria de la Fundació Jaume Bofill, i a l'original anglès em remeto.

No obstant això, aquest article que és perfectament raonable i comprensible per a una societat desenvolupada com la nordamericana, per a la qual fou escrit, em fa molta por que sigui pràcticament irrellevant per a la intel·ligència del nostre entorn i que sobrepassi la capacitat de comprensió dels nostres polítics, empresaris i economistes, no precisament per falta de intel·ligència, sinó per falta de perspectiva històrica.

A continuació passo a exposar el meu punt de vista en forma de set Tesis. Al final, que cadascú tregui les seves conclusions.

TESI nº 1: La Ciència -mot derivat del verb scire = saber- és un coneixement o un saber sistemàtic i racional, adquirit pel mètode estètic-hipotètic-deductivo-experimental, tocant al món al qual estem inserits.

TESI nº 2: La Tècnica -o la tecnologia- és l'aplicació del coneixement científic per tal de transformar aquest món en benefici (o malefici) de les nostres pròpies necessitats.

La Ciència -com l'Art i la Filosofia-, en quant representa de sana curiositat, de obertura al món, d'augment de coneixements i de recerca de la veritat, és un bé innegable i no necessita de cap justificació. No sempre pot dir-se el mateix de la tècnica. Aquesta és, certament, filla legítima de la Ciència, però sembla com si la filla no sempre es comportés tan honestament com la mare. La tècnica allibera l'home de la seva condició animal, però també pot esclavitzar-lo i fins i tot destruir-lo.

Referent a la qüestió ciència pura versus ciència aplicada, deia Louis Pasteur que la Ciència és una: "Només hi ha la Ciència i les aplicacions de la Ciència".

Referent a la qüestió ciència versus tècnica, deia J. Ortega y Gasset (i no tradueixo per respecte a la seva inimitable prosa):

"La técnica es consubstancialmente ciencia, y la ciencia no existe si no interesa en su pureza y por ella misma y no puede interesar si las gentes no continúan entusiasmadas con los principios generales de la cultura... Pero repito que me sorprende la ligereza con que al hablar de la técnica se olvida que su víscera cordial es la ciencia pura, y que las condiciones de su perpetuación involucran las que hacen posible el puro ejercicio científico. ¿ Se ha pensado en todas las cosas que necesitan seguir vigentes en las almas para que puedan seguir habiendo de verdad «hombres de ciencia» ?" (La rebelión de las masas).

Referent a la qüestió ciència pura en relació al progrés econòmic, deia H. Pommer -un dels més destacats químics de la firma alemanya BASF-, tot referint-se als treballs del Professor G. Wittig, Premi Nobel de Química de l'any 1979:

"A través del seu treball, realitzat amb el propòsit d'ampliar el coneixement humà, Wittig ha confirmat que la ciència pura és també el motor del progrés econòmic -un fet tot sovint oblidat en les discussions d'avui en dia".

TESI nº 3: La Química, a diferència d'altres ciències de la naturalesa i de les ciències històriques, té una "capacitat creadora", semblant a la del propi art.

Es a dir, la química no es limita a observar, interpretar o classificar, o fins i tot a reproduir, el que se li dona ja fet, sinó que, pel contrari, té una enorme capacitat per a dissenyar i construir noves substàncies o noves molècules, totalment inèdites, amb propietats moltes vegades totalment predeterminades, fetes a la mesura de les necessitats de l'home modern.

TESI nº 4: La indústria química no és precisament una indústria més en el complex econòmic d'una nació. La indústria química, conjuntament amb el sòl, el mar i el clima que sustenten, conformen, delimiten i vivifiquen les nacions, constituïx una de les fonts bàsiques de riquesa.

Tot el complex industrial d'un país depèn, amb major o menor mesura, de la potencialitat i efectivitat de la indústria química. Ella és la que, conjuntament amb els recursos naturals, proporciona la matèria per a la seva posterior elaboració i ús. La nostra indumentària i alberg, els mitjans de transport, la lluita contra l'enfermetat i la fam, i fins i tot el mateix embelliment, són possibles gràcies a la química, que proporciona fibres tèxtils i materials de construcció, carburants i lubricants, drogues i antibiòtics, adobs i insecticides, cosmètics i perfums..., de la mateixa manera que el sòl i el subsòl proporcionen tota la riquesa agropecuària i minera, el mar proporciona la pesca, i el clima vivifica i determina totes i cadascuna d'aquestes riqueses.

Si la indústria química, a diferència d'altres indústries, no es limita a transformar, sinó que essencialment produeix i crea, i per l'altra banda únicament l'home -a imatge i semblança del Creador- està capacitat per a crear, aleshores

TESI nº 5: La indústria química, més que no pas cap altra indústria, depèn essencialment de la capacitat creadora dels seus homes. I aquesta capacitat creadora de l'home, posada al servei de les seves pròpies necessitats, no tan sols materials ans bé espirituals també, és el que, en un sentit molt ampli, entenem per investigació o, més pròpiament, recerca.

No es tracta tan sols de que la recerca sigui la forma més pura que adquireix l'energia humana quan s'allibera de les seves necessitats materials -tal i com indicava Teilhard de Chardin-, sinó que la recerca -al menys en el nostre món modern- és l'únic camí que té l'home per a satisfer aquestes necessitats materials.

TESI nº 6: La recerca i l'ensenyament universitari van necessàriament entrelligats.

L'ensenyament universitari, si veritablement ha d'ésser un ensenyament superior, ha de fer-se amb autoritat, en el millor sentit d'aquest mot; és a dir, amb autoria, prestigi i competència. El professor universitari no ha d'ésser solament un transmissor de la ciència d'altri, sinó que ha d'ésser autor d'una parcel·la, almenys, d'aquesta mateixa ciència que ensenya, de manera que tot el que expliqui sigui vivificat a través d'experiències semblants, viscudes per ell mateix en el laboratori. Amb altres paraules, el professor universitari a més de recrear la ciència dels altres, ha de crear també la seva pròpia ciència, per modesta que sigui. I com que l'activitat creadora de l'home al servei de les seves pròpies necessitats (TESI nº 5), no és altra cosa que la recerca, hom no pot contemplar un ensenyament superior deslligat de la recerca.

TESI nº 7: En els països capitalistes -i ens agradi o no, Catalunya està dins de l'òrbita capitalista- la investigació aplicada (o dirigida), el desenvolupament i el "know-how" deuen córrer a càrrec de la indústria privada que és la que coneix els seus propis problemes i necessitats, i és l'única capacitada per a planificar les seves activitats envers el futur, temptejar el mercat i promoure el consum (necessari o superflu, és així una altra qüestió).

En un país capitalista la investigació estatal -si existeix- estarà, doncs, justificada sempre i quan dediqui els seus esforços a problemes d'interès social: energia, medi ambient i salut.

Barcelona, novembre 1980

Fèlix Serratosa

Fèlix Serratosa i Palet

Frontiers in Chemistry

Robert M. Joyce, Editor

Chemistry is a multifaceted science. It provides new substances, ranging from complex organic pharmaceuticals and agricultural chemicals to sophisticated inorganic solids that control the flow of

electrons to make computers work. It unravels the intricate atomic combinations that nature has learned over millennia to assemble. It discovers catalysts that make it possible to duplicate and to modify complex natural substances, to control the stereochemistry of reactions at chiral sites, and to convert petroleum and coal into basic chemical compounds. It creates synthetic macromolecules, and is developing a wealth of information about the structures and mechanisms of action of natural biomacromolecules. It probes the intimate details of chemical events that occur in less than 1 nanosecond, and detects atoms and compounds

at levels in the picogram range in complex mixtures. It studies reactions of atoms and small molecules in various quantum states. This article describes some of the recent advances in a few of the many areas of chemical science.

Instrumentation and Analytical Chemistry

Analytical instrumentation has progressed markedly in the last few years, spurred on by a variety of technical advances. As often is the case, a few basic inventions have been extended and developed by others to provide a vast array of new and complex analytical systems. For example, semiconductor technology has pervaded nearly all aspects of analytical science, providing the sophisticated electronic instrument controls and read-out devices we know today. Digital computers, especially fast and accurate micro- and miniprocessors, and in some cases large number-crunchers or data analyzers, have become essential and integral parts of modern measurement

Preparation of this article was coordinated by J. Bigeleisen, T. L. Cairns, W. G. Dauben, and W. Spindel, all of the Office of Chemistry and Chemical Technology, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 20418. Contributors to the article included E. I. Baucom and D. D. Bly, E. I. duPont de Nemours, Wilmington, Delaware 19880; R. Hoffmann, Cornell University, Ithaca, New York 14853; R. M. Joyce, Hockessin, Delaware; M. Paul, 1772 Horatio Avenue, Merrick, New York 11566; J. A. Stephens, Monsanto Co., St. Louis, Missouri 63166; B. Widom, Cornell University; and R. N. Zare, Stanford University, Stanford, California 94305. Overall editing was done by R. M. Joyce, RD 1, Box 86, Hockessin, Delaware 19707.

technology. What was once often an entire thesis project, the generation of a complete organic molecular structure by single-crystal x-ray diffraction, can now be as little as a week's work for an expert crystallographer using modern x-ray equipment and computerized data analysis. Almost no area involving complex analytical measurements has escaped the influence of the semiconductor and computer technologies.

Other developments have also had broad effects. High-vacuum technology has led to the evolution of many new techniques for studying surface properties and the chemistry occurring at surfaces—ESCA, AES, ISS, SIMS, LEEDS, and SEM (*1*)—as well as furthering other disciplines such as mass spectroscopy. The advantages of Fourier-transform (FT) methods have become well recognized and have encouraged invention of physical methods to encode and decode information with great gains

can be used for ^1H work. Many other nuclei, such as ^{31}P (in natural abundance in single biological cells) and ^{15}N , have become accessible. By addition of magic-angle spinning and specific radio-frequency pulse technology to this technique it is possible to obtain resolved NMR spectra of solids and thus new information on the solid state.

Reverse geometry mass spectroscopy, coupled with the collision activation technique, allows isolation and identification of a single molecular species in a complex mixture without gas chromatography. For example, the plant hormone abscisic acid has been studied with whole plant parts used as the sample. In addition, the field desorption technique now permits mass spectroscopy with such materials as cationic dyes and thermally sensitive organometallic salts, and accurate mass measurement for molecular weight determination can now be made routinely.

Summary. Chemical synthesis is the ultimate source of most of the new materials that serve society. Progress in chemical synthesis depends on comparable advances in other branches of chemistry, such as in analysis, methods for determining the intimate details of chemical structures and of reaction mechanisms, and theories of chemical structure and reactions. Recent progress in some of these areas of chemistry is described.

in sensitivity, resolution, and speed. Examples include pulsed FT-NMR and FT-ICR (*1*) and the interferometer approach to FT-infrared spectroscopy. Infrared spectra of excellent quality are now obtained routinely with less than 1 microgram of sample, whereas not long ago a fraction of a gram was required. The development of rigid, small (5 to 30 micrometers) porous particles for use as packings in chromatographic columns has led to heretofore unattainable separations of nonvolatile or thermally sensitive materials by liquid chromatography. Development of the laser has revitalized such diverse molecular characterization techniques as Raman, Rayleigh light scattering, and correlation spectroscopies. A recent Raman experiment provided a good spectrum of a pesticide particle inside a single biological cell.

While these and other developments have provided a great deal of information in many areas, several unique contributions have also expanded the horizons of analytical measurement. Some of these are set forth in the following paragraphs.

Superconducting magnets with FT interfaces now permit greatly improved sensitivity and dispersion in NMR. Carbon-13 NMR spectroscopy has become routine, and samples of less than 1 μg

Gas chromatography is a modern technique used extensively by the organic chemist. Compared to packed columns 2 meters long and 2 millimeters in inside diameter, which require 2 to 5 microliters of sample, new flexible fused-silica capillary columns measuring 30 m by 0.2 mm need only 0.05 μl of sample and are four times faster and 50 times better in resolution. These capillary columns also permit direct analysis of many materials for which it was formerly necessary to prepare chemical derivatives.

New instrumentation for techniques such as differential pulse, a-c, and fast-sweep polarography has revitalized and expanded the scope of electrochemistry to permit much greater sensitivity, resolution, and accuracy than were obtainable with d-c methods.

In quantitative emission spectroscopy many matrix effects have been eliminated and orders-of-magnitude improvements have been made by use of new stable sources employing inductively coupled plasmas and d-c arc, high-temperature plasmas.

Many promising techniques are yet to come, and the growth in analytical instrumentation will continue. One exciting new technique, not currently commercially available, is field flow fraction-

ation. This one-phase, two-dimensional chromatography-like technique holds great promise for particle separations and size analysis.

Chemical Synthesis

In 1828 the German chemist Wöhler synthesized a natural product, urea, and liberated chemistry from the dogma that synthesis of natural products was the exclusive province of living systems. The sophistication developed in chemistry since then is exemplified by the total synthesis of vitamin B₁₂, a compound with the formula $\text{C}_{60}\text{H}_{88}\text{CoN}_{14}\text{O}_{14}\text{P}$ that has 14 chiral carbon centers.

One of the keys to such complicated syntheses is a host of novel catalysts and reagents based on combinations of organic groups with inorganic elements (Li, B, Al, Si, P, S, Ti, Cu, Rh, Pd) that can effect reactions with a degree of specificity that was no more than a dream 10 years ago. Thus, use of an organoboron reagent gives a measure of control over the stereoisomers formed in the aldol condensation, which nature employs with complete specificity to construct portions of many natural compounds. An organorhodium complex with a chiral center catalyzes the hydrogenation of α,β -unsaturated amino acids to only a single stereoisomeric α -amino acid. Another rhodium complex is used commercially to catalyze the combination of carbon monoxide with methanol to give acetic acid in 99 percent yield.

The remarkable specificity of nature's catalysts—the enzymes—has stimulated research to imitate them with synthetic materials. Like enzymes, these materials have a spatial cavity to accommodate reactive sites of molecules and functional groups that catalyze specific reactions. In a related area, large ring polyethers of different ring sizes have been shown to form complexes selectively with ions of different sizes. Such polyethers, synthesized with a chiral center, can now be used in an automatic machine to resolve α -amino acid derivatives into their stereoisomers.

Organic molecules so highly strained that they had been thought incapable of existence are now being made in the laboratory. An example is the tetrahedrane structure, in which four mutually bonded carbon atoms form a regular tetrahedron with three of the C-C bond angles distorted from the normal $109^\circ 28'$ to 60° ; the tetra-*t*-butyl derivative of this molecule has been synthesized and shown to be stable up to 130°C . Photochemical techniques have yielded all three of the struc-

turally allowed, highly strained isomers of benzene.

A currently active area in organic synthesis is the application of computer technology in planning routes for synthesizing complex molecules. Using a graphic display, the chemist can "draw" the structure of a target molecule and, by calling on a stored data base, explore various synthesis reactions one step back from the target. Successive iterations of this process enable the chemist to work back to reasonable starting materials and to lay out the most promising routes to the target molecule.

The search for new and more specific pharmaceuticals continues to include synthetic modifications and analogs of biologically active natural products. In addition, the accumulating knowledge of biological mechanisms in providing a basis for the design of compounds that can inhibit certain enzymes or bind to certain receptor sites that are involved in disease. Computer graphics technology is beginning to be a valuable tool in the design and synthesis of such compounds.

Nonmetallic electrical conductors are being found in studies of organic charge-transfer complexes and such polymers as $(\text{SN})_x$ and $(\text{CH})_x$. Intercalation of inorganic ions into materials with sheet structures, such as graphite, has led to complexes that conduct current easily in the sheet plane but poorly perpendicular to it.

Superconductivity, a phenomenon once associated exclusively with liquid helium temperatures, has been demonstrated at temperatures near the boiling point of hydrogen in some new intermetallic compounds. Progress toward higher temperature superconductors is being made through control of synthesis conditions to produce particular, often metastable, structural phases of such compounds.

The magnetic properties of amorphous alloys and compounds of transition metals, prepared by synthesis at a high temperature followed by rapid quenching ($>10^5$ °C per second), are of both theoretical and practical importance because they are not influenced by the grain boundary effects shown by their polycrystalline analogs (2).

Optical communications has become a reality through the synthesis of silicon-germanium oxide fibers with a radial composition gradient. These fibers permit low-loss, wide-bandwidth transmission of modulated monochromatic light signals over practical distances.

Synthesis of new chemicals may be undertaken in search of a desired property, to test theories of structure and

chemical bonding, or as a result of an original concept of a new kind of structure. The products of this endeavor, in turn, continue to open new lines of thought about chemical structure and to provide novel materials with useful and sometimes unexpected properties.

Agricultural Chemicals

The use of chemicals to reduce crop losses due to the ravages of agricultural pests, weeds, insects, and diseases has been practiced from Roman times. The evolution of pest-control technologies as practiced today is largely a phenomenon of the past century. However, even though great advances have been made, recent estimates (3) indicate that such losses, worldwide, still destroy 33 to 45 percent of our food, feed, and natural fiber.

Notable first-generation pest-control agents included such materials as Paris green, copper acetate arsenite, Bordeaux mixture, metallic dialkyl dithiocarbamates, and DDT. Around the time of World War II, new discoveries included the phenoxy herbicides and organophosphate and carbamate insecticides.

The real explosion in numbers of new synthetic pest-control agents began in the 1950's and 1960's as a result of the search for materials that would be more effective, safer, and more selective. Developments included a host of new herbicides (chloroacetamides, triazines, dinitroanilines, quaternaries, and substituted ureas), insecticides (organophosphates, organochlorine compounds, and carbamates), and fungicides (phenolics, imides, and organometallics).

Although the rate of introduction of new pest-control chemicals has decreased in the last decade, the rate of innovation has not. The search continues for new herbicides and pest-control agents that are more effective, more selective, active in low concentrations, and have a minimal potential for adverse environmental effects. Examples of recent innovations include the following.

Herbicides. Diphenyl ether derivatives are proving especially effective on some hard-to-kill perennial and annual weeds, yet are tolerated in some food crops such as soybeans. Phosphonomethyl glycines are very effective, broad-spectrum herbicides that translocate downward in the plant to kill the root. They are not sufficiently selective for use on many food crops. The *unsym*-triazines and the benzothiadiazinones are new chemical classes that are particularly effective against broadleaf

annual weeds. Arylsulfonyl-*symm*-triazinylureas have broad-spectrum activity against weeds and can be used in some food crops. For example, they can control weeds in wheat when applied at 1/40 the concentrations required for 2,4-D.

Fungicides. The benzimidazole carbamates represent a major advance in the control of many kinds of fungi that attack food crops because they are systemic, highly effective at low concentrations, and disappear from the product in a reasonable time. An equally important advance, which evolved from knowledge of biomechanisms, led to the sterol synthesis-inhibiting systemic fungicides, which interfere with an essential mechanism of fungal growth. These compounds are proving very effective by themselves and in combination with the benzimidazole carbamates.

Insecticides. Synthetic pyrethroids, such as the aralkylcyclopropane carboxylates, are finding wide use because they do not present the residue problems of some of the older polychlorinated insecticide compounds.

Plant growth regulators may become major agricultural chemicals of the future. They are materials that, when applied to growing plants, elicit reactions that lead to improved productivity, better quality of produce, or lower production costs. Use of such chemicals, which is now expanding at a modest rate, is presently limited to specialty situations. For example, *N,N'*-bis(methylphosphonyl)glycine hastens the ripening of sugarcane. β -Chloroethylphosphonic acid decomposes in the plant to release ethylene, which has such varied effects as ripening tomatoes, promoting pineapple flowering, and stimulating latex flow in rubber trees. An important target for agricultural chemists is the identification of plant growth regulators that are useful on the principal food and feed crops.

Integrated pest management is the name given to systems in which chemical, cultural, genetic, and biological methods are combined to control all kinds of pests. As described recently (4), chemical controls include both traditional and new pesticides. Cultural methods consist of cultivation, crop rotation, use of optimum planting regimes, and field sanitation. Inbred plant resistance is achieved by developing and using varieties and hybrids that are resistant to certain pests. Biological control centers on encouraging natural pest predators.

As a corollary to concerns about feeding the rapidly increasing world population has come the realization that land areas suitable for agriculture are finite.

and that much of the increase in food required to meet demands over the next century must come from raising the productivity of land already under cultivation. Plant growth regulators, new plant varieties, improved pesticides (5), better farm implements, and user education are seen as keys to meeting this global challenge. For the long term, the use of plant growth regulators combined with all the elements of integrated pest management is expected to offer the best approach to this challenge.

Macromolecules

Ordinary "small" molecules consist of 2 to around 200 atoms; macromolecules may consist of thousands to hundreds of thousands of atoms, chemically bonded in a characteristic repetitive array. Synthetic macromolecules, which are the components of most synthetic fibers, films, and plastics, have been discussed recently elsewhere (6). Biomacromolecules, such as proteins, nucleic acids, and oligosaccharides, are responsible for the structural integrity and functional competence of living cells. Some of the recent developments in biomacromolecular science, discussed below, are leading to better understanding of biological processes at the molecular level, as well as creating conceptual and practical challenges for chemists.

Synthesis of macromolecules in living organisms is mediated by enzymes—proteins that are among the most effective catalysts known. Many types of natural macromolecules are copolymers that incorporate more than one monomeric species. Proteins are polyamides that are derived from some 20 different α -amino acids linked in a predetermined order. The chemical and functional variety of proteins is manifested not only in the enormous number of permutations of these building blocks, but also in the comparably large number of folding conformations that such polyamides can assume through hydrogen bonding between various amide groups in various environments. The speed and fidelity with which a particular protein molecule is assembled at the ribosomes of a living cell show the gulf between present capability and future goals in synthetic macromolecular chemistry.

The covalent structures of proteins are becoming accessible through sophisticated techniques in which successive degradation reactions are carried out to identify the α -amino acid sequences (7). In addition, x-ray studies have led to de-

scriptions of the three-dimensional structures of protein crystals. Combinations of these kinds of information are leading to some comprehension of enzyme action and are providing a glimpse into the mechanism of antibody action. Recent advances in determining the nucleotide sequences in DNA (8) have provided some understanding of the structure of genes, have raised new questions about the structural basis of genetic information storage and processing (9), and are playing a major role in the development of recombinant DNA technology.

An outstanding question in macromolecular science is how the biomacromolecule assumes three-dimensional structures with such varied and specific functions. As an example of progress in this area, E. Katchalski-Katzir has studied the dynamics of thermal motions in protein chains and has identified "breathing" vibrations that may contribute to the attachment and release of a substrate by an enzyme. Fluctuations in vibrational energy may also be involved in the opening of the DNA double helix for replication. S. Krimm has recently measured and interpreted in fine detail the vibrational spectra of chain macromolecules. The vibrational frequencies turned out to be very sensitive to chain conformation, which can be studied under changing conditions of temperature and stress.

Such spectroscopic studies are providing insight into the dynamic nature of folded biopolymers, such as proteins and nucleic acids, and the molecular transformations they undergo during their functions. Specific topographical arrangements of biological macromolecules in cellular assemblies such as membranes and other organelles are now being elucidated by techniques such as photoaffinity labeling (10). Synthesis of oligonucleotides of defined sequence, pioneered by H. G. Khorana, has matured into a practical methodology that is now used extensively in recombinant DNA technology. The newly discovered Z form of DNA (11) may provide insight into the effects of variations of the classical double helix structure of DNA and may help us to understand the effects of endogenous and exogenous chemicals on genes.

As our knowledge of the chemical mechanisms of biological processes increases, so should our ability to design molecules—for example, for medicinal or agricultural use—that will be highly functionally selective with minimal biological side effects and minimal perturbation of the biological system.

Feedstocks in Transition

The raw materials base for organic chemical feedstocks includes natural gas, natural gas liquids, petroleum naphthas, and light gas oil. During the next several decades, significant changes will occur in the mix of raw materials that supply chemical feedstocks. Although the transition to new feedstocks will be neither precipitous nor total, the future of the organic chemical industry is dependent on the discovery and development of new feedstock processes. Three areas of research and development related to feedstock are discussed below.

Petroleum and shale oils. As supplies of light, high-quality crude oil become less accessible, both physically and economically, progress is being made in using heavy, less pure fractions as feedstock sources. Heavy oils cannot be successfully cracked in conventional furnaces because of severe coking. They have also been considered undesirable as feedstocks because of their high content of sulfur compounds and heavy metals. Similarly, shale oils are notorious for coking propensity and for high levels of nitrogen compounds and heavy metals. In recent commercial processes these problems are dealt with by deliberately coking such materials in special reactors and collecting the coker distillates for use as a source of liquid hydrocarbons.

A second approach to use of these materials employs hydrogenolysis catalysts that specifically remove sulfur and nitrogen compounds. In addition, processes are being developed to crack heavy fractions of crudes directly to ethylene and other low-molecular-weight hydrocarbons while managing the problem of coke deposition that has plagued such processes in the past. This approach typically involves noncatalytic cracking under very severe conditions—high temperature and short contact time.

Continued research on the chemistry of such processes is expected to extend the utilization of petroleum and shale oil as raw materials for feedstock sources.

Coal. Coal will become a principal raw material for chemical feedstocks, primarily as a source of syngas—a mixture of carbon monoxide and hydrogen. Catalysts are the key to utilization of syngas; the list of basic chemicals that can be made from syngas by catalytic processes is already impressive and is growing.

A well-known process is the conversion of syngas to methanol or dimethyl ether (DME). Commercially, methanol is a source of formaldehyde or for-

mic acid by oxidation, and of acetic acid by carbonylation. Methyl acetate, obtained from methanol and acetic acid, can be carbonylated to acetic anhydride. Alternatively, reaction of methyl acetate with syngas gives ethylidene diacetate, which can be cracked to vinyl acetate and acetic acid.

The Fischer-Tropsch synthesis converts syngas to chemicals and gasoline, but produces complex mixtures. Now, the discovery of shape-selective catalysts, such as certain zeolites, has opened the way to the conversion of methanol or DME selectively to aromatic compounds or olefins, and processes based on this chemistry are being developed.

Looking to the future, a catalyst has been found that converts syngas to ethylene glycol, but as yet only at uneconomically high pressure. A ruthenium catalyst can carbonylate methanol to a mixture of ethanol and methyl acetate, and catalysts are being sought for the conversion of syngas directly to ethanol. Coal liquefaction is being developed primarily as a route to liquid fuels; however, coal naphthas are rich in one- and two-ring aromatics, and as these processes come on stream, their products should become important sources of aromatic chemicals.

Biomass. This potential source of chemical raw materials faces substantial logistical problems, but it should nevertheless become significant in the next century. Since starches and sugars are chemically close to $C(H_2O)_x$, these materials are likely sources of oxychemicals; examples are the former production of furfural and the current production of ethanol for gasohol from such sources.

Some plants, such as euphorbia and guayule, produce hydrocarbon-like products, and their cultivation is being explored. Genetic engineering and the development of low-cost cultivation may make such plants candidates for "energy farms" for the production of certain feedstock materials.

In the long term, feedstock materials may emerge from the discovery of catalysts that can mediate such solar energy-promoted reactions as the production of hydrogen from water.

We have entered an era when efficient use of resources will be essential to effect the necessary transition from complete dependence on petroleum and natural gas. Whether this transition occurs in a well-ordered manner with economic growth depends largely on the quality of the planning and R & D now in progress.

Statistical Mechanics in Chemistry

Developments in the last two decades have transformed our knowledge of the properties of liquids and the nature of phase transitions. These developments have followed from new insights into statistical mechanics and the development of techniques for computer simulation.

It used to be said that the properties of gases are well understood because gases consist of nearly independent molecules, and that crystalline solids are well understood because they may be deemed to consist of nearly independent oscillators, but that there is no adequate theory of the liquid state. That is no longer true, and it has become possible to calculate from first principles the properties of liquids and liquid mixtures consisting of molecules of ever-increasing complexity. Subtle problems of phase transitions and critical points in both fluids and solids have become soluble.

An important premise in modern studies of liquids is that their structure is determined primarily by strong repulsions between molecules at short distances. A liquid can then be treated as a slightly perturbed form of a hypothetical reference fluid in which the molecules interact through repulsive forces alone, the attractive components of the intermolecular forces being the perturbation (12). The properties of the reference system as well as the effects of the perturbation can be found from a combination of analytical and numerical techniques. While this theory had its initial successes in describing liquids composed of atoms or spherical molecules, the same ideas are now being successfully applied to liquids of charged or polar molecules or more complex shapes. The theory has reached the point where the properties of liquid mixtures of practical industrial importance can often be predicted.

New developments in the theory of phase transitions and critical points started with persistent observations of discrepancies between the predictions of all the simple theories and the experimental results on the quantitative nature of the singularities in thermodynamic functions in the neighborhood of critical points: liquid-vapor critical points, consolute points of mixtures, ferromagnetic Curie points, and so on. The thermodynamic quantities of significance—compressibility or osmotic compressibility, specific heat, interfacial tension—all vanish or diverge at critical points with characteristic powers, called critical-point exponents, of the distance from the critical point. These powers were agreed

on by all the classical equations of state; the experiments likewise agreed among themselves over all the great variety of critical phenomena. However, the theoretical values were in clear contradiction with the experimental values.

It came to be recognized that the defects of the older equations of state rested on their failure to take proper account of the extensive fluctuations that characterize the neighborhood of a critical point. New equations of state with a homogeneity of form, called scaling, were developed as generalizations of the classical equations, but now accommodating nonclassical critical-point exponents (13). Relations among these exponents, called scaling laws, were predicted, and then found to be satisfied in nature. The universality of these exponents was explained by the ever-increasing distances over which fluctuations in density or composition are correlated as a critical point is approached. These fluctuations are manifested by critical opalescence, seen by eye in ordinary light and by scattering of x-rays or neutrons in solids. Once the range of composition fluctuations becomes greater than the intermolecular spacings or than the range of intermolecular forces, the microscopic details that distinguish one substance from another become nearly irrelevant, and the phase equilibria assume a universal character—the same for all substances. The development of the scaling ideas has culminated in the renormalization-group theory of phase transitions, a set of ideas of great power and scope in statistical mechanics (14).

Important elements in these theoretical advances have been the recognition of the value of exactly soluble, albeit drastically simplified, models and modern digital computing. The properties of the Ising model of a ferromagnet, or of the equivalent lattice-gas model of a fluid, were found exactly by analytical and numerical methods (15) and were seen to be very close to those found in experiment, but different from those given by any of the classical theories. It became clear that the inadequacies of the earlier ideas were due to the approximations that had been applied in obtaining the equations of state by statistical mechanics.

Computer simulations of the properties of dense systems now provide almost exactly the properties of model systems with known, prescribed intermolecular interactions. From these has come a large body of "experimental" results on fluids in which there are no uncertainties about the nature or strengths

of the intermolecular forces, and on which the adequacy of theories can be tested with greater certainty than by comparison with experiments on real fluids. Acceptance of this intermediate stage between theory and experiment as legitimate has been mainly responsible for subsequent advances. The computer simulations have been largely of two kinds: Monte Carlo and molecular dynamics. The former is a method of sampling the space of molecular configurations to make feasible the evaluation of the partition functions of systems with many degrees of freedom—at first of tens and now even of 1000 or more molecules. In the second technique, one follows the motions of the molecules of a similarly large but finite system as they move subject to the laws of classical mechanics, and then one evaluates the properties of the system just as one might measure them in the laboratory.

These developments are making a significant contribution to the understanding of the theory of dense matter.

Quantum Mechanics and Chemistry

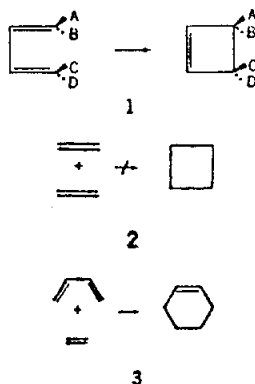
The equations can be written down, but their explicit, exact solution is unattainable. That has been and is the problem of the quantum mechanics of molecules, the discipline of quantum chemistry. Yet an analogous situation exists in the description of the classical motion of celestial objects, which has hardly prevented a human working with a computer from describing the location of a space module orbiting Mars very, very precisely. While the equations may be solved only approximately, the solutions can be obtained to a high degree of accuracy.

So it is in quantum chemistry. For small molecules, those with less than ten atoms, the development of new computational algorithms has allowed the calculation of essentially any observable property of the molecule, as well as some that are unobservable. For two-, or three-, and four-atom molecules the calculations are so good that they may be used to predict the spectrum of a molecule not found on the earth but detected in interstellar space, such as HNC, or they may lead to the correction of an erroneous experimental finding of a linear geometry for methylene, CH_2 .

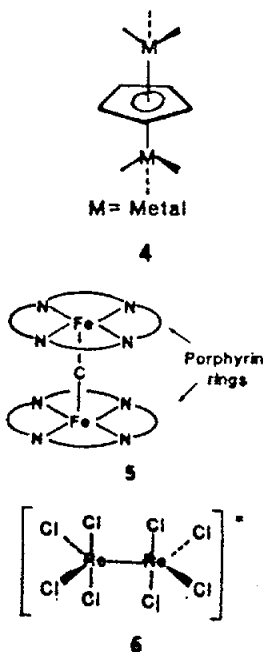
A most promising recent trend in quantum chemistry is the reintegration of theory with experimental organic and inorganic chemistry. For some time it seemed as if the more and more computer-intensive calculations of the electronic structure of small molecules would

lead theoreticians away from the mainstream of chemistry—from the making, analysis, and mechanistic exploration of molecules of substantive complexity. But in the late 1960's the Woodward-Hoffmann rules for orbital symmetry control of concerted reactions, such as 1, 2, and 3, proved to be much more than an incisive and unifying application of molecular orbital theory to organic chemistry. They turned out to be a guidepost for the productive interaction of theorist and experimentalist. They renewed experimental confidence in the ability of theory to describe, predict, and build conceptual frameworks.

Since then, approximate symmetry-based analyses have assisted experimentalists in understanding the remarkable wealth of information about molecular energy levels coming from photoelectron spectroscopy, in elucidating selectivities and specificities in cycloadditions, and in understanding organic photochemical reactions. Computerized models of molecules, in which only semiclassical atom-atom and electrostatic potentials are introduced, have reproduced reliably and predicted the geometries of molecules



M = Metal



ranging in complexity from hydrocarbons to proteins.

Qualitative yet fruitful theories have been provided for bonding in geometrically complex transition metal clusters—metal polyhedra with associated ligands (16). A new molecular orbital view of mineral and solid-state structures is developing (17). The geometric and electronic features of transition metal complexes are beginning to be understood (18), and totally new structural types, such as the inverse sandwiches 4 and 5, have been predicted and synthesized.

For intrinsic beauty and a demonstration of the intricacy of interaction among synthesis, structure determination, and theory in modern chemistry, it is hard to match the new subfield of inorganic chemistry—metal-metal bonding—exemplified by structure 6.

These recent developments in chemical theory are beginning to have a significant impact on many areas of chemistry, particularly synthesis and catalysis.

Chemical Kinetics and Lasers

The speed of chemical reactions—less than 1 nsec for the breaking and making of bonds—makes the study of such events very challenging. Until recently, chemists have had to be content with observing overall reaction rates as a function of concentration and temperature. This situation is being changed dramatically by the advent and combination of two powerful techniques, molecular beams and laser spectroscopy.

Molecules from ovens or other high-pressure sources are cross-fired at one another inside a container evacuated to such a low pressure that the molecules travel in straight paths (beams), in effect permitting reactions to be studied one collision at a time. Lasers are used to prepare the molecular reagents in known internal states (to fix the degree of vibration and rotation) and to probe the internal state distributions of the reaction products. In this manner one can learn how the states of the reactants evolve into the states of the products. This new chemistry is providing not only a deeper understanding of the forces operative during that fleeting moment when reactants interlock and products separate, but also the basis for control of chemical processes such as separation of isotopes and gas-phase chemical etching of semiconductor wafers.

One of the simplest of chemical reactions is that between a hydrogen molecule and a hydrogen atom or one of its isotopic analogs, yet there is much about

it that is not understood. Because of the problem of preparing known concentrations of H_2 in the first excited vibrational state ($v = 1$) with this infrared-inactive molecule, it has only recently become possible to use this reaction in assessing the effect of vibrational excitation. Wolfum and co-workers (19) overcame this problem, studying the reaction $D + H_2 \rightarrow DH + H$, by exposing a low-pressure flow of HF + H_2 in a helium carrier to short pulses (10 microseconds) from an HF laser tuned to the HF ($v = 0$) $\rightarrow$ HF ($v = 1$) fundamental. Rapid population of H_2 ($v = 1$) occurs by near-resonant vibrational transfer from HF ($v = 1$). Upstream D atoms, generated by dissociation of D_2 in a microwave discharge, are introduced into the flow. Absolute concentrations of vibrationally excited HF molecules are determined from time-resolved infrared emission. Concentrations of H atoms are determined from time-resolved absorption, using Lyman- α resonance radiation. Because H_2 ($v = 0$) reacts relatively slowly with D atoms at room temperature, the concentrations of H_2 and D can be adjusted so that the H atom product gives no strong background absorption of the Lyman- α radiation when the HF laser is off. Moreover, the concentrations of H_2 and HF are chosen so that only a small fraction of H_2 is excited to $v = 1$, ensuring that the concentration of H_2 ($v > 1$) is negligible.

It was found that the $D + H_2$ ($v = 1$) reaction was some 4000 times faster than the $D + H_2$ ($v = 0$) reaction, yet the latest quasi-classical trajectory calculations employing highly accurate H_2 potential energy surfaces yield a rate at the same temperature that is more than 40 times lower than the experimental result for $D + H_2$ ($v = 1$). Fully quantum treatments have not narrowed this gap appreciably, indicating that this simplest of chemical processes is not yet well understood.

A similar technique has been used by Zare and co-workers (20) to study the chemistry of vibrationally excited HF in the reaction $Sr + HF$ ($v = 1$) $\rightarrow$ $SrF + H$. A beam of Sr atoms was fired through a scattering chamber filled with HF gas at a pressure of 10^{-4} to 10^{-5} torr. The reaction $Sr + HF$ ($v = 0$) has an energy threshold of 6.4 ± 1.6 kilocalories per mole. When the HF is irradiated, SrF products appear. The rate of the $Sr + HF$ ($v = 1$) reaction once again was found to be orders of magnitude greater than that of $Sr + HF$ ($v = 0$).

Lasers are used to detect reaction products in such experiments by a tech-

nique called laser-induced fluorescence (LIF). Light from a tunable laser is directed into the reaction zone. As the wavelength of the laser is scanned, molecules in the zone are excited when the laser output overlaps an absorption line. Once excited, the molecules reemit the radiation, and some fraction of their fluorescence is imaged onto a photomultiplier. Recording the photomultiplier signal as a function of laser wavelength gives an "excitation spectrum," which is akin to an absorption spectrum but in emission. The observation of bright fluorescence against a dark background makes LIF extremely sensitive; molecular densities in the range 10^4 to 10^5 per cubic centimeter have been measured. The resolution depends on the line width of the laser source. In some studies by J. L. Kinsey and co-workers, single-mode tunable lasers have permitted measurement of the velocity of the molecule along the line of sight of the laser (Doppler effect) as well as the internal state distribution. Not all molecules are suitable for LIF detection, but when the technique can be employed, it brings all the power of molecular spectroscopy to bear on the analysis of reaction products.

In the study of Sr with HF, it was possible not only to determine the internal state distribution of the SrF products but also to investigate how this distribution changes when the HF ($v = 1$) reagents are prepared (i) with different states of rotational excitation and (ii) with different spatial orientations. The former was accomplished by tuning the HF pump laser to different vibrational-rotational transitions, the latter by exploiting the plane polarization of the pump laser output to select a preferred spatial distribution of the vibrationally excited HF molecules. Conversely, the spatial orientation of the SrF products can also be measured by varying the polarization of the tunable probe laser.

In addition, by comparing the $Sr + HF$ ($v = 1$) to the $Sr + HF$ ($v = 0$) reaction when the latter is carried out with excess collisional energy, Zare and co-workers have determined which form of energization is more effective in promoting reaction. It was found that vibrational excitation enhanced the rate up to ten times more than translational excitation at the same total collision energy. This finding is in accord with the generalizations of J. C. Polanyi, based on classical trajectory calculations, that barriers occurring late in the reaction path are more readily surmounted by reagent vibration, but that this mass

combination minimizes the requirement of vibrational energy in overcoming the endothermic reaction barrier.

It was recently reported that lasers can provide radiation fields sufficient to influence intermolecular interactions during that brief moment when there are neither reagents nor products but only a transition state, thereby causing laser-assisted chemistry to occur (21). A molecular beam of K atoms was crossed with a beam of $HgBr_2$ molecules and the interaction volume irradiated with the pulsed output of a flash lamp-pumped dye laser tuned to 595 nanometers. At this wavelength the laser can excite neither reactants nor products. When the laser was on, luminescence was observed at 500 nm and attributed to emission from electronically excited $HgBr$. This product was presumed to have been formed by absorption of light ($h\nu$) during the reactive collision $[K-HgBr_2] + h\nu \rightarrow KBr + HgBr$. Such studies may permit chemists to probe the transition state and to obtain direct information about the bond-making-bond-breaking process.

These new experimental techniques are enabling chemists to focus on the role of individual reactive collisions and are providing a hitherto unseen view of chemical reactions.

References and Notes

- ESCA, electron spectroscopy for chemical analysis; AES, Auger electron spectroscopy; ISS, ion-scattering spectroscopy; SIMS, secondary ion mass spectroscopy; LEEDS, low-energy electron diffraction spectroscopy; SEM, scanning electron microscopy; NMR, nuclear magnetic resonance; ICR, ion cyclotron resonance; and ICP, inductively coupled plasma.
- G. Y. Chin, *Science* **208**, 888 (1980).
- U.S. Dep. Agric. *Agric. Handb. No. 291* (1965).
- W. J. Storck, *Chem. Eng. News* **58** (No. 17), 10 (1980).
- Pest Control Strategies for the Future* (National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1972).
- B. C. Anderson, L. R. Barton, J. W. Collette, *Science* **206**, 807 (1980); T. Alfrey, Jr., and W. J. Schrenk, *ibid.*, p. 813; J. Mort, *ibid.*, p. 819.
- E. Knight, M. Hunkapiller, B. D. Korant, R. W. F. Hardy, L. E. Hood, *ibid.* **207**, 525 (1980).
- A. M. Maxam and W. Gilbert, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **74**, 560 (1977).
- J. Abelson, *Annu. Rev. Biochem.* **48**, 1035 (1979).
- V. Chowdhary and F. H. Westheimer, *ibid.*, p. 293.
- A. H.-J. Wang, G. J. Quigley, F. J. Kolpak, J. L. Crawford, J. H. van Boom, G. van der Marel, A. Rich, *Nature (London)* **282**, 680 (1979).
- J. A. Barker and D. Henderson, *Rev. Mod. Phys.* **48**, 587 (1976).
- B. Widom, *J. Chem. Phys.* **43**, 3896 (1965).
- K. G. Wilson, *Rev. Mod. Phys.* **47**, 773 (1975).
- C. Domb, *Adv. Phys.* **19**, 339 (1970).
- D. M. P. Mingos, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1977**, 602 (1977); K. Wade, *Adv. Inorg. Chem. Radiochem.* **18**, 1 (1976).
- J. K. Burdett, *J. Am. Chem. Soc.* **102**, 450 (1980).
- R. Hoffmann, T. A. Albright, D. L. Thorn, *Pure Appl. Chem.* **50**, 1 (1978); F. A. Cotton, *Acc. Chem. Res.* **11**, 225 (1978).
- M. Kneba, U. Wellhausen, J. Wolfum, *Ber. Bunsenges. Phys. Chem.* **83**, 940 (1979).
- A. Gupta, D. S. Perry, R. N. Zare, *J. Chem. Phys.*, in press.
- P. Hering, P. R. Brooks, R. F. Curl, Jr., R. S. Judson, R. S. Lowe, *Phys. Rev. Lett.* **44**, 687 (1980).

Additional Readings

1. Geophysics Study Committee, *Continental Tectonics* (Geophysics Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980).
2. U.S. National Committee on Geochemistry, *Orientations in Geochemistry* (National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1973).
3. U.S. Geodynamics Committee, *Geodynamics in the 1980's* (Geophysics Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980).
4. R. K. Bambach, C. R. Scotese, A. M. Ziegler, "Before Pangea: The geographies of the paleozoic world," *Am. Sci.* 66, 26 (January-February, 1980).
5. J. G. Sclater and C. Tapscott, "The history of the Atlantic," *Sci. Am.* 240, 156 (June 1979).
6. T. H. Jordan, "The deep structure of continents," *ibid.* 240, 92 (January 1979).
7. B. Marsh, "Island arc volcanism," *Am. Sci.* 67, No. 2 (March-April, 1979).
8. D. L. Peck, T. L. Wright, R. W. Decker, "The lava lakes of Kilauea," *Sci. Am.* 241, 114 (October 1979).
9. C. G. Chase, E. M. Herron, W. R. Normak, "Plate tectonics: Commotion in the ocean and continental consequences," *Annu. Rev. Earth Planet Sci.* 3, 271 (1975).
10. K. Burke, "The Avalacogens and continental breakup," *ibid.* 5, 371 (1977).
11. E. Bullard, "The emergence of plate tectonics: A personal view," *ibid.* 3, 1 (1975).
12. *The Future of Scientific Ocean Drilling*, Report by an Ad Hoc Subcommittee of the JOIDES (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling) Executive Committee, Seattle, Washington, 1977).
13. U.S. Geodynamics Committee, *Continental Scientific Drilling Program* (Geophysics Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1979).
14. Panel on Continental Margins, *Continental Margins* (Ocean Sciences Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1979).
15. U.S. National Report to IUGG, *Rev. Geophys. Space Phys.* 17, Nos. 2-7 (1979).
16. U.S. Geodynamics Committee, *U.S. Program for the Geodynamics Project: Scope and Objectives* (Geophysics Research Board, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1973).
17. W. K. Hartmann, *Astronomy: The Cosmic Journey* (Wadsworth, Belmont, Calif., 1978).

Nota:

Com he indicat al principi, subscriu tot el que es diu en aquest article. En tot cas, només hi afagiria un apartat: el corresponent a les reaccions amb transferència de fase, de tanta importància en la indústria química, ja que permeten emprar aigua enlloc de dissolvents orgànics, cars i perillosos, i bases inorgàniques en lloc de bases tan exòtiques com el tert-butòxid potàssic o l'amidur sòdic.

Vegeu, E.V. Dehmlow i S.S. Dehmlow, "Phase-Transfer Catalysis", Verlag-Chemie, Weinheim, 1980.

LA RENOVACIÓ TECNOLÒGICA I EL FUTUR

DE CATALUNYA: QUÍMICA

Per .

Lluís Puigjaner Corbella

Informe presentat a

Fundació Jaume Bofill

Barcelona, Gener 1981

1. INTRODUCCIO

L'objectiu d'aquest estudi preliminar és donar una visió global de la situació actual de la indústria química a Catalunya. Al mateix temps una avaluació sistemàtica i concisa dels seus problemes, anàlisi històrica i l'estudi de l'entorn industrial al nostre país, així com les consideracions sobre la trajectòria de desenvolupament tecnològic fan possible un pre-diagnòstic d'accions a emprendre.

No es tracta de presentar un treball erudit i acadèmic construït sobre hipòtesis discutibles sense tenir en compte la realitat del nostre país i les seves limitacions. La limitació més important a l'hora de presentar aquest treball està precisament en la insuficiència de dades i el seu grau de fiabilitat. En aquest sentit donem una importància especial a l'esdeveniment històric dels fets que determinen l'estat actual del sector industrial químic i que poden donar l'enfoc adequat per un replantejament de cara al futur amb l'ajut que suposa l'avaluació dels paràmetres significatius d'aquesta evolució històrica i la nova orientació que marca.

Tractarem d'aspectes estructurals que defineixen les caracteristiques del sector químic d'una forma general, per analitzar després les relacions existents amb altres sub-sectors de la indústria i la seva importància econòmica relativa. L'anàlisi d'aquests aspectes permeten la valoració de la indústria química catalana i la seva potencialitat mesurat amb un índex que podriem dir d'agressivitat, o sigui, de competitivitat i capacitat de penetració al mercat tan interior com exterior. Aquesta potencialitat està condicionada essencialment a la renovació i innovació

tecnològica, problema intrinsecament lligat a l'existència d'una recerca aplicada i bàsica que ha de tenir solució dins d'una col·laboració Indústria-Universitat-Estat ben plantejada. Les conclusions són modestes, no volen ser optimistes ni pesimistes però constructives i que permetin realitzacions immediates dins d'una línia oberta al futur.

2. PERSPECTIVA HISTÒRICA

Resulta especialment significatiu l'estudi del desenvolupament històric de la indústria química al país català, les influències estrangeres i els mecanismes de la seva evolució tecnològica. El procés d'industrialització català comença al voltant de l'any 1780 amb la mecanització incipient de la indústria tèxtil (Vilar, 1968). L'acceptació de procediments tecnològics nous és progressiva fins l'any 1850 dins de la indústria tèxtil que es mostra competitiva i que protagonitzarà durant més de cinquanta anys la producció industrial catalana. Però una indústria potent no es consolida sobre un sol sector, sino que requereix un ampli espectre de producció. Aquesta manca de diversificació industrial als països catalans va perjudicar grument el desenvolupament tecnològic del nostre país, perquè malgrat una metal·lúrgia molt dèbil i un sector químic incipient, la indústria catalana restarà marcada per un predomini del sector tèxtil fins l'any 1960, segons conclusions d'un estudi recent (Floé, 1978). L'aspecte més important des d'un punt de vista tecnològic, del desenvolupament global de la nostra indústria, és el seu retard i dependència respecta al progrés d'industrialització estrangera. Pel que fa al sector químic, és notable observar que malgrat un creixement feble i un fort condicionament subestructural, presenta unes característiques insólites d'absorció d'invençions gràcies a l'escola de química creada per la

Junta de Comerç a l'any 1775, factor molt important pel desenvolupament industrial i exemple precedent del paper eficaç de la col.laboració Universitat-Indústria.

2.1. Enginyeria Química: origen i evolució.

La indústria química es desenvolupa tecnològicament gràcies a la creació d'una nova ciència interdisciplinària que reagrupa coneixements dispersos sota un nou concepte anomenat Enginyeria Química. Pel que fa a la seva evolució històrica podriem dir que els primers anys del segle actual deixen entreveure elements puntuals que després seran a la base d'aquesta nova ciència d'enginyeria, per exemple, les primeres equacions plantejades per la resolució de balanços de matèria en el càlcul d'unitats de separació tal com columnes de destil·lació, són d'aquesta època (Branch 1975, Sargent 1977). Durant el període de 10 anys després de la primera guerra mundial, varen aparèixer successivament les equacions de balanços de matèria i energia en el càlcul d'unitats químiques senzilles (anys 1922-23), i l'esdeveniment de la teoria de mecànica quàntica (any 1924); descoberta de la penicilina (any 1928); incorporació de l'electrònica a l'equip química i la primera classificació d'operacions unitàries (any 1930).

La situació científica abans la segona guerra mundial és paradoxalment d'intensa recerca: especialistes de les principals disciplines estan sensibilitzats per la importància del desenvolupament i de la recerca aplicada en front a l'enorme quantitat de dades tècniques i científiques disponibles, acumulada els darrers anys. La situació actual és el resultat de la incorporació de noves eines de treball procedents de conceptes essencialment matemàtics. La Taula I mostra l'esforç científic realitzat i l'eina de treball resultant.

TAULA I. Relació entre ciències i eines de treball derivades.

<u>Ciència</u>	<u>Eina</u>
Cibernètica	Automàtica
Teoria d'informació	Computadors
Teoria de Jocs	Optimització
Teoria de decisió	Simulació
Topologia	Teoria de Grafos
Anàlisi factorial	Discriminació de models
Teoria de sistemes	Flowsheeting

La incorporació d'aquestes eines de treball per part de l'enginyeria química és paulatina i ha suposat un endarreriment en la utilització aplicada dels conceptes matemàtics esmentats de quasi 25 anys. També s'ha de dir que l'aportació científica de l'enginyer de disseny ha estat notable en els darrers anys, forçat per la complexitat del sistema, aquest és per exemple el cas dels mètodes de resolució de sistemes d'equacions diferencials i algebriques no-lineals (Puigjaner, 1979; Orbach, 1971).

L'enginyeria química a Catalunya te l'origen estretament vinculat a la Universitat. Són industrials amb coneixements de Química i Física els qui començaren els ensenyaments a la càtedra de Química (any 1803) de l'Escola Industrial creada a Barcelona l'any 1775, sota el patrocini de la Junta de Comerç, i serà de la mateixa escola el primer Enginyer Industrial d'Espanya (any 1856). Durant 32 anys l'Escola de Barcelona serà l'única a Espanya on es podran cursar aquells estudis que constitueixen la carrera d'Enginyer Industrial (1866-1899). Es pot dir que practicament fins

l'any 1949 en el que es celebren a l'Escola les sessions de treball del Congrés Internacional de Química Industrial, els professors són industrials amb un esprit innovador i renovador que necessita d'una formació sòlida i capdavantera:

"Por ser notoria no exige encarecimiento la conveniencia de que se cuente en España con un personal técnico capacitado por su ciencia y su pericia para la acertada dirección de los establecimientos industriales que corre entre nosotros en multitud de casos a cargo de extranjeros" (Exposición del Reglamento de la Escuela Central de Ingenieros Industriales de Madrid, 1907)

El Reglament pràcticament comú a les tres Escoles existents en aquesta època (Barcelona, Bilbao, Madrid) resulta especialment revelador d'aquest esprit innovador quan diu al capítol primer que l'objecte primordial de l'Escola és:

"Adquirir exacto conocimiento de los progresos e inventos de mayor utilidad, relativos a las artes fabriles y manufactureras, en los países extranjeros para propagarlos en el nuestro...
... Verificar en sus gabinetes, laboratorios y talleres las experiencias, ensayos, análisis y reconocimientos que ordene la superioridad o soliciten las Corporaciones y los particulares, referente a mecánica, física o química industrial". (Reglamento de la Escuela Central de Ingenieros Industriales de Madrid, Título Primero, Capítulo Primero, Art. 11, 1902).

Més endavant farien referència a aquestes línies directrius que revelen l'esprit d'una època, i són per altre banda de plena actualitat. La crisi dels anys 30 va afectar profundament a la indústria catalana, agreujada pel pes relatiu del sector tèxtil que vapàtir les conseqüències d'una política de concentració desorbitada. Els aspectes econòmics i socials d'aquesta crisi han estat analitzats per diversos autors (Floà, Gasòliba i Serra, 1978). Malgrat tot resulta significatiu que la decadència d'aquesta època coincideix amb el inici i progressiu allunyament de la indústria i les Institucions de Formació Professional (Escoles). Inclús, quan superada la crisi i gràcies al Plá d'Estabilització de 1959 sembla que el futur industrial està assegurat, l'existència del divorci Universitat-Indústria-Estat restarà a llarg plaç com la causa essencial de la manca de competitivitat i capacitat creadora d'una indústria fonamentada en general en una eufòria coyuntural.

Insistirem doncs en aquest treball en aquests aspectes que han influenciat i poden influir en la renovació tecnològica i per tant, al futur de Catalunya des de la perspectiva de l'evolució tecnològica actual mundial. Com a conclusió presentarem línies de reflexió i actuació de cara al futur.

3. EVOLUCIÓ TECNOLÒGICA DEL SECTOR QUÍMIC

El desenvolupament tecnològic al sector químic ha estat conditionat per la progressiva incorporació de tècniques i conceptes provinents d'altres ciències, comha estat exposat a l'aparat anterior. La Taula I mostra clarament que aquesta evolució tecnològica es pot reagrupar en dos blocs d'elements innovadors:

l'automatització i el disseny del procés químic.

3.1. Estat actual de l'automatització a la indústria de procés

El desenvolupament actual de circuits electrònics amb elevat grau d'integració, fiabilitat i robustesa han modificat substancialment el nivell d'interacció en la indústria de procés i els criteris de la seva aplicació més correcta.

En primer lloc apareixen com assequibles industrialment microcomputadors caracteritzats per:

- un elevat grau d'integració i fiabilitat de funcionament.
- implementació sense problemes d'arquitectures complexes jerarquitzades o en paral·lel.
- desenvolupament d'un software senzill i estandarització en augment.
- contínua disminució de la relació preu/prestacions.

Per altre banda, l'enginyeria del "software" permet la implementació de programes modulars, d'utilització simple i flexible i fàcil manteniment. Els llenguatges d'alt nivell són també assequibles en sistemes que operen en temps real d'una forma altament fiable. Aquestes consideracions, entre altres, suggereixen la possibilitat d'introducció als actuals sistemes d'automatització de processos d'una nova generació d'elements que alteren significativament la seva configuració i augmenten la seva rentabilitat i fiabilitat. L'aplicació d'aquests elements d'automatització de concepció nova requereixen una definició acurada del problema i els objectius que es persegueixen.

De fet, una vegada solventats els problemes d'inadequació, seguretat i fiabilitat dels sistemes, és necessari investigar l'impacte de l'automatització sobre l'organització del treball i l'estructura de producció. La tendència actual consisteix en el disseny global d'un "sistema d'informació" en el que poden ser articulades variades aplicacions. Això no significa una centralització de "hardware" o "software", sino al contrari, implica una aplicació incrementada dels mini/micro computadors en el cas d'automatitzacions simples (sense objectius d'automatització complexe o massa sofisticats) que assegurin un baix cost de producció i una facilitat d'agregació de les diverses unitats de computació si és necessari. Concretament, la idea del computador concebut com un element adicional o suplementari de la planta de procés existent està ja superada i substituïda per un replantejament gradual del procés des de la fase preliminar de disseny. Aquesta tendència és especialment veritat en el cas de Companyies amb un nivell de producció molt elevat i que es dediquen també al camp de l'enginyeria de procés (Puigianer, 1980).

La concepció actual del sistema d'automatització de processos està basada essencialment en el diàleg senzill i significatiu, amb un llenguatge àgil i de fàcil comprensió, utilitzant terminals de vídeo que faciliten l'interacció. Els sistemes de control del futur preveuen la regulació i acció de poques variables però que aquestes siguin selectivament significatives; aquesta posició té com objectiu la limitació dels elements de desconfiança que es generen quan un element innovador és insertat en un procés existent.

El raonament que precedeix ha causat un canvi profund en el paper i les qualificacions professionals que els "experts" i els "informàtics" han de tenir en projectes que requereixen la utilit-

ració del computador. La complexitat del procés químic i l'ús de les noves eines de treball mencionades fan de l'enginyeria química una ciència manifestament interdisciplinària amb un lloc preferent per l'enginyer de disseny, com direm més endavant. És més, aquesta nova concepció d'enginyeria de procés elimina virtualment les hipòtesis gratuïtes sobre el retorn futur com un instrument per justificar les decisions i les inversions.

3.2. Tendències actuals d'automatització

Tant les companyies autònomes, departaments quasi independents de grans indústries com grups de recerca industrial vinculats al sector universitari, han fet un replantejament de les regles d'utilització dels sistemes d'automatització tant pel que fa al control empresarial com al propiament del control de procés. Les principals característiques d'aquesta nova estratègia queden resumides a continuació:

En primer lloc predomina una tendència a establir totes les possibles maniobres automatitzades ja des de l'etapa preliminar de disseny del sistema i això significa la participació dels "informàtics" en la mateixa fase de reconsideració i selecció de solucions alternatives del sistema, i per tant la seva involucració en problemes tipus d'enginyeria de procés, que d'alguna manera ha de conèixer i percebre-se de la interrelació dels paràmetres operatius controlables del procés.

Una conseqüència immediata és la tendència actual a fer desaparèixer la instrumentació analògica que queda reemplaçada per la digital, així el control centralitzat esdevé distribuït en

en unitats intel·ligents situades aprop del procés, connectades per terminals interactius video. Naturalment que encara estem en una fase de planejament i verificació, mentres els problemes tecnològics troben solucions més satisfactòries i adequades a les demandes dels usuaris, sempre molt exigents en termes de flexibilitat simplicitat i baix cost global. Endemés, la dificultat més seriosa resta sempre en el caràcter innovador que comporta riscos importants en la modificació radical que presuposa de les condicions de manipulació del procés de producció, risc que no sempre està preparat per acceptar.

Un segon aspecte significatiu de l'actual renovació tecnològica és l'estalvi d'energia, un dels problemes actuals més importants a resoldre. En aquest sentit, les solucions més optimites apunten a la utilització del microprocessador local per millorar el control d'una manera efectiva sobre el balanç exergètic global del procés (Rathore i Powers, 1975). L'esforç de recerca és enorme en aquest camp especialment en aquelles plantes on es donen elevats consums de potència (per exemple el cas de les refineries, on el problema de rendiment és essencialment un estudi d'eficàcia en l'intercanvi tèrmic del procés). Les solucions actuals tracten per una banda de resoldre la dificultat actual de disponibilitat limitada d'elements de "hardware" adequats (especialment interfases necessàries amb la instrumentació) amb un esforç de disseny que fa servir elements estàndards per assolir el funcionament desitjat; per altre banda es tracta de reduir els costos d'implementació del "software" mitjançant llenguatges de nova concepció adaptats als algorismes de control, de coordinació seqüencial (per exemple: posta en marxa i tancament de les plantes, carga i descarga de camions i vaixells, etc.), llenguatges que suplirien l'actual lògica cablejada (Mah i Rafal, 1971).

Un altre punt d'interès està en superar el tradicional anàlisi "cost-profit" sense el qual resultava totalment impossible la mera proposta d'automatització. Aixó significa que tota nova proposta especialment quan es refereix a una planta de producció encara inexistent, deu ésser competitiva simplement a nivell de costos d'inversió comparada amb el disseny tradicional segons el tipus d'aplicació. Aquestes noves propostes comporten sovint el resultat d'experiències concretes que han forçat a una modificació global de l'estructura dels sistemes de regulació i control (noves formes d'operació, més fiabilitat, etc.); a més, l'aplicació cada vegada més nombrosa del "software engineering" aconsegueix una considerable reducció dels costos en la realització dels programes oferint una elevada garantia de fiabilitat i facilitat de manteniment.

Les necessitats actuals i les previsions de cara al futur indiquen que la reintroducció del computador com element de control, supervisió i coordinació de plantes industrials, resulta del tot indispensable i la seva implantació seguirà un ritme de creixement molt elevat. A títol d'exemple farem menció d'aplicacions actuals que utilitzen el microprocessador de forma extensiva segons la filosofia abans esmentada:

- Refineries: organització i coordinació dels dipòsits.
manipulació de matèries.
transport de cru i productes acabats.
- Plantes per fabricació de:
 - Clorur sòdic
 - Diòxid de titani
 - Etilè

Agents per tenyit
 Vynavyl
 Etosilats
 Antiparàsits
 Processos de fermentació

- Aplicacions específiques:

Control de Forns
 Control d'autoclaus
 Control de reactors
 Control d'acabat
 Instal·lacions de control de desalinització
 Control de maquinària de filatura

Les aplicacions immediates d'aquest tipus d'automatització corresponen a indústries que suposen un cost proporcional elevat d'energia i ma d'obra com factors decisius de la producció. Així l'automatització s'aplica preferentment a plantes caracteritzades per processos per cargues, en plantes electroquímiques, en indústries dedicades a química fina; pel que fa a altres tipus de processos la introducció del microcomputador és més lenta, troba especial dificultat en plantes ja existents de concepció tradicional. El replantejament total o parcial d'aquestes indústries a nivell de disseny és l'única solució adequada i actualment variable gràcies a la utilització de simuladors.

3.3. Tecnologia de disseny

La situació actual de renovació tecnològica a l'enginyeria de disseny te dos aspectes estretament vinculats: indústria i ensenyament (Motard i altres, 1975). El que originalment va ésser un

projecte universitari esdevingué un producte essencialment comercial. Tanmateix, la situació actual demana la interrelació mútua d'una recerca aplicada barata però de gran qualitat, provinent de la universitat, i una metodologia d'assaig i anàlisi dels resultats obtinguts a escala industrial. Tractarem essencialment de l'estat actual de la metodologia de disseny, ja que la descripció de la tècnica com a tal ha estat descrita recentment en articles especialitzats (Puigianer, 1978, 1979).

L'enginyeria de disseny de processos industrials està lligada essencialment al concepte de "flow-sheeting" que ha estat definit recentment per la Federació Europea d'Enginyeria Química com el "know-how" de l'Enginyer Químic (Depeyré, 1980). Les tècniques actuals de "flow-sheeting" són el resultat de l'aplicació satisfactòria de l'anàlisi de sistemes i síntesis de procés als diagrames de fluxe de plantes químiques utilitzant conceptes desenvolupats en automàtica, ciència del computador, optimització, simulació, teoria de grafos i discriminació de models (Taula I). En tot cas la metodologia de disseny comporta la modelació del procés amb les següents etapes:

1. Estudi cinètic: elecció de la cinètica adequada que permeti transformar les matèries primes en productes acabats amb el màxim rendiment. Es una tasca que s'ha de portar a terme en laboratoris especialitzats i Centres Universitaris.
2. Síntesi del procés: Estudi de les operacions físiques necessàries per realitzar la cinètica escollida. Unitats de procés que realitzen les esmentades operacions físiques. Topologia (flow-sheeting).
3. Simulació simplificada de la topologia escollida.

4. Realització i estudi de la maqueta.
5. Estudi dels paràmetres operatius a la Planta Pilot.
6. Simulació i optimització tècnico-econòmica: assaig de processos alternatius.
7. Extrapolació al Projecte Industrial.

Les etapes 3 i 6 han permès avanços definitius en el cost i eficàcia del disseny industrial en la resolució de tres tipus de problemes essencials:

- a) Com millorar el rendiment d'una planta existent amb un cost mínim.
- b) Disseny d'una nova planta d'un procés conegut utilitzant nova tecnologia.
- c) Elecció de la cinètica i del procés adequat per produir un cert producte de característiques noves o més competitiu.

Els tres tipus de problemes suposen algunes o totes les etapes descrites anteriorment. El nucli essencial del disseny actual està en l'etapa de simulació que porta a la realització d'un "flow-sheeting" final, amb una eventual optimització sota un criteri, en general, de tipus energètic-econòmic. La Fig. 1 representa la seqüència de disseny d'una planta de procés. Com es pot veure, l'obtenció del "flowsheet" final suposa una iteració selectiva entre alternatives diverses des de l'elecció de la cinètica més adient fins al disseny òptim afegint criteris optimitzadors d'estratègia energètica i funcions econòmiques avaluadores diverses. (Branch, 1970; Seader, 1972).

6. La metodologia expresada resulta evidentment complexa i solament factible gràcies a l'existència dels actuals "paquets" de simula

ció veritablement sofisticats i que ajuden a les decisions finals amb garanties de fiabilitat i rendiment coneguts amb un grau de certesa molt elevat. En definitiva, es tracta de la realització de projectes industrials no solsament viables, sino d'aquest disseny que sigui més competitiu.

5. VALORACIO DEL SECTOR INDUSTRIAL QUIMIC A CATALUNYA

L'anàlisi de dades actuals existents sobre la situació industrial a Catalunya mostra l'enorme pes específic del sector químic al nostre país respecte altres països. Segons dades de 1973, el sector químic representava a Catalunya el 13.4% del total, molt superior a la mitjana europea, ja que a Alemanya el 8.16%, el 7.43% a França, el 8.94% a Itàlia, el 8.60% a Bèlgica i el 7.26% a l'Anglaterra (Flores i altres, 1978). Aquest pes relatiu és més remarcable encara tenint en compte que el sector tèxtil solament representa en l'actualitat el 16.2% del total, el que significa que el sector industrial químic ha augmentat essencialment a costa del sector tèxtil excessivament predominant en èpoques anteriors. Per altre banda, la tasa de creixement anual acumulada del sector químic, segons el mateix estudi, és del 18.43 en el període 1962-1973, superior a la tasa mitjana de creixement dels altres sectors. En el capítol d'inversions, el sector químic destaca clarament el seu pes productiu amb el 25% del total pel mateix període; al respecte cal senyalar que les inversions estrangeres estan dirigides fortament al sector químic i suposen el 46% del total.

Mentres que altres dades estadístiques importants poden trobar-se a la bibliografia esmentada, les xifres recollides indiquen clarament el pes del sector químic sobre el total i el seu índex de creixement molt per sobre l'evolució mitjana d'altres

sectors. Per altre banda es dedueix que aquest creixement ha estat impulsat essencialment per l'intervencionalisme d'empreses estrangeres que llògicament venen a aprofitar-se dels sectors amb més futur. Aquest intervencionalisme no resultaria greu si no fos per la política de control de producció de les filials. Són excepcions les empreses estrangeres que permeten una certa autonomia de producció, la possibilitat de recerca, la capacitat d'iniciativa i maniobra. En el millor dels casos la recerca de la filial espanyola ha estat condicionada a l'estudi de problemes difícils o de solució rentable dubtosa a la casa mare. Aquesta situació dona com a resultat unes característiques pròpies de la indústria catalana (sector químic) que podriem resumir així:

- La indústria catalana apareix especialitzada en tres sectors: textil, maquinària i indústries químiques, però és el sector químic el que mostra un índex de creixement netament superior als altres per convertir-se en el sector industrial potencialment més competitiu de cara al futur.
- L'evolució del sector químic ha estat essencialment vinculat a les inversions estrangeres. Aquesta vinculació resulta freqüentment en una paralització d'iniciativa, d'agressivitat i competitivitat al mercat, i de recerca pròpia.
- Falta competitivitat "territorial". La producció està dirigida a un mercat internacional pel qual no existeix preparació, mentre es descuiden les necessitats del mercat interior de característiques pròpies i que necessitarien del desenvolupament d'iniciatives pròpies.
- La tecnologia emprada en general pel sector industrial químic

està anticuada. El grau d'automatització és baix o manca totalment. Es tracta d'empreses conservadores amb tècnics poc preparats, reluctants a la reconversió industrial.

- La labor investigadora i de disseny propi és pràcticament nula, agreujant la dependència estrangera i elevant els costos de producció. Són excepcionals els casos de cooperació tecnològica i científica amb la Universitat, i encara que encomiables aquests són resultats d'experiències personals i no d'una política eficaç de col.laboració a nivell Estatal impulsada pels organismes competents.

Cal assenyalar que el gran dèficit del sector químic català està precisament en les línies estudiades en l'apartat anterior (pàrraf 3): a) automatització descentralitzada (utilització de microelectrònica) per millorar el nivell de productivitat ja des d'una base tecnològica, i b) creació d'una capacitat de disseny propi (capacitat innovadora i renovadora) mitjançant metodologies de simulació i optimització dirigides a crear un producte competitiu i de forta incidència al mercat que li és propi.

6. CONSIDERACIONS FINALS

S'han considerat dos elements tecnològics que considerem indispensables en les previsions de la indústria del sector químic sota el prisma d'una posta a punt efectiva de la seva competitivitat nacional e internacional. Hem prescindit d'aquells aspectes de mercat, d'entorn social, econòmics, etc. que són l'objecte d'altres membres de l'equip que elabora aquest informe. Hem tractat doncs d'automatització i de disseny a la indústria de procés com agents d'innovació i renovació tecnològica de processos exis-

tents i creació de noves plantes de cara al futur.

Malgrat un retard històric en l'acceptació de noves eines de treball, internacionalment la indústria de procés ha experimentat finalment l'impuls creador d'una innovació tecnològica per una banda i per una altra una renovació tecnològica accelerada. Per diverses circumstàncies no sempre culpables, la indústria del nostre país ha ignorat aquest desenvolupament que fa actualment necessària la utilització d'aquestes tècniques per tal d'assolir productes competitius dins l'entorn d'un mercat que és essencialment competitiu. Per aixó cal una mentalització inicial no sempre fàcil. Es necessària una mentalització inicial de tipus econòmic: la utilització de la innovació i renovació tecnològiques aquí exposades suposen un estalvi en el projecte inicial i una disminució de costos del producte final. La selecció de la cinètica adequada, la concepció del procés de transformació i el disseny mecànic final tenen uns costos sensiblement inferiors al utilitzar les tècniques indicades de forma eficient. Cal formar-se e informar-se en aquestes tècniques que en definitiva determinaran un rendiment comparatiu superior i el condicionament del futur industrial del nostre país.

Innovació i renovació, formació e informació necessiten de la col.laboració Universitat-Empresa-Estat. Utilitzant el seu paper moderador, l'Estat tindria de definir en tot cas unes línies prioritàries de recerca i desenvolupament, recolzant una política industrial de potenciació selectiva sense caure en l'error històric d'un desequilibri industrial ja esmentat en el cas del sector tèxtil. Es cert que les relacions Universitat-Empresa comencen a donar fruit, però són casos aïllats i vinculats a persones, no a entitats. La reticència de l'industrial a utilitzar la potencialitat intel·lectual certa però lenta i farragosa de la Universitat té la seva justificació. Però el futur probable no admetrà aquesta

classe d'excuses i exigirà productes competitius basats en dissenys competitius i elaborats de forma competitiva. La capacitat industrial del nostre país és un fet històric comprovat i la capacitat intel·lectual de la nostra Universitat ha estat demostrada quan se li ha deixat fer-ho. Cal ajudar i controlar a les dues parts i aquest paper impulsor eficaç correspon certament a la Generalitat. Creiem finalment com a resum que, des d'un punt de vista tecnològic, la nova revolució industrial que es manifesta de forma accelerada en tots els sectors industrials, consisteix en la inserció de la microelectrònica en el procés que en el nostre cas significa automatització, en el sentit que hem explicat i utilització de simuladors i optimitzadors en el disseny de processos. Aquests dos factors han d'ajudar enormement i cooperar a la capacitat competitiva i dinàmica de la indústria del nostre país.

REFERENCIES

Branch, J. Kinetics-art of Science, Chemistry and Industry, 7 738 (1970)

Depeyré, D. System Analysis and Process Synthesis: A new way for Chemical Engineering, Proc. 13th Eur. Symp. Chem. Eng. Heriz Hungary (1980)

Flos, A., C.A. Gasóliba i N. Serra, La Indústria a Catalunya, Caixa d'Estalvis i Mont de Pietat de Barcelona (1978).

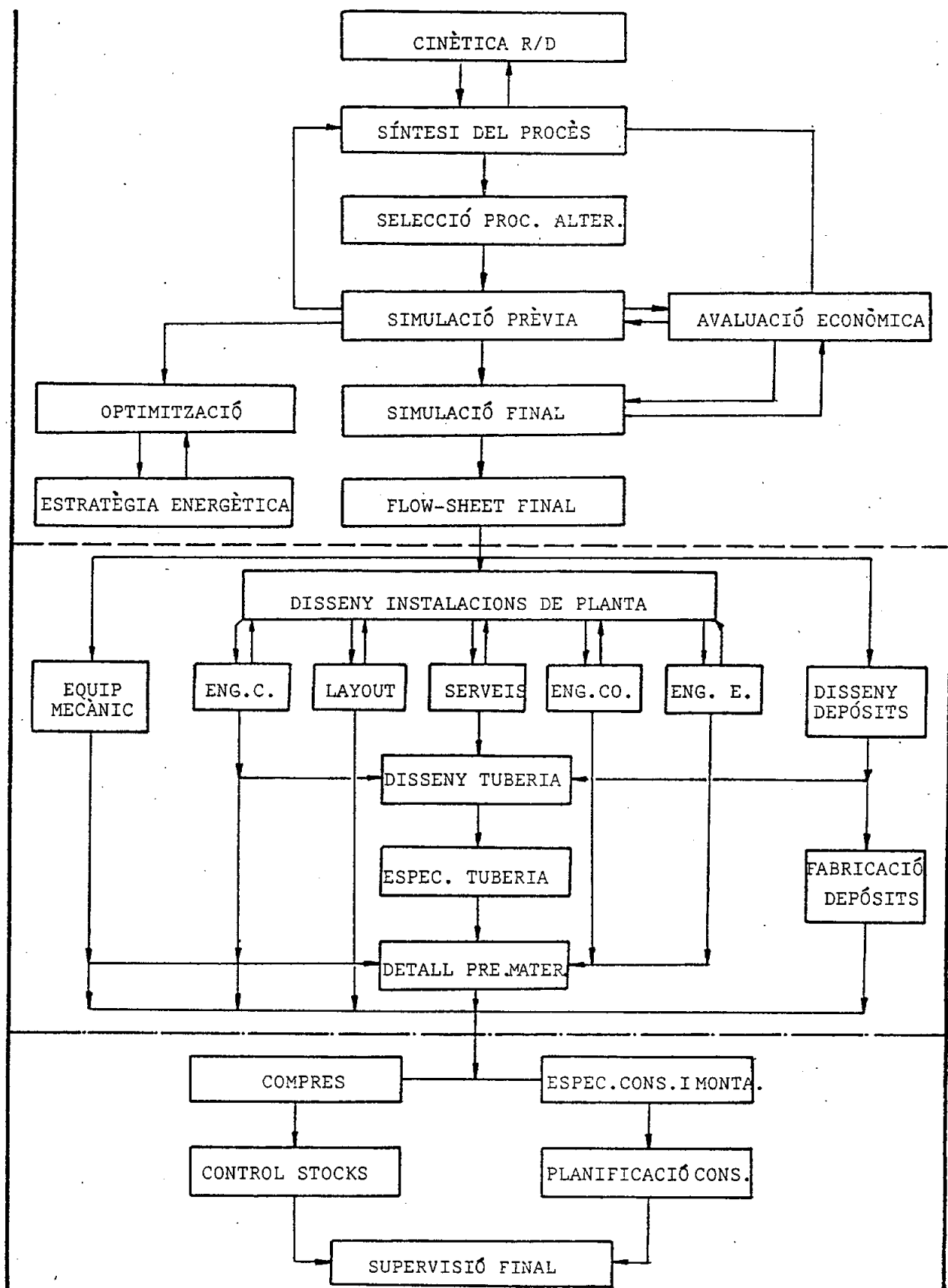
Mah, L., i R. Rafal, Automatic Program Generation in Chemical Engineering computation, Trans. Inter. Chem. Eng., 49, 707 (1971)

- 20.-
- Motard, R.L., M. Sacham i E.M. Rosen, Steady State Chemical Process Simulation, AIChE J., 21 (3), 417 (1975)
- Orbach, D., i C.M. Crowe, Convergence Promotion in the simulation of Chemical Processes with Recycle - The Dominant Eigenvalue Method, Can. J. Chem. Eng., 49, 509 (1971)
- Puigjaner, L., Utilización de simuladores en el desarrollo e implantación de nuevos procesos. Actas del I Congreso Mediterráneo de Ingeniería Química, Vol. 1, 702 (1978)
- Puigjaner, L., Eficacia de los métodos de convergencia acelerada en los simuladores de procesos químicos, Qüestió, 3, nº 2, 71 (1979)
- Puigjaner, L., Simulación de un proceso Reactor-Flash. Aplicación al diseño y optimización de una planta de producción de dicloruro de etileno, Ingeniería Química, 11 (nº 124), 77 (1979 b).
- Puigjaner, L., Ripol, J, Recasens, F., i M. Larrayoz, "Microcomputer controlled system for water treatment pilot plant for educational use and Industrial Scale-up design", pags. 529-547. Proc. CHEMPLANT'80, 13th European Symposium of the Working Party on Routine Calculations and Use of Computers in Chemical Engineering, Hungary, Budapest, 3-5 Sept. 1980.
- Rathore, R.N.S., i G.J. Powers, A Forward branching Scheme for the Synthesis of Energy Recovery Systems, Ind. Eng. Chem. Process, Des. Dev., (2), 175 (1975)
- Sargent, R., Is there a future for Chemical Engineering?, Chemistry and Industry, 14, 396 (1977).

Seader, J.D., i D.E. Dallin, Interactive Graphical System-Computer Design of a Toluene Dealkylation Process, Chem. Eng. Computing, 1, AIChE Workshop Series (1972).

Vilar, P., Catalunya dins l'Espanya Moderna, Ed. 62, Barcelona (1967).

DIRECCIÓ DEL PROJECTE



DOCUMENTACIÓ DE DISSENY

Fig. 1.

Francesc Bassó Birulés

ARQUITECTE

801108

9

FUNDACIO JAUME BOFILL

Barcelona

Estimats amics:

Adjunto el treball corresponent a la meva participació a l'informe "La renovació tecnològica i el futur de Catalunya".

Agraïré en poguessiu fer una correcció de català.
Afectuosament



INFORME FUNDACIÓ JAUME BOFILL

1.- SITUACIÓ DE LA CONSTRUCCIÓ A NIVELL INTERNACIONAL

Fa ja molts anys que la indústria de la construcció ha vingut éssent dominada per la preocupació de reduir la participació de la mà d'obra. La major part dels esforços s'han dirigit cap a la industrialització i d'una forma especial cap a la prefabricació. La imatge d'altres processos industrials ha estat ben present i ha influït fortament dins la seva evolució.

Al final de la darrera guerra mundial, els països europeus afectats es van veure obligats a resoldre els seus propis problemes de reconstrucció, que eren molt greus. Hi havia falta de mà d'obra, de queviures i de materies primes bàsiques i encara que la tendència anava cap a la restauració del lliure comerç internacional, la situació excepcional els va obligar durant alguns anys a regular-ho per mitjà de convenis bilaterals.

Dintre aquests condicionants el canvi que es va produir dins el camp de la construcció i que va iniciar França, fou el de la prefabricació tancada o de primera generació i que ben a viat es va estendre a tot Europa per mitjà d'alguna de les múltiples patents, generalment franceses, que havien sorgit. La prefabricació tancada planteja la construcció d'un edifici descomponent-lo en plafons de grans dimensions que es prefabriquen en una indústria establerta a peu d'obra o a una distància limitada, i que es munten després per mitjà de tècniques i procediments especials en els que adquireixen gran importància les solucions de les juntes entre plafons.

Aquest sistema requereix, naturalment, que existeixi un gran nombre de plafons repetitius i per tant exigeix un programa d'edificis pràcticament iguals i d'un volum suficient que permeti amortitzar la fàbrica que es construeix, única i exclusivament amb aquest fi.

Els plans de reconstrucció foren inicialment molt importants i comptaren amb el suport de l'Estat. Per tal motiu, aquesta tècnica va tenir, en la immediata post-guerra, un desenvolupament molt fort. Això va durar fins els anys 70, ja que a partir d'aquest moment es va iniciar a Europa Occidental una forta davallada, mentre que a Europa Oriental continuà éssent la tècnica prioritària.

La visió dels resultats obtinguts amb aquesta prefabricació tancada és, en general, descoratjadora. Els condicionants que imposa aquesta tècnica i les grans avantatges econòmiques que s'obtenen amb fortes repeticions, han portat a solucions prou desafortunades, no sols des de el punt de vista estrictament arquitectònic, sinó també per la seva baixa qualitat jutjada des de el punt de vista de l'usuari.

En canvi s'han aconseguit resultats molt satisfactoris en quan a la mà d'obra emprada, que no ha passat en molts casos de 15 hores per metre quadrat construït, xifra molt inferior a la de la construcció tradicional.

Paral·lelament a aquesta nova tècnica de la prefabricació tancada, es va produir una evolució molt important cap a la industrialització de la construcció, canviant-se totalment molts sistemes d'execució com el dels moviments de terres, la manipulació dels materials dins l'obra, i la producció d'elements prefabricats, que han conduït a molt fortes reduccions de la mà d'obra que es venia emprant tradicionalment.

Així mateix s'anà desenvolupant també la prefabricació lleu que com tots sabem utilitza plafons de poc pes que permetien satisfer les necessitats sorgides en la construcció de molts edificis diferents als de vivendes, com per exemple, les escoles.

La prefabricació tancada de grans plafons, sols podia sobreviure, com hem dit abans, si es recolzava en uns programes de construcció d'habitatges molt importants, que no podien existir en qualsevol economia, sinó comptava amb una forta vinculació estatal.

Per altra banda els resultats que s'havien obtingut amb els grans conjunts d'habitacles construïts amb prefabricació pesada, foren objecte de fortes crítiques.

Tot això va conduir al fet de que a partir de l'any 70 la construcció industrialitzada a base de grans plafons, començs a minvar a l'Europa Occidental, tendència que no ha cedit fins el moment actual, en que els sistemes industrials per a la construcció de vivendes van ja clarament per altres camins, com ens ho demostra el fet de que actualment a la regió parisina l'habitacle col·lectiu construeix la seva estructura, en el 82 % dels casos, amb encofrat túnel, i sols un 9 % per mitjà de grans plafons.

L'encofrat túnel no és altre cosa que el resultat d'un planteig industrial de la construcció de l'estructura d'un edifici de vivendes incorporant-hi moltes de les avantatges aconseguides durant el període d'utilització dels grans plafons.

A l'Europa Oriental en canvi continua la prioritat absoluta de la construcció d'habitacles amb el sistema de prefabricació tancada de grans plafons, degut fonamentalment als sistemes de programació utilitzats.

Si seguissim considerant a França com a punt de referència, diríem que l'evolució de la construcció va dirigida cap a la utilització general del sistema obert de prefabricació o de segona generació.

Podem definir aquest sistema obert dient que consisteix en que els diferents components que intervenen en l'edificació poden ésser fabricats per indústries diferents, que participien amb amplis catàlegs en un mercat que hauria de garantitzar la compatibilitat dels components amb base a unes lleis de coordinació de tots els elements, acceptades per la generalitat de productes i consumidors i que no limitin, per les seves mateixes característiques, la introducció de nous components realitzats per altres industrials. El sistema obert, seria doncs la suma coordinada de tots els catàlegs de components existents.

La utilització d'aquest sistema requereix, en primer lloc l'acceptació general d'una coordinació modular perfectament establerta a nivell internacional que permeti que els productes fabricats siguin totalment intercanviables, no sols des d'un punt de vista dimensional sinó també per les seves solucions de juntes. Per altra banda, és important tenir en compte que l'estoc de peces de grans dimensions, esperant l'encàrrec del constructor, podria crear problemes greus de financiació.

Tenint en compte tots aquests factors no sembla pas, pel moment, que el sistema de prefabricació oberta hagi de tenir el futur que els francesos n'esperen.

Per on es mouen en el moment actual les tècniques constructives a tot el món?. En primer lloc, el gran nombre d'habitatges unifamiliars i de petits edificis, segueix mantenint l'existència d'una gran quantitat de petites empreses constructores per a les que no resulten adients els grans avençaments tecnològics.

Degut a aquest fet l'anàlisi dels avençaments i de les noves tècniques dins el camp de la construcció, l'hem de fer a través de la gran empresa i de la gran obra.

En primer lloc, és un fet de que, es produeix cada vegada més la incorporació a l'obra, o al taller de prefabricació, de nous mitjans de producció industrial, que permeten reduir el nombre d'hores emprades, utilitzant un personal cada vegada menys especialitzat y també ho és el fet de que cada dia van apareixent als mercats, cada vegada amb més força, una gran quantitat de semi-productes que faciliten d'una forma extraordinària el planteig i execució de les obres, desplaçant cap a la fàbrica i al taller la major part de les operacions a realitzar i reduint el muntatge en obra a unes poques operacions de reduïda durada.

Per altra banda, dins la prefabricació tancada clàssica, o bé dins l'oberta, és cada vegada més freqüent l'utilització d'elements espacials que redueixen el gran problema de les

júntes. Així tenim l'exemple dels blocs tècnics espaials, especialment banys i cuines, que redueixen enormement el treball dins l'obra al incorporar totalment les instal·lacions i els acabats.

Hem parlat de prefabricació tancada i de prefabricació oberta, anomenades també de primera i de segona generació però, ens plantejem sovint la pregunta de si aquests camins que s'estan seguint seran encertats i si no seria millor replantejar de nou el problema. Tot el que s'està fent no és altra cosa que intentar industrialitzar o prefabricar l'habitable tradicional i potser el que caldria és replantejar-se totalment el concepte de la vivenda vist a través de la industrialització.

L'únic intent important en aquest sentit és l'experiència de les "mobile home" americanes que han arribat a una venda, cada dia creixent, de 750.000 casetes el 1975. Es evident que el concepte i la fabricació de una "mobile home" poca cosa té que veure amb la d'un habitacle tradicional i s'assembla molt més a la d'un vehicle.

Al principi la "mobile home" era un remolc darrera un tractor que tenia el seu origen en el nomadisme tradicional del país. La seva amplària era inicialment de 2,40 m., va passar a 3 m. en 1965, però la seva autèntica penetració en el mercat es va produir al adoptar l'amplària de 3,60 m. que ha anat creixent fins a 4,80 m. amb llargades de l'ordre dels 18 m.

Les seves limitacions inicials, fonamentalment l'amplària, s'estan superant per mitjà de solucions molt enginyoses que permeten arribar a solucions molt interessants.

La seva fabricació és evidentment totalment industrialitzada emprant únicament 1 h 30 m de mà d'obra per metre quadrat construït.

2.- RITME I NIVELL ACTUALS DE LA RECERCA I DE LA RENOVACIÓ TECNOLÒGICA.

Hem comentat a grans trets el nivell actual de la recerca i de la renovació tecnològica en el marc internacional que no acaba de sortir dels camins de la prefabricació tancada-oberta i sense que apareixin solucions totalment satisfactòries que senyalin un camí clar acceptat per la societat.

A Catalunya i dins de les tècniques de prefabricació tancada abans esmentades tenim com a fites més importants les següents:

- Any 57 - Empresa SADEM, patent FIORIO, habitatges a la Guineueta i a Montbau.
- Any 64 - Empresa CIDESA, patent Estiot i Larsen i Nielsen, 10.000 habitatges a Bellvitge.
- Any 71 - Empresa Cubiertas y Tejados, patent TRACOPA I, 5372 habitatges en el polígon Badia.
- Any 74 - Empresa MODULBETON, patent JASPERSEN, 235 habitatges a Sardanyola.

Per altra banda s'han emprat amb forta intensitat a partir de l'any 1955 els sistemes d'encofrat túnel, entre altres als polígons de La Mina i Canyelles.

Podem dir que així com els sistemes industrialitzats d'encofrat túnel segueixen tenint un bon futur a Catalunya, les realitzacions de prefabricació tancada han desprestigiats de tal forma el sistema que poca cosa s'en pot esperar ja.

I no sols des de l'important punt de vista de l'usuari sinó també perquè per una banda les empreses han topat amb grans dificultats per amortitzar les seves instal·lacions degut a la falta de continuïtat dels seus programes de construcció d'habitatges, i per altra, la qualitat del producte resultant ha estat objecte de fortes crítiques per part de la societat en general.

El futur, en el moment actual, es presenta incert però es pot dir que l'execució de les estructures, total o parcialment prefabricades, està fortament industrialitzat, i que pel que fa referència als tancaments i acabats s'estan emprant solucions tradicionals, o bé industrialitzades-prefabricades, en les que, una vegada s'ha perdut la por a les dimensions i als pesos, es segueixen resultats prou satisfactoris. El major problema segueix sent la falta, per part de tots, d'una major exigència en la qualitat del producte resultant, sense la qual el futur de qualsevol sistema, prefabricat o no, resulta molt compromès.

Si intentem analitzar el problema en el marc internacional no crec que l'arribem a veure gaire més clar que a Catalunya. Ja hem comentat la forta devallada de la prefabricació tancada i els intents, encara no reeixits, cap a la prefabricació oberta. Ens queda únicament la incorporació de la industrialització i de la racionalització en totes les fases de l'edificació que permetin reduir al màxim la participació de la mà d'obra.

3.- A QUINES PREVISIONS ENS APROXIMEM SI CONTINUEM EN LA LÍNIA ACTUAL.

Encara que sempre resulta difícil recolzar-se en estadístiques fiables, podem dir que avui dia un 59 % de les empreses constructores tenen menys de 5 obrers i un 37 % entre 6 i 50 obrers. Sols un 3,5 % tenen entre 50 i 200 obrers i sols un 0,5 % sobrepassen els 200 obrers.

Deixant apart el fet realment cert de que les empreses constructores, degut a problemes de legislació laboral, tenen la tendència a reduir les plantilles al mínim possible completant el personal necessari a base de subcontractes, això no pot amagar un fet clar que és el de la gran fragmentació de la indústria de la construcció. Amb un 96 % d'empreses amb menys de 50 obrers no resultarà fàcil potenciar la industrialització de la construcció, ni la utilització de noves tècniques que puguin portar-nos als objectius desitjats.

Per altra banda, aquesta fragmentació, que no és exclusiva del nostre país, sinó que es dona també a França, per exemple, té un origen que serà difícil que pugui canviar en un terme breu i és degut a l'enorme importància de les construccions d'habitatges unifamiliars i petits edificis, que sinó són prefabricats, l'empresa constructora realment idònia, és precisament aquesta petita empresa difícilment industrialitzable.

No podem ésser massa optimistes en relació a l'evolució d'aquesta indústria. Per una banda l'enorme fragmentació abans esmentada i per altra banda la poca o nul·la recerca existent no permet esperar noves solucions en breu terme.

Les grans empreses s'han limitat a importar sistemes exteriors, generalment francesos, a la solució d'uns problemes moltes vegades prou diferents, i el poc èxit obtingut unit a la crisi existent no crec que afavoreixi gaire l'aparició de noves iniciatives importants. Per altra banda ja hem dit que una important industrialització exigeix sens dubte un recolzament i una orientació estatals que per ara no es donen.

La línia actual ens porta a una forta industrialització en la infraestructura i les estructures en general, utilitzant solucions més o menys prefabricades. En la resta de l'edifici cada vegada és més possible la utilització d'elements industrialitzats, o bé prefabricats, de tancaments, generalment dissenyats per aquell mateix edifici, i en els interiors es va a solucions semblants.

No es veu clar un futur gaire millor, ja que no existeixen ni motius econòmics que puguin motivar-ho. Tan sols una acció enèrgica per part de l'administració podria provocar uns canvis importants en poc temps, que si no és així s'aniran produint lentament.

És en la construcció de vivendes unifamiliars a on s'han produït els intents més interessants per a sortir de la vivenda tradicional. Tots ells els podem incloure dintre del concepte general de la construcció a base de cel·lules, generalment amb plàstic com a material bàsic. La casa "tot plàstic" de 1955 de Ionel Schein i Yves Magnant va significar en el seu moment una bona aportació però l'evolució ha portat cap a solucions més integrals a base de l'acoblament de mòduls complets que prometen bones possibilitats però que encara estan lluny de poder establir una competència amb la vivenda tradicional construïda per mitjans tradicionals o bé total o parcialment prefabricada, tant si és de fusta, formigó o qualsevol altre sistema.

La indústria de l'automòbil segueix éssent un model a on molts s'hi voldrien emmirallar per organitzar la producció d'edificis. La imatge d'una cadena de producció de vivendes ha semblat per a molts la resposta definitiva al problema de la construcció, i de moment sols s'ha aconseguit amb les "mobile home" de les que hem parlat abans.

I entretant seguim amb els mateixos problemes. Bender dona una imatge força divertida de com fora un sistema de fabricació de cotxes seguint l'actual sistema de fabricació de vivendes.

Una família qualsevol es vol comprar un cotxe. Durant un any han estat consultant al dissenyador. S'han preparat plànols, s'han estudiat maquetes, s'han fet ofertes, s'han modificat els plànols i s'ha seleccionat a un constructor. Ja es pot començar a construir.

El primer dia arriba un camió que descarrega el primer sumistre de peces. Quan el contractista s'assabenta de que ha arribat el material envia a un equip de treballadors. Quan arriben i estudien els plànols veuen que necessiten unes eines que han d'anar a buscar. També cal fer unes consultes al dissenyador. Entretant la gent està parada i es tornen bojos buscant unes peces que no troben. Al cap d'uns dies el mecànic té la dona malalta i deixa de treballar. Nous retards que afecten a tots els obrers. Més tard algunes peces incloses en el disseny han deixat de fabricar-se i cal fer l'adaptació de les noves. Més retards i noves hores perdudes.

I així és encara la nostra indústria de la construcció. I no es pot dir moltes vegades que sigui un problema d'industrialització, sinó fonamentalment d'organització.

Parodiant a TURIN podem dir que el procés de construcció a Catalunya és un món en el que tot és "com si...". És "com si..." el client sapigués què vol quan encarrega un projecte. És "com si..." els professionals tinguessin les idees prou clares per poder aconsellar al client en forma adequada. És "com si..." els procediments de contractació i el seu control estiguessin pensats per garantir la inversió que es va a fer. És "com si..." el fabricant de materials i components de la construcció sapigués ben bé què s'espera d'ell i orientés la seva producció cap a tals expectatives. És "com si..." el contractista sapigués com utilitzar els seus recursos, estigués en posició de poder controlar-los i pogues emprar aquestes experiències en una nova obra.

Malgrat tot hem de reconèixer que la indústria de la construcció és una màquina de molta complexitat i de prou bon funcionament quan accepta reptes en uns termes que foren inacceptables per altres indústries de més prestigi.

4.- OPCIONS POSSIBLES I DESITJABLES A CATALUNYA DINS EL CAMP DE LA CONSTRUCCIÓ.

Sempre que es parla de la construcció a Catalunya sembla que ens veiem obligats a recordar la gran tradició constructiva del país i les grans qualitats del paleta català.

Jo voldria que pensessim seriament si aquesta tradició, que realment existeix, pot pesar massa en el nostre futur i si d'aquests grans paletes catalans en queden gaires.

La mà d'obra amb la que es compta avui a les empreses de construcció no té res a veure amb la que existia abans. Per una banda fa ja molts anys que ha desaparegut l'aprenentatge que era l'escola i l'origen del paleta artesanal, que avui surt del manobre i no de l'aprenent. Per altra banda la gran immigració ha incorporat a la construcció un gran nombre d'obrers procedents d'altres regions del país amb un nivell d'ofici molt inferior i diferent del nostre. Aquests obrers avui son ja majoria i parlar de la tradició constructiva catalana és parlar d'història. Si avui volem construir ho hem de fer amb una mà d'obra fonamentalment no catalana i a la qual no hem pogut o no hem sabut integrar a les nostres solucions i tradicions constructives.

Per tant, totes les opcions possibles a Catalunya dins el camp de la construcció crec que lamentablement han d'abandonar necessàriament la major part de les nostres tradicions constructives i s'han de recolzar en solucions que no exigeixin una mà d'obra amb un gran ofici, sinó en tot cas amb altes especialitzacions puntuals.

Podriem situar aquestes opcions en els següents termes:

- 1.- Per les raons que sigui no ha existit des de fa anys cap preocupació per a formar els obrers que intervenen en una construcció. Pràcticament desaparegut l'aprenentatge avui els obrers especialitzats surten de l'immigració, o del no res. És necessari enllaçar l'ensenyament de les escoles amb el dels oficis. No és possible despla

çar-ho tot cap a les poques escoles de formació professional existents.

- 2.- És necessari estructurar i fomentar el reciclatge de tots els tècnics i obrers de la construcció de cara a les noves tècniques que vagin sorgint. No és possible mantenir la situació actual en que aquesta actualització de tècniques i coneixements queda totalment en mans de les decisions personals.
- 3.- És necessari reconsiderar i revisar l'actuació de tots els tècnics dins la fase de projecte i sobretot dins la fase d'execució de l'obra. No és possible seguir mantenint un nombre tan alt d'empreses de construcció amb una tecnificació tan baixa. És necessari potenciar la tecnificació de l'execució de l'obra.
- 4.- És necessari fomentar l'exigència per part de l'administració del control de qualitat de l'edificació per tal de que a l'usuari se li puguin garantir les qualitats del producte que compra. Així mateix la concessió de segells o marques de qualitat.
- 5.- És necessari fomentar a tots els nivells el coneixement de noves tècniques i procediments constructius, i accentuar els actes a on es posin a debat les seves avantatges i inconvenients.
- 6.- És necessari la creació i financiació de Centres de Recerca de la Construcció, avui quasi totalment inexistents, o bé limitats a simples laboratoris d'assaig o d'estudis de materials.
- 7.- S'hauria de trobar la forma de que l'administració a través dels Centres de Recerca anteriors o bé d'algun altre organisme pugues incidir dins l'orientació que es dona a les indústries de la construcció en general i a les empreses en particular per tal de poder pressionar cap a una orientació determinada.

5.- ACCIONS I MITJANS NECESSARIS PER ASSOLIR PROGRESSIVAMENT LES OPCIONS ENUMERADES EN EL PUNT 4.

Creiem que qualsevol intent seriós que es vulgui fer en aquest sentit hauria d'arrencar de la Generalitat de Catalunya amb la col.laboració de la Universitat Politècnica dels Col.legis Professionals, dels Sindicats i de les Federacions d'Empresaris, que permetessin fer primer un planteig general del problema i esquematitzar unes primeres mesures que després s'haurien de portar a la pràctica.

Sense aquest planteig inicial que permetés arribar de comú acord a unes bases inicials d'acció, crec que es faria molt difícil qualsevol tipus d'actuació, bé sigui a iniciativa de la Generalitat, o bé de qualsevol dels col.lectius afectats.

Quin pot ésser aquest camí futur?. Hem dit ja la poca confiança que tenim en les possibilitats dels grans conjunts d'edificis de prefabricació tancada a base de grans plafons, inclús pensant en les economies socialistes. Tampoc tenim massa confiança a curt terme en les possibilitats dels sistemes a base de components ja que malgrat el seu bon plantament teòric les dificultats pràctiques resulten excessives. Per altra banda fora utòpic pensar en un retorn a l'obra artesanal.

Que hem de fer doncs?. En el moment actual i a nivell pràctic sembla clara la necessitat de separar en el planteig de la construcció de l'edifici, l'estructura, dels tancaments i dels acabats. Industrialitzar o prefabricar l'execució d'una estructura entra dintre de les possibilitats normals i clares de la nostra indústria de la construcció. Tant si parlem d'estructures metàl·liques, de formigó o mixtes, comptem amb mitjans suficients per a poder-les executar en un temps reduït i amb una participació de mà d'obra mínima. L'elecció d'un camí més o menys industrialitzat, o bé el pas cap a la prefabricació parcial o total, podrà dependre de les característiques del projecte o bé de factors externs que aconsellin una o altra solució.

Per l'execució dels tancaments exteriors de l'edifici es fa difícil avui dia sortir de les solucions més o menys artesa nals. Les façanes prefabricades de formigó son ben interes-sants, però el seu cost unit a la falta d'elasticitat creiem que en farà difícil una utilització massiva. Per altra banda les solucions de façana lleugera, si se'ls hi exigeix amb ri gor tots els condicionants que han de complir, arriben a uns costos que dificulten la seva utilització en edificis que no tinguin un caràcter singular. I tot això fa que creiem que no serà fàcil trobar una solució realment industrialitzada en aquest camp que permeti aconseguir una versió actual de les façanes de totxo vist, o bé amb recobriments de pedra o d'altra mena.

En els acabats dels interiors de la vivenda tenim els camins de la industrialització a l'abast de la mà però no els estem emprant per mandra, per no alterar les costums establertes, i fonamentalment per raons econòmiques. Des de fa anys tenim una obsessió que esperem veure un dia satisfeta. Quan en viatges més o menys d'estudis visitem edificis en construc-ció, ens sorpren constatar la netedat amb que és fan totes les obres interiors, a on no s'hi veuen paletes i sols hi tro-bes treballant uns instal·ladors. En les nostres obres tots els treballs interiors els fan els paletes, els enrajoladors, els guixaires, oficis bruts que necessiten tots ells per tre-ballar una gran quantitat d'aigua i produeixen una gran quan-titat de runa. Quines feines tenim que fer a dins d'un edi-fici?. Uns envans, que en lloc de fer-los de ceràmica i des-prés enguixar-los, hem de tendir a fer-los de materials secs que permetin pintar directament a sobre i que tinguin resolt el pas d'instal·lacions. Aquestes solucions existeixen ja en el mercat a base de cartó-guix o altres semblants, i no és difícil preveure la seva utilització creixent. Els sostres, si acceptem una millora de la qualitat actual en que moltes vegades s'enguixa directament sobre el forjat, amb tots els problemes de l'aparició d'una fisuració aparent, estan re-solts a base d'elements prefabricats de guix, de fibres mine-rals, d'alumini, de suro, o bé d'altres productes. En el sò-til encara que tenim moltes solucions de paviments prims en-ganxats directament sobre el recrescut, costarà eliminar

l'afició que tenim al terrazo, però almenys s'hauria de fer un esforç per trobar altres sistemes d'acabat en obra que es puguin realitzar sense aigua o bé molt poca participació d'aigua.

Les instal·lacions no ofereixen masses problemes ja que admeten inclús la seva prefabricació donat el cas de la seva repetició en l'obra.

Per tot això creiem evident la necessitat d'un canvi que atengui uns objectius que hem de considerar fonamentals:

- 1.- Augmentar el nombre d'edificis construïts.
- 2.- Edificar amb major velocitat per tal de satisfer les necessitats més immediates.
- 3.- Reduir la duresa del treball en l'edificació.
- 4.- Augmentar la productivitat i per tant les possibilitats de majors ingressos.
- 5.- Augmentar la qualitat de l'edificació.
- 6.- Reduir els costos.

El canvi hauria d'afectar també el concepte mateix de la vivenda i la forma en que es construeix, amb la introducció de noves tècniques i materials. I molt sovint els dos alhora.

Creiem que l'única possibilitat d'intentar resoldre el problema consisteix en plantejar-lo des de el seu origen. Investigar, tal com ja ha iniciat Blachère, quines són les exigències d'habitabilitat que han de complir les vivendes, acústiques, higrotèrmiques, de puresa de l'aire, d'il·luminació, estètiques i ambientals, d'irradiació, de seguretat, d'habitabilitat sociològica y de durabilitat.

Plantejades aquestes exigències és quan podem intentar tren

car amb totes les solucions tradicionals i abordar clarament la solució industrial del problema, que ens pot conduir a uns nous tipus de vivenda, alliberats ja de les formes tradicionals.

Creiem que totes les solucions hauran de recolzar-se cada dia més en la reducció del treball a l'obra, i en l'increment del que es realitza en el taller, tendint cap a les formes espaials, que són les que més bé s'adapten a una industrialització de la construcció.

Com ja hem dit, aquesta evolució ha estat molt frenada per la naturalesa fragmentària de la nostra indústria de la construcció i per la separació existent entre el projecte, la fabricació dels productes entremitjos i la construcció del complex arquitectònic o producte final, que són exactament les adequades per a impedir o dificultar els avançaments industrials.

Per si això fos poc en l'interior de cada un d'aquests sectors s'hi constata de nou una fragmentació i una dispersió entre la voluntat i els objectius que, lluny de concórrer a un fi únic, es sobreposen, divergeixen o s'oposen tot sovint. Per això, tota programació és difícil de portar a terme i cap acció completa de desenvolupament industrial del producte final és materialment concebible a termini immediat.

En el sector de la producció en sèrie dels productes entremitjos, l'activitat de programació es limita generalment a cicles restringits de les operacions a fàbrica, que és insuficient per a cercar una finalitat clara del producte i del seu perfeccionament, i la preocupació per problemes d'adaptació i d'integració del producte amb altres que se li podien associar, és nul·la o quasi nul·la.

Per altra banda, la participació de la investigació en la fabricació d'aquests productes entremitjos és molt reduïda o inexistent.

Si les coses es presenten així per els productes entremitjos,

el sector de producció dels productes finals sofreix inconvenients no menors.

La falta d'una integració total del projecte i de la producció impedeix l'existència d'un centre únic de decisió que hauria de permetre enfocar el problema d'una manera general. D'aquesta forma el projecte d'industrialització del model hauria de compondre diverses etapes successives:

El producte funcional, on es sotmetrien a examen les característiques utilitàries i tècniques i les característiques psico-socials (necessitats i aspiracions del grup o grups d'usuaris) del model o tipus a produir.

El projecte de producció, on es confrontaria el model dissenyat segons exigències merament operacionals i simbòliques, amb la realitat del volum, cost i preu de venda del producte, preu dels anomenats "serveis" d'ajuda a la venda i de les necessitats específicament tecnològiques.

El projecte d'execució, on es combinarien els "cicles de producció" o descripció dels tipus, seqüències i ritmes de treball, segons les previsions del projecte de producció establert, de forma que el producte que ell representa sigui (a igualtat de qualitat i quantitat) més econòmic de produir i més avantatjós per a distribuir.

D'aquesta forma, la concepció del projecte seria tan sols un període, encara que essencial i no reemplaçable, d'un procés global de planificació i de desenvolupament.

Però, com pot tot això concretar-se efectivament en la pràctica de la construcció?. Fonamentalment organitzant les seqüències de fàbrica i obra de cara a especialitzar a les primeres en les tasques de transformació i les darreres en les de muntatge. Això significaria eliminar de l'obra tota mena de màquines de fabricació (per no parlar de transformacions artesanals) substituint-les per els mitjans de transport i de muntatge més adients i econòmicament eficaços.

I acabarem dient que hem de fer un gran esforç per tal de sobreposar-nos al deplorable trencament que existeix entre el projecte, els sectors de fabricació de productes entremitjos i els de construcció de productes finals. Tot això s'hauria de concretar en la restitució de la unitat necessària del procés edificatori per arribar a ésser industrial.

LA REVOLUCION TECNOLOGICA Y EL FUTURO DE CATALUÑA

por encargo de la FUNDACION "JAUME BOFILL"

ponencia: LA ELECTRONICA

ponente: Josep Mompín i Poblet

ELECTRONICA Y SOCIEDAD

Se dice con frecuencia que los progresos tecnológicos de la Electrónica son tan vertiginosos que rebasan incluso las previsiones de los propios expertos. Algunos sociólogos consideran a los científicos electrónicos incapaces de prever no ya sólo las consecuencias sociales, sino incluso hasta la gama total de posibilidades de aplicación de los sucesivos productos, pese a que el desarrollo de esta industria haya sido presidido y orientado exclusivamente por el marketing y las necesidades del complejo militar-industrial. Ningún campo de la tecnología ha experimentado progresos tan espectaculares como el de la Electrónica; ningún otro mercado un desarrollo tan grande.

Si tuviéramos que resumir de alguna forma los avances más espectaculares y decisivos de la Electrónica de los últimos años, diríamos que los dos pilares han sido los laseres y la microelectrónica. Sobre los primeros hay que decir que el mercado para usos civiles se cifra en unos mil millones de dólares. Son incalculables las perspectivas que abre la utilización de los laseres en la investigación científica, particularmente en la espectroscopía, en la automatización de procesos industriales, en la ruptura de rocas y en las excavaciones, en los sistemas de radares ópticos, en la transmisión de energía en el espacio, en la creación e interpretación de hologramas, en las telecomunicaciones y en la bioingeniería.

Por su parte la microelectrónica ha supuesto una revolución más espectacular que en su día lo fuera el transistor. Hoy es posible integrar en un chip de silicio de sólo,6 u 8 milímetros cuadrados de superficie, unos 50.000 transistores, 15.000 resistencias, 10.000 condensadores y miles de diodos; en los próximos años utilizaremos

circuitos integrados que incorporarán cientos de miles de transistores, resistencias, condensadores, diodos, a los que se les confiarán miles de funciones lógicas.

Pero sin duda el gran protagonista de la última generación de dispositivos microelectrónicos, es el microprocesador, que está produciendo una auténtica convulsión en el mundo de la Electrónica y en el de la Informática. El microprocesador integra en una sola pastilla no solamente el hardware sino también el software. Estos dispositivos están permitiendo una doble miniaturización de volúmenes y costes, paralelamente a un crecimiento exponencial de la capacidad de procesamiento de los equipos electrónicos, confiriéndoles una mayor fiabilidad y la capacidad de autodiagnos.

El microprocesador está entrando rápidamente en todos los sectores y aplicaciones de la Electrónica: Consumo, Industrial, Telecomunicaciones, Instrumentación, Bioingeniería e Informática, estimándose que para finales de la década actual, el 90% de los equipos o dispositivos electrónicos que se fabricarán incorporarán uno o más chips de microprocesador.

La reducción de precios en la Industria Electrónica ha sido muy gráficamente expuesta por el Instituto de Tecnología de Massachussets con la siguiente comparación: "Si el progreso técnico de la industria del automóvil hubiera seguido el mismo ritmo que el de la Electrónica, un Rolls Royce tendría actualmente un coste de producción de 2,5 dólares y podría hacer 500 Km con un litro de gasolina".

Aparentemente con el microprocesador se ha llegado al límite de la miniaturización y de la eficacia; no obstante, las perspectivas de nuevos avances son de vértigo. Posiblemente el microprocesador de hoy será sustituido por el "nanoprocador" y éste por el "picoprocador", que serán dispositivos todavía más pequeños y capaces, aunque la filosofía de diseño seguirá siendo la misma.

Paralelamente al desarrollo de la microelectrónica se están produciendo constantes avances tecnológicos en otros muchos frentes, como son el de las fibras ópticas, las memorias, las telecomunicaciones, la bioingeniería, la Electrónica de Consumo, la robótica, etc. etc.

La fabricación de fibras ópticas, extremadamente finas, capaces de transportar un gran volumen de información a muy bajo precio, la creación de materiales de sensibilidad óptica para almacenamiento

de datos en forma de grabación óptica, abren un fantástico potencial de desarrollos futuros; desarrollos que conducirán en pocos años (hemos visto ya las primeras realizaciones en la última Feria de Electrónica de Japón en el mes de octubre de 1980) a la obtención de instrumentos capaces de ajustarse por sí mismos a condiciones ambientales, de obedecer a órdenes verbales e incluso "dialogar" con el usuario, de diagnosticar sus propios fallos y de informar al operador de cómo deben ser manipulados.

La comunicación hombre-máquina por voz está siendo en estos momentos uno de los campos de investigación en el que se trabaja más intensamente; japoneses y americanos están situados en los lugares de cabeza de esta carrera científica, mientras que en otros países de menos peso específico investigador, como por ejemplo en España, se han realizado algunas experiencias francamente interesantes (calculadora parlante para invidentes).

La Telemática, como conjunción de la Informática y las Telecomunicaciones, abre también un vasto espectro de posibilidades futuras en aplicaciones profesionales y domésticas, como se verá más detalladamente en el apartado 7 de la sección que titulamos "Posibles opciones para la investigación en Cataluña".

La aceleración de la Telemática vendrá dada principalmente por los satélites artificiales de telecomunicaciones, los cuales asegurarán un enorme tráfico telefónico, docenas o centenares de canales de TV y la transferencia de ingentes ficheros electrónicos acumulados en las redes mundiales de datos; en pocos años, el consumo de la red telemática será tan intenso o más que lo es hoy el de la red eléctrica. Puede decirse que el mundo será una inmensa amalgama de mensajes.

La Electrónica promete un amplio campo a nuevas aplicaciones de la medicina (Bioingeniería, es la moderna ciencia que se ocupa de ello), desde la restauración del oído o la exploración del aparato digestivo por diminutas cámaras de TV, hasta la conexión de miembros artificiales a los terminales nerviosos; por no hablar también de la utilidad del ordenador como banco de informaciones diagnósticas para los médicos generales o rurales, o la posibilidad de efectuar consultas médicas a distancia.

La posesión de un computador personal, en casa y del videoteléfono permitirán el trabajo en el domicilio, lo que de generalizarse, con-

tribuirá tal vez a mejorar el tráfico automovilístico, que a su vez y por su puesto estará controlado, electrónicamente.

En las industrias transformadoras, la automática y la robótica, además de aumentar la productividad, mejorar la calidad y fiabilidad del producto, reducirán los trabajos pesados y peligrosos, y por consiguiente los accidentes y enfermedades laborales. Gracias a la Electrónica trabajaremos menos horas, con lo que dispondremos de más tiempo libre; el tema del ocio, además de ocupar a los sociólogos y pedagogos, dará trabajo a los electrónicos, quienes ya, hoy empiezan a crear empresas especializadas en juegos educativos, de azar, de habilidad (juegos de TV, video-juegos, etc.).

La enumeración de las futuras aplicaciones de la Electrónica y su repercusión en la mejora de la calidad de vida del hombre podría ocuparnos muchos más folios, sin embargo no es esta la finalidad de esta colaboración, como tampoco lo es el hacer un estudio crítico de la problemática socio-laboral que pudiera derivarse de un mal uso de la Electrónica, la Informática y la Telemática.

Con esta introducción hemos querido únicamente presentar una breve panorámica del futuro de esta especialidad de la ingeniería, tan evolutiva y cuyos efectos repercuten beneficiosamente en otros sectores productivos como son la industria química, textil, de artes gráficas, del automóvil, alimentaria, etc. etc.

Pese a los espectaculares avances tecnológicos experimentados por la Electrónica en el presente siglo y sus repercusiones en la sociedad, la Electrónica como ciencia no ha hecho más que empezar; nuestra capacidad de asombro se va a poner a prueba en los próximos años de una forma constante ya que en el futuro inmediato las conquistas tecnológicas alcanzadas por la Electrónica cada **20** años supondrán un salto hacia adelante superior al experimentado hasta entonces en toda la historia de la Humanidad.

SITUACION DE LA INVESTIGACION EN CATALUÑA

Ante todo distinguiremos entre investigación básica e investigación aplicada o de desarrollo.

Por la primera entendemos la relativa al campo de los semiconductores, y especialmente la de los circuitos integrados complejos (CI), como pueden ser los CI muy específicos, memorias y microprocesadores. En Cataluña prácticamente no existe investigación en este campo, ya que los estudios que realiza la firma Piher en su factoría de Granollers se circunscriben a semiconductores sencillos y a algún tipo de CI muy conocidos en mercados internacionales y producido en grandes series por numerosos fabricantes. En la Universidad tampoco existe ningún equipo que trabaje en este área; además de no contar con los medios materiales adecuados, tampoco se le ve futuro a esta investigación en medios universitarios.

En lo que concierne a la investigación aplicada o de desarrollo, el panorama cambia radicalmente. En Cataluña existen numerosos grupos investigadores, bien preparados teóricamente que por lo general disponen de medios técnicos suficientes como para llegar a realizaciones ciertamente interesantes; estos grupos suelen estar integrados por un número de técnicos (ingenieros y licenciados, predominando no obstante los ingenieros industriales e ingenieros de telecomunicación) comprendido entre 5 y 10. En líneas generales estos grupos de trabajo suelen pertenecer a una de las tres organizaciones siguientes:

1) Forman parte de una cátedra de ingeniería (Ingenieros Industriales o de Telecomunicación) en la que colaboran en las tareas docentes e investigadoras. Tienen medios técnicos discretos, aunque los problemas estructurales y de remuneración del profesorado están desalentando a muchos de los mejores elementos, quienes tras un período de 3 ó 4 años de permanencia en la Universidad pasan inevitablemente a la industria, donde sus colegas coetáneos consiguen remuneraciones muy superiores.

Por otra parte, los investigadores universitarios tienen que luchar no solamente con los conocidos problemas de escasez de medios, materiales, sino también con la estructura misma de la Universidad, concebida casi exclusivamente para dar clase antes que para la enseñan-

za compartida con la investigación.

Pese a todos estos aspectos desmoralizadores, existen numerosos grupos universitarios de trabajo en los que se consiguen realizaciones interesantes y valiosas, especialmente aplicaciones de microprocesadores en los campos industrial, telecomunicaciones y de electromedicina.

2) Asociaciones de varios ingenieros, generalmente desertores de la docencia universitaria (que en ocasiones no abandonan totalmente, dedicando unas horas semanales a la universidad), quienes se reúnen para formar pequeñas empresas u oficinas de ingeniería y proyectos. El advenimiento de la microinformática está facilitando la proliferación de este tipo de pequeñas empresas quienes tienen en su haber realizaciones y proyectos ciertamente interesantes desde el punto de vista profesional y comercial.

El problema principal que presentan en estos momentos tales empresas es el del montaje, instalación y mantenimiento de equipos o sistemas electrónicos diseñados, servicios que generalmente se subcontratan.

Estos grupos investigadores tienen al parecer un gran futuro en Cataluña, dada las peculiaridades del mercado electrónico, como veremos en párrafos posteriores.

3) Laboratorios de investigación o desarrollo de medianas y grandes empresas privadas. Estos departamentos suelen estar, por regla general, bien equipados humana y técnicamente; algunas realizaciones procedentes de firmas catalanas de estas características están cosechando un notable éxito tanto en el mercado interno como en mercados exteriores.

El problema principal con que se enfrentan es el de la falta de ideas originales y la ausencia de empresarios audaces y con la suficiente visión de futuro. En ocasiones la crisis de nuestras empresas no es más que una consecuencia de la mala gestión de los empresarios, antes que a la incapacidad de los laboratorios de diseño.

Una relación de los equipos o sistemas electrónicos más originales desarrollados por firmas o grupos de investigación catalanes, sería prolija y posiblemente fuera de lugar, no obstante citamos como referencia los siguientes artículos: "La Electrónica en el mundo y en España. Extraordinario auge de la tecnología aplicada en España"

(autor J. Mompín, revista Mundo Electrónico, Nº 73, página 29 y siguientes); "Penetración del microprocesador en el mercado español" (autor

J.Mompín, revista Mundo Electrónico, Nº69, página 27 y siguientes), y por último el artículo "El microprocesador y su impacto en la Electrónica española" (autor J.Mompín, diario de Sonimag, día 30 de septiembre de 1980).

¿HACIA DONDE VAMOS SI PERSISTE LA ATONIA INVESTIGADORA?

Pese a lo dicho en el párrafo anterior, el panorama general de la Electrónica en Cataluña es sombrío. Tradicionalmente la Electrónica catalana se ha especializado en equipos de Consumo (televisores, radioreceptores, autorradios, radiocassettes, equipos compactos de audio, componentes de la cadena de alta fidelidad, etc.) y Componentes (tanto activos como pasivos); la denominada Electrónica Profesional se concentra principalmente en Madrid y País Vasco.

En estos momentos el subsector de Electrónica de Consumo está en franca decadencia; los precios de venta al público de la mayor parte de los equipos propios de este subsector fabricados aquí son excesivamente caros, comparados con los procedentes de la importación (Inglaterra, USA, Alemania, Francia, Finlandia, etc.), siendo esta diferencia abismal si los comparamos con los productos procedentes de países de extremo oriente (Japón, Corea, Taiwan, Hong Kong, Singapur). A esto hay que añadir otro aspecto importante, y es el de que los equipos fabricados en el país suelen ser, tecnológicamente hablando, de la gama media y media-baja, por lo que los productos importados presentan además del precio, el atractivo de una mayor gama de funciones, mejores prestaciones, etc. Hasta la fecha la Administración central está dificultando o regulando muy estrictamente las importaciones de material electrónico procedente de extremo oriente, aunque es de prever que esta contención no podrá hacerse indefinidamente. Las causas que se aducen para que las empresas de Electrónica de Consumo ofrezcan tan desorbitados precios son las siguientes:

1. Cortas series de fabricación
2. Baja productividad de las cadenas de montaje
3. Coste de los componentes importados
4. El fabricante debe financiar al distribuidor
5. Elevados márgenes comerciales de los minoristas
6. El desorbitado impuesto de lujo con que se grava a estos aparatos.

Aunque este tema nos llevaría a largas disquisiciones y a razonar estos puntos, no es éste el lugar más adecuado para entrar en polémica, motivo por el que nos limitaremos a insistir en un tema que consideramos fundamental: las cosas no pueden seguir como hasta ahora. Ante un relativamente inminente ingreso de nuestro país en la Comunidad Económica Europea, los fabricantes españoles de Electrónica de Consumo deben reestructurarse de forma que, sólo por citar un ejemplo, las 42 empresas fabricantes de televisores que hoy existen en todo el territorio español (prácticamente la mitad en Cataluña), se fusionen en grupos mucho más potentes, de manera que queden únicamente 3 ó 4 fabricantes pero con producciones muy superiores a las actuales; sólo la producción en grandes series puede permitir una drástica reducción de costes. Si nuestros fabricantes no pueden estructurar y revitalizar sus industrias, más vale que se asocien o que cierren. Mientras en otros países industrializados el grado de saturación de sus respectivos mercados hace peligrar ciertas empresas o aconseja fusiones de potentes multinacionales (Philips-Grundig, Thomson-AEG Telefunken, ITT-Sony, etc.), en España el mercado presenta niveles muy bajos de saturación, con lo que los fabricantes de estos equipos todavía tendrían un excelente porvenir en este país. Lo dicho para la TV en color es perfectamente extrapolable a otros productos de Consumo.

Al parecer, la Electrónica de Consumo tiende a quedar en manos de unas pocas firmas multinacionales, principalmente japonesas y europeas (pero que fabrican en países de mano de obra muy barata: Taiwan, Corea, Singapur, Hong Kong. Recordemos que en estos países es frecuente encontrar salarios "normales" de 100 a 200 pesetas, la hora trabajada, sin contratos, cargas sociales, vacaciones pagadas, etc.).

Las Telecomunicaciones seguirán en manos de las poderosas multinacionales (las que operan en España se hallan concentradas en las zonas industriales de Madrid y Málaga), mientras que el subsector de Componentes sufrirá también la durísima competencia asiática (componentes pasivos), o el colonialismo total de las multinacionales americanas y japonesas (componentes activos, sofisticados), con las que es imposible competir tecnológicamente, puesto que desde hace años vienen dedicando presupuestos astronómicos a las tareas investigadoras (cientos y miles de millones de dólares anualmente).

El subsector español de Instrumentación deberá experimentar una fuerte reestructuración (y por ende en Cataluña, donde se halla concentrada una gran parte de los fabricantes), centrando la atención en equipos de la gama media y media-alta, abandonando la fabricación de equipos sencillos y económicos. Hay que buscar líneas de aplicación nuevas y muy especializadas en campos marginales a los centros de interés de las grandes y todopoderosas multinacionales.

En el subsector de Electrónica Industrial por el contrario existen espléndidas posibilidades a medio y largo plazo, puesto que generalmente se trata de diseños exclusivos para aplicaciones específicas; los equipos de investigación y desarrollo antes citados, expertos en microinformática tienen en este campo un futuro prometedor.

Por lo que respecta a la Informática (grandes y medianos ordenadores) el mercado seguirá estando acaparado por firmas extranjeras, algunas de las cuales proseguirá posiblemente con su política de ensamblaje en nuestro país (IBM y Secoinsa), reduciéndose la investigación catalana en este área a la mínima expresión. En el terreno de la microinformática, las posibilidades futuras de Cataluña son más interesantes (microcomputadores y computadores personales), especialmente en lo que atañe a programas (software).

También en equipos auxiliares de la modernamente denominada "Tele-mática", como veremos más adelante, las posibilidades de especialización en la zona catalana son dignas de tenerse en cuenta.

POSIBLES OPCIONES PARA LA INVESTIGACION EN CATALUÑA

No parece haber pues otra vía posible que la de una profunda reestructuración de la Electrónica de todo el Estado, y por supuesto de la Electrónica en Cataluña.

Tras la adecuada y racional planificación sectorial, en la que creemos deben participar representantes de la Administración central, la Administración autonómica, la Asociación Nacional de Industrias Electrónicas-ANIEL, y una representación de los importadores de material electrónico, hay que definir qué productos podemos y debemos fabricar en España y cuales convendrá importar (puesto que como comentamos en otro lugar, el problema no está en fabricar este o aquel producto, sino en ver dónde puede venderse). Una vez definido esto, hay que fomentar la especialización. Para Cataluña parece aconsejable potenciar la Electrónica en aquellos sectores productivos en

los que existe una solera, una tradicional experiencia; por ejemplo:

1) La Industria Química. En Cataluña existe una excelente infraestructura industrial en este sector, que sin duda requiere una mayor automatización a todos los niveles. La Electrónica cubre áreas tan diversas como son el control de procesos, la instrumentación específica, los transductores, dispositivos de verificación, alarma, control, etc. En este como en otros sectores, se trata no solamente de automatizar las industrias locales, sino también de prepararse para exportar tecnología (creación de empresas mixtas, instalación de factorías "llaves en mano", etc.).

2) La Electrónica Industrial. Esta abarca automatismos o dispositivos de control de todo tipo de industrias o empresas transformadoras (metalúrgicas, automóviles, artes gráficas, confección, etc.). El bajo nivel de "electronificación" de nuestras empresas abre un mercado insospechado a la Electrónica Industrial.

Por lo general, y dado el tipo de producto, las empresas fabricantes de tales sistemas o dispositivos electrónicos pueden ser medianas y aún pequeñas empresas, puesto que se trata casi siempre de diseños exclusivos por encargo del cliente, que difícilmente se suelen producir en serie y que llevan siempre un alto valor añadido al producto.

3) La Industria Textil. Esta industria es uno de los pilares tradicionales de la economía catalana. Existe una excelente infraestructura y unos técnicos muy cualificados. Pese a la situación de crisis general por la que atraviesa este sector, no cabe duda que en Cataluña se pueden fabricar una amplia gama de automatismos y dispositivos electrónicos para incorporar a telares y otras máquinas integrantes de los numerosos y complejos procesos de elaboración y tratamiento de la materia prima o del producto acabado (en el proceso lanero existen, por citar un ejemplo, 40 máquinas distintas a lo largo de todo el proceso).

4) La Industria Conservera y Alimentaria en general. Se trata de otro de los sectores industriales de fuerte arraigo en Cataluña, con amplia repercusión a nivel nacional e internacional.

También aquí la gran variedad de dispositivos, automatismos y controles electrónicos que se requieren, cubren un amplísimo espectro, por lo que presenta un futuro prometedor (basta repasar mentalmente

la gran diversidad de productos congelados o envasados: carnes, pescados, todo tipo de leguminosas, potages, yoghourts, pastas, dulces, etc.)

5) La Electrónica en la Agricultura. Aunque la región catalana no sea una región eminentemente agrícola, sí cuenta con un campesinado tecnificado, industrializado y emprendedor, de talante abierto a nuevas técnicas. Por ello creemos que también este sector puede ser objeto de una creciente "electronificación" (dispositivos de riego controlado y racionalizado; energía solar para invernaderos, bombeo de agua por control remoto y/o alimentado por energía solar fotovoltaica; sistemas electrónicos de detección y prevención de heladas y granizos; cámaras de atmósfera controlada para la maduración y conservación de la fruta, etc.).

6) Instrumentación de Medida y para Aplicaciones Médicas. Hoy la mayor parte de instrumentos de medida y control, así como los equipos médicos, proceden de la importación.

En Cataluña es posible fabricar, en la seguridad de hallar mercado suficiente para ello, instrumentos electrónicos de medida, control y prueba de la gama media y media-alta, renunciando definitivamente, a la fabricación de instrumentos sencillos, de tecnología elemental, cuya producción masiva en países de mano de obra barata hace difícil la concurrencia.

En lo que hace referencia a la Bioingeniería (Electromedicina) el futuro es esperanzador, por cuanto se parte de un nivel de equipamiento francamente bajo y porque en estos momentos se importa más del 90% del instrumental electrónico utilizado en organismos oficiales y en la potente medicina privada.

También aquí es conveniente definir qué equipos pueden fabricarse en el país y cuales importar.

7. La Telemática (o informática a distancia). No cabe duda que esta especialidad tiene un enorme futuro. El acceso a bancos de datos mediante terminales instalados en establecimientos públicos, oficinas, empresas, talleres, despachos y en el propio hogar, hará que exista una fuerte demanda de equipos auxiliares (monitores de TV, teclados, modems, etc.) ya que los grandes ordenadores seguirán siendo mercado exclusivo de los grandes grupos multinacionales.

La aparición experimental del "Videotext" en el mercado español en 1982 con ocasión de los Campeonatos Mundiales de Fútbol, contrinuirá

a divulgar esta modernísima aplicación de la Telemática,previéndose a partir de esa fecha una importante reactivación en las ventas de TV en color y por supuesto de los modems a acoplar a cada uno de los receptores de TV instalados. Para los no iniciados en el tema,diremos que el Videotex español ha sido ya diseñado por la C.T. N.E. y presentado hace escasos días a los medios de comunicación; en síntesis consiste en un pequeño teclado(complementario al receptores de TV doméstico),mediante el cual el usuario puede acceder a bancos de datos de documentación e información,vía telefónica o vía herziana.Entre las muchas posibilidades del Videotex español hay que enumerar las siguientes:resúmenes de noticias,información deportiva,cartelera de actos culturales,farmacias de guardia locales,estado de la red viaria,estado del tráfico provincial,estado del tiempo,niveles de polución,servicios de urgencia,butas turísticas,guías de carreteras,culturales,gastronómicas,programas de radio y TV,directorios de organismos y empresas,información bursátil,precios en mercados de origen,etc. También será posible recibir información sobre ventas a distancia tanto en productos industriales como de consumo,datos estadísticos sobre cualquier tema,mercado de empleo,novedades editoriales,directorios de instituciones profesionales y culturales,anuncios oficiales,presupuestos del Estado y su distribución,recuperación de información bibliográfica,reservas de localidades en hoteles,cines,restaurantes,viajes,etc,mensajes entre abonados al servicio de Videotex,juegos de TV,cálculos y uso de programas estándar(cálculo de la declaración de la renta personal,cálculos financieros,presupuestos familiares,etc.),teleenseñanza,etc. Será igualmente posible el acceso a información "cerrada",es decir accesible a un grupo de instituciones o empresas con posibilidad de jerarquización de acceso dentro del mismo.

Como puede verse,el sistema Videotex español será un importante evento que reactivará el Sector Electrónico de Componentes y de Consumo de una forma importante.

8) Energética.El estudio y desarrollo de nuevas fuentes de energía,sustitutorias del petróleo y otros sistemas convencionales también han de suponer una meta para los investigadores catalanes;especial importancia presenta la energía solar fotovoltaica,mediante la cual es posible conseguir electricidad mediante células solares fotovol-

taicas.

Aunque en Cataluña existe una cierta investigación básica en este terreno (Escuela Superior de Ingenieros de Telecomunicación), en el Laboratorio de Semiconductores de la firma Piher en Granollers, y en el recientemente creado departamento de la compañía eléctrica ENHER, no parece que se puedan llegar a desarrollar industrialmente células en grandes series que resulten baratas y de elevado rendimiento. También en este campo estamos a punto de perder el "tren de la investigación" si nos comparamos con países como USA, Alemania R.F. y Francia, cuyos gobiernos están apoyando con generosidad y visión de futuro a los laboratorios de investigación (oficiales y privados) existentes en los respectivos países.

Por el contrario, algunos industriales catalanes están en perfectas condiciones de especializarse en la fabricación de dispositivos auxiliares para la industria solar fotovoltaica (lentes, concentradores, cargadores de baterías, etc.), así como en proyectos de ingeniería relacionados con la instalación de pequeñas centrales y edificaciones privadas y de recreo.

Otro tema relacionado con la energética es el relativo al ahorro de energía, de consumo eléctrico, para el que es posible y deseable realizar estudios conducentes a reducir el consumo energético de numerosísimos equipos eléctrico-electrónicos, principalmente aquellos de gran difusión.

POSIBLES ACCIONES Y MEDIDAS A TOMAR PARA REESTRUCTURAR LA ELECTRONICA EN CATALUÑA

No parecen existir dudas sobre la necesidad de que deben tomarse medidas para reestructurar la Electrónica en Cataluña; medidas que son urgentes, porque el nivel de deterioro de muchas empresas es patente, y porque el empresario se encuentra desorientado sin saber qué ocurrirá a medio plazo e incluso nos atreveríamos a decir que ni tan siquiera en los próximos meses. Es obvio que esta situación no es la más favorable para motivar la inversión empresarial - y por tanto el problema del paro sigue en pie amenazadoramente.

1) Ante todo la reestructuración de la Industria Electrónica catalana debe hacerse en el contexto de la reestructuración de la Industria Electrónica del Estado español. Es absurdo pretender tomar

acciones importantes, como son el definir las grandes líneas de actuación, especificando qué productos conviene fabricar y cuáles liberalizar en las importaciones, si no se hace dentro del Sector Electrónico español.

Por ello, hay que presionar desde Cataluña para que los organismos competentes (Administración central, ANIEL, etc.) realicen dicha planificación, contando obviamente con la colaboración de los adecuados interlocutores de las Comunidades Autónomas.

Es importante que existan contactos y acuerdos entre firmas competidoras para aunar esfuerzos, fusionándose o bien distribuyéndose la producción de forma que no se fabriquen equipos concurrentes por pequeñas o medianas empresas, malograndose de esta forma los esfuerzos investigadores.

2) Creación de un centro de homologación. Independientemente, de que exista un centro nacional de homologación para componentes, equipos e instrumentos electrónicos, parece necesario que exista un centro de homologación en Cataluña (como existió al parecer en el tiempo de la Mancomunidad).

Hoy carecemos de un centro de estas características a nivel de Estado, por lo que se malogran grandes posibilidades de exportación, ya que muchas veces los equipos fabricados aquí no reúnen las más elementales normas exigidas en el Mercado Común Europeo, en USA, etc. Por otra parte, la certificación de la calidad y normas de seguridad emanadas de un organismo de homologación que goce de prestigio, es una garantía no solamente para la exportación sino también para los consumidores del mercado interno.

3) Sugerir al Gobierno Autónomo la necesidad de confeccionar un censo de los profesionales que residen en Cataluña dedicados a la investigación aplicada en el campo electrónico (que trabajan en centros oficiales o privados).

4) Aprovechar los centros oficiales de investigación (universidades) como oficina técnica, que asesoren al Gobierno Autónomo en aquellos temas eminentemente técnicos en los que la Administración territorial deba tomar decisiones.

5) Fomentar la estabilidad del profesorado universitario, especialmente el dedicado a la investigación, arbitrando las oportunas ayudas económicas y de apoyo moral (entre las que habría que contar con la institución de algunos Premios a la investigación, o bien colaboran-

en alguno de los Premios ya convocados por empresas privadas).

6) Planificar e impulsar convenientemente la Formación Profesional en todos sus niveles, estructurando y coordinando los diferentes grados. Hoy se da el contrasentido que existen más estudiantes de Ingeniería Superior que de Ingeniería Técnica; esta reestructuración debe contemplar también el número de estudiantes de Formación Profesional de 1º y 2º Grado, así como la calidad de la enseñanza Profesional, hoy claramente desprestigiada.

7) Un reciente estudio llevado a cabo en Estados Unidos de América en medios Universitarios de Electrónica, ha llegado a la conclusión de que al final de la década de los 80, la industria electrónica norteamericana demandará alrededor de un millón de expertos en software para aplicaciones exclusivas de microprocesadores y microcomputadores (microinformática; no confundirlo pues con la Informática). Dado que hoy solamente existen 100.000, los responsables del Ministerio o Departamento de Educación se ven incapacitados para, en el período de tiempo señalado, poder formar los 900.000 profesionales restantes.

Este estudio debe hacernos reflexionar, ya que la experiencia demuestra que nuestro país, y más concretamente el Sector Electrónico, sigue con unos pocos años de retraso la problemática americana.

Por ello es de prever que también en Cataluña se presentará este problema a medio plazo, por lo que es aconsejable que nuestras autoridades académicas provean desde ahora a potenciar esta especialidad (que no necesariamente ha de ser a nivel universitario superior). Recordemos que si hoy el microprocesador y el microcomputador está plenamente incorporado en todos los subsectores y aplicaciones de la Electrónica española, en los próximos años su presencia será masiva, hablándose ya de porcentajes del 80-85%. Es por ello que la idea de planificar a medio y largo plazo la formación de expertos o técnicos en software para aplicaciones específicas de microprocesadores-microcomputadores, se hace imprescindible.

8) Sugerir a los organismos competentes que arbitren normas para que faciliten a las empresas la concesión de becas de estudio o de investigación a los estudiantes de los últimos cursos de ingeniería o licenciatura, así como a los jóvenes estudiantes que están realizando proyectos de fin de carrera o tesis de doctorado. Además de contribuir a mejorar la calidad de la enseñanza, aproximando al

alumno a la mentalidad y problemática industriales, es un excelente sistema para la selección de personal titulado en las empresas.

9) Salvo raras excepciones, la Industria Electrónica catalana tenderá a estar en los próximos años en manos de pequeñas y medianas empresas, para las que conviene arbitrar ya desde ahora las oportunas medidas fiscales, crediticias y financieras que les permitan no solamente sobrevivir, sino también crear la imprescindible tecnología e infraestructura investigadora que necesitan para seguir adelante en un Sector como el Electrónico, enormemente evolutivo, en donde la competencia internacional será cada vez más fuerte y organizada.

Barcelona, 14 de noviembre de 1980

A handwritten signature in black ink, appearing to read "J. Lluís Puig". The signature is enclosed within a large, sweeping, circular flourish that extends to the left and bottom.

PONÈNCIA: ENGINYERIA GENÈTICA

- I - Introducció
- II - Conceptes bàsics: tècnica de la recombinació
 - a) Trencament i relligat de segments de DNA: enzims de restricció
 - b) Vectors vírics i plàsmids
 - c) Transformació i Propagació
 - d) Bancs gènics
- III - Situació actual del Desenvolupament Biotecnològic
 - a) Aplicació potencial del clonatge molecular a la Terapèutica Genètica
 - b) Producció d'aliments
 - c) Elaboració de substàncies d'interès biomèdic
- IV - Aspectes socials i polítics. Riscos biològics.
- V - L'enginyeria genètica en el context català. Possibles opcions.
- VI - ~~Ressenya~~ bibliogràfica.

Lluís Cornudella i Mir

Unitat de Química Macromolecular del C.S.I.C.

Universitat Politècnica
Diagonal, 999
BARCELONA - 28

I. INTRODUCCIÓ

Al llarg dels darrers anys s'ha produït un avenç molt notable i ràpid en el nostre coneixement de les bases moleculars de l'acció gènica. Amb l'adveniment de les tècniques de recombinació de l'àcid Desoxirribonucleic (DNA) s'ha fet possible l'inseriment de segments de gens, tant eucariòtics com procariòtics, en bacteries i també en cèl·lules de mamífers en cultiu. La millora de les tècniques de síntesi química de desoxioligonucleòtids així com la possibilitat del seu clonatge en cèl·lules bacterianes, ha permès de produir per aquest procediment hormones d'origen humà i, a ben segur, cal esperar anuncis imminents relatius a èxits en la producció per aquesta via microbiana d'altres substàncies biològicament actives. Els temors inicials d'alliberament accidental de microorganismes nocius transmissors de DNA recombinant i així crear o induir insospitats i imprevisibles riscos biològics semblen atenuar-se progressivament. Aquesta circumstància darrera ve recolzada en evidències recents suggeridores del fet que la possibilitat d'introducció deliberada de característiques patogèniques en microorganismes no-patògens aparegui com improbable.

L'objectiu primari d'aquest informe és presentar els conceptes bàsics de la recerca en Enginyeria Genètica. Amb el propòsit de fer entenedores les nocions, s'hi incloïen una descripció esquemàtica dels procediments generals, així com referències a la naturalesa dels enzims de restricció, dels vectors emprats per a amplificar la eficiència de recombinació i també una breu ressenya de les tècniques de clonatge

de còpies de DNA extretes de espècies missatgeres d'àcid ribonucleic (mRNA) d'organismes superiors.

Per tal de donar una perspectiva ampla del potencial d'aquesta àrea de la recerca biològica, l'informe es complementa amb un comentari dels aspectes futurístics de les tècniques de recombinació de DNA aplicades a terapèutica genètica així com la menció de qüestions socials, ètiques i morals que esdevenen plantejades. Es pretèn que tot el conjunt faciliti la comprensió del desenvolupament de les tècniques de la enginyeria genètica i alhora faigi patent l'enorme potencial enclòs en aquesta àrea de la recerca i la decisiva influència que pot exercir sobre el progrés de la comunitat humana.

II. CONCEPTES BÀSICS: TÈCNICA DE LA RECOMBINACIÓ

La creixent sofisticació en l'enzimologia dels àcids nucleics ha condicionat que la enginyeria genètica esdevingui una realitat. La possibilitat d'empalmar fragments de materials genètics d'origens diversos i propagar aquests elements recombinats en cèl.lules bacterials o animals ha produït un canvi qualitatiu en el camp de la genètica. No es tracta d'un procediment més senzill, fàcil o assequible, sino que per primera vegada es disposa d'un mitjà per a relacionar nivells evolutius molt allunyats entre si i transferir gens entre organismes els quals, mai abans, havien intercanviat material genètic.

Diverses barreres impideixen el bescanvi d'informació genètica entre espècies diferents. L'apariament entre els

organismes superiors està restringit per definició als membres de la mateixa espècie. La capacitat d'introduir molècules de DNA des del medi extern a l'interior de la cèl.lula (mecanisme de transformació) és un fenomen ben conegut en varies espècies bacterials, amb tot, moltes altres bactèries —incloint-hi l'Escherichia coli— normalment no experimenten la transformació. En qualsevol cas, quan aquest procés té lloc, el DNA foraster ha de provenir de la mateixa soca bacteriana, d'altra manera corre el risc d'ésser degradat per les endonucleases de restricció de la cèl.lula receptora. Aquestes nucleases reconeixen seqüències específiques de nucleòtids en el DNA i el trenquen precisament per aquests llocs. Les cèl.lules que contenen aquests enzims també en disposen d'uns que duen a terme un procés de metilació pel qual es modifiquen les fibres de DNA naixent al voltant de les regions sensibles a les nucleases. La metilació de les fibres de DNA aconsegueix de protegir-les contra l'acció degradativa. Donat que el DNA foraster no acostuma generalment a ésser metilat en les mateixes seqüències es atacat tot seguit pels enzims nucleolítics. Aquest sistema de Restricció-Modificació distintiu dels organismes procariòtics és totalment absent en els organismes superiors.

El DNA foraster ha d'enfrontar-se amb dificultats addicionals abans d'aconseguir instal·lar-se de manera estable en la cèl.lula bacteriana. Els fragments de DNA implantats en cèl.lules viables durant la transformació han d'ésser incorporats en un "Replicó" a fi i efecte d'esdevenir replicats. S'entén per "replicó" qualsevol molècula de DNA capaç d'autoduplicar-se com ho fan els cromosomes, virus o plàsmids. Aquesta incorporació és quasi bé sempre depenent del bescanvi genètic (recombinació) amb una part homòloga del replicó. A més,

l'intercanvi genètic exigeix la presència d'un grup d'enzims específics per a la recombinació.

En els darrers anys, les esmentades barreres al bes-canvi genètic han esdevingut ultrapassades. Procediments nous han permès d'afegir segments "no-homòlegs" de DNA a petits replicons (plàsmids o virus) i transferir aquests elements engrandits a cèl·lules bacterials. El DNA afegit esdevé així perpetuat i propagat durant el creixement cel·lular com a part integrant del replicó. Aquests mètodes donen lloc a l'anomenada Tecnologia del DNA Recombinant o Clonatge molecular de gens. Entenem per DNA recombinant aquelles molècules que contenen segments diferents de DNA que han estat empalmats i que posseeixen la capacitat d'infectar i replicar-se en una cèl·lula portadora, ja sigui autònomament o com a part integrant del genoma d'aquesta.

El clonatge molecular gènic ha pogut ésser establert gràcies als següents descobriments: (1) existència d'un grup d'enzims de restricció, els quals, al trencar el DNA en llocs específics li produeixen uns extrems de cadena senzills (no dobles) posseint complementaritat, i als que pot afegir-s'hi DNA d'altres orígens; (2) possibilitat de sotmetre a transformació a l'E.coli. Les etapes implicades en el clonatge molecular s'indiquen a continuació:

- a) El segment desitjat de DNA es dissecat del DNA total de l'organisme donant i alliberat d'altres fragments de DNA contaminants. Alternativament, les cèl·lules que reben el DNA seleccionat són separades de les altres cèl·lules en una fase posterior.

- b) El segment de DNA escollit s'empalma al replicó per mitja dels terminals complementaris.
- c) El replicó engrandit (contenint el DNA afegit) es transferit a la cèl.lula receptora
- d) Les cèl.lules en les que s'ha implantat i mantingut el replicó són aïllades o bé, en el cas de virus, el propi replicó és identificat per l'aparició de plaques víriques.
- e) La presència del DNA addicional desitjat es sotmet a verificació.

Els avantatges de clonar segments de DNA recauen en els següents aspectes:

- 1. Fragments discrets de DNA esdevenen susceptibles d'ésser isolats de barrejes complexes de molècules de DNA d'altra banda difícils de fraccionar per mitjans físics o químics convencionals.
- 2. Els gens clonats i els seus productes poden preparar-se en rendiments elevats i gran puresa.
- 3. Els gens de qualsevol organisme esdevenen susceptibles d'ésser estudiats en la simplicitat bacteriana de la cèl.lula d'E.coli.
- 4. Sistemes genètics aptes per a la manipulació de segments discrets de DNA poden ésser establerts en cèl.lules de mamífers o d'altres organismes superiors

a) Trencament i relligat de segments de DNA: enzims de restricció

Els enzims de restricció trenquen les dues fibres de la molècula duplex de DNA en llocs definits per seqüències específiques de nucleòtids. Varies endonucleases han estat ja obtingudes de diferents espècies bacterials, mentres que no ha estat possible identificar-ne cap en organismes superiors. El nombre d'enzims de restricció purificats s'aproxima avui al voltant de

les 25. Cadascuna d'elles produeix una sèrie característica de fragments de qualsevol DNA que digereixin, per tant, el nombre i distribució de tamanys dels fragments reflecteixen la freqüència i espaiat dels llocs de restricció en el DNA.

Els punts de restricció esdevenen marcadors químics més que marcadors genètics i semblantment a indicadors quilomètrics assenyalen amb gran precisió el lloc exacte en la molècula de DNA. Certs enzims de restricció trenquen el DNA d'una forma peculiar. En lloc d'hidrolitzar enllaços di-ester de bases nitrogenades directament en oposició, introdueixen trencaments en zig-zaga i per tant generen en les molècules de DNA extrems d'una sola fibra que són complementaris i idèntics. Aquests extrems s'anomenen terminals "cohesius" o "apegalosos". En conseqüència, els segments de DNA generats per trencament amb qualsevol d'aquests darrers enzims poden ésser relligats uns amb els altres i finalment soldats de forma covalent amb una DNA ligasa. La possibilitat d'empalmar segments de DNAs qualsevols, indiferentment del seu origen genètic és a la base de la recent expectació per la manipulació genètica.

Les molècules de DNA enzimàticament segmentades poden ésser relligades per mitjà de ponts d'hidrogen malgrat que, en darrer terme, han d'ésser assegurades per enllaços covalents. En la pràctica, els fragments de DNA s'empalmen per mitjà dels seus extrems cohesius i posteriorment es segellen amb DNA ligasa. En el cas de trencaments enzimàtics en oposició topològica directa en seqüències terminals d'una sola fibra o cues homopolimèriques poden ésser generades per mitjà d'una Transferasa terminal emprant un únic tipus de trifosfat de nucleòsid.

b) Vectors vírics i plàsmids

Dos tipus de vehicles acceptors i transmissors de segments de DNA s'empren actualment. El primer consisteix en l'ús de virus bacterials, els quals, un cop engrandits amb el segment de DNA objecte del posterior clonatge, són propagats en soques bacterials apropiades. El segon tipus de vector es fornït pels plàsmids. Aquests darrers són elements extracromosòmics caracteritzats pel seu petit tamany i constituïts per molècules de DNA duplex circulars, les quals es localitzen en el citoplasma cel·lular i són capaços de replicació autònoma. Similarment als virus, els plàsmids esdevenen associats amb virtualment tots els gèneres bacterials. Tots els sistemes coneguts de transferència genètica que es basen en la conjugació bacterial són depenents de gens inserits en plàsmids. La presència d'aquests darrers es tradueix en unes característiques singulars com el desenrotllament de resistència a antibiòtics, la producció de bacteriocines i toxines i l'adquisició de noves propietats de tipus metabòlic molt poc usuals com la de degradar compostos orgànics complexes.

Donada la conveniència del fet que els vehicles de clonatge siguin el més reduïts possible per tal de minimitzar la possibilitat d'inclusió de gens no desitjats i també la circumstància del fet que el rendiment i puresa del clonatge així com l'eficiència de la lligació i transformació augmenten en proporcionalitat inversa al tamany de les molècules de DNA, fa que els plàsmids esdevinguin més adequats que els virus en qualitat de vectors.

c) Transformació i Propagació

Malgrat que el mecanisme de transformació bacterial o inserció de molècules de DNA foraster és secundari en les bactèries i sols succeeix en un nombre petit d'espècies, és una fase essencial

en el procés de clonatge. La solució a aquest problema, d'altra manera greu, ha estat fornida pel descobriment del fet que els ions divalents de calci indueixen en bactèries com ara les cèl·lules d'E.coli a incorporar DNA present en el medi extern. Aquesta capacitat inductora ha esdevingut instrumental per l'aprofitament generalitzat dels plàsmids com a vehicles de clonatge en substitució dels virus i bacteriòfags com a vectors. En definitiva, el calci ha esdevingut d'ús general en la inducció de la transformabilitat tot i el fet que les condicions en les quals té lloc difereixen de manera significativa entre els diferents grups bacterials.

La transformació bacterial induïda per mitjà d'un plàsmid modificat o engrandit, contenint bocins de DNA afegit, no és garantia del fet que aquest DNA esdevingui mantingut o bé que la cèl·lula transformada suporti favorablement la competició amb altres cèl·lules no transformades. Es donen sensibles possibilitats que la peça inserida interfereixi amb la pròpia auto-replicació del plàsmid o bé que es redueixi la viabilitat de la cèl·lula receptora. És lògic pensar que la implantació de gens estranys no esdevingui afavoridora per a la bactèria. La majoria d'aquests gens, particularment en el cas de resultar expressats per a formar RNA i proteïna, esdevindran un detriment per a la cèl·lula donat que l'energia invertida en la replicació i expressió resulta malgastada i àdhuc perquè els productes gènics poden ésser directament inhibitoris per a la cèl·lula en moltes ocasions. Tot i així, el DNA clonat amb èxit es mantingut al llarg de moltes tandes de duplicació sense experimentar canvi. La validesa del clonatge de gens en cèl·lules alienes depèn de la integritat d'aquests gens abans i després de la transformació. Aquesta integritat és essencial si es pretén que l'expressió

gènica i els seus ulteriors productes siguin idèntics als de la cèl.lula original, La experiència actual es suggeridora del fet que la gran majoria de seqüències de DNA inserides esdevé duplicada correctament en la cèl.lula receptora. De tota manera, tenint en compte la possibilitat d'endegar-se un cert grau de modificació estructural, la verificació del fet que el gen clonat sigui una còpia rigorosa del nadiu esdevé preceptiva.

d) Bancs gènics

Si es cerca un únic segment clonat de DNA, la cèl.lula portadora és aïllada i el seu cultiu stock mantingut senzillament mentre que la resta de cèl.lules transformades són rebutjades. Això provoca el llençament d'altres fragments clonats del DNA d'origen. Per tal de no malgastar DNA s'ha afavorit l'establiment de autèntics bancs gènics on es conserven centenars, inclús milers, de fragments clonats provenint de genomes d'E.coli, mamífers i d'altres organismes. D'aquesta manera es pot sol·licitar als bancs cèl.lules específiques contenint el segment clonat de DNA que es requereix, sense veure's forçat cada vegada a recórrer a la repetició o reproducció íntegra dels procediments de clonatge. En principi, l'establiment en bancs de genomes sencers en forma de jocs de fragments discrets esdevé possible. Jocs complets de DNAs de cloroplasts, mitocondries o d'origen víric poden ésser mantinguts sempre i quan no hi hagi cap segment que alteri sensiblement el vehicle de clonatge o replicó en el qual ha estat inserit.

III. SITUACIÓ ACTUAL DEL DESENVOLUPAMENT BIOTECNOLÒGIC

Es pot asseverar que el mode de desenvolupament de l'Enginyeria Genètica s'allunya completament dels paràmetres que han regulat de manera uniforme l'avenç tecnològic assolit per l'home des dels seus orígens. Per primera vegada ens trobem enfrontats amb una situació nova mancada de precedents i que ofereix unes possibilitats tèbricament il·limitades i per això mateix esdevé acompanyada d'un potencial de risc-almenys d'incertitud—de magnitud comparable i del mateix ordre.

Les raons que determinen i condicionen aquest fet són òbvies i per tant mereixedores si més no d'ésser enumerades.

- 1) Hem adquirit ple coneixement del material genètic que caracteritza, distingeix i diferencia totes —absolutament totes— les espècies vives.
- 2) Més encara, hem assolit el poder —d'altra manera prohibit— d'ultrapassar el sistema de barreres més segur i complexe elaborat amb paciència i constància evolutiva per la naturalesa. Aquest poder ens permet de bescanviar i transferir total o parcialment el material genètic entre espècies vives sense limitacions de cap mena.
- 3) La nova biotecnologia no manté cap relació amb els mètodes i procediments convencionals de producció. En el nou cas no es requereix mà d'obra per a elaborar els productes desitjats ni de fet projectar esquemes productius a escala industrial. Tant sols manca posar a treballar soques de modestos microorganismes sense cap pretensió.
- 4) L'únic element indispensable és el disposar d'un nombre reduït de persones realment expertes que coneguin i dominin les tècniques de manipulació gènica. Aquest és el requeriment exclusiu, doncs l'instrumentació i equipaments involu-

crats careixen de tota sofisticació.

- 5) El cost econòmic esdevé molt minso al igual que el consum d'energia, doncs aquesta darrera es fornida per les pròpies soques cel·lulars productores.
- 6) El gran nombre d'interrogants que és necessari respondre i aclarir en la pràctica planteja l'exigència d'una recerca fonamental àmplia, amb uns objectius perfectament precisats, preliminar a l'aprofitament que es pretengui. De tota manera els resultats de l'esforç d'aquesta recerca prèvia són d'aplicació immediata. Es pot dir que un cop solventats els interrogants concrets la tasca experimental implicada en el seu aclariment serveix, tot reproduint-la, per a obtenir els resultats pretesos inicialment.

El clam aixecat per grups de gent responsable o si més no preocupats per l'enorme risc potencial implicat en les noves tècniques de manipulació genètica, juntament amb les preocupacions manifestades per un nombre sensible de científics especialitzats en aquesta àrea biològica, ha determinat l'establiment d'unes normes de seguretat molt estringents i fins i tot la prohibició categòrica de dur a terme certs tipus d'experiències. Aquestes circumstàncies han motivat que les grans societats interessades en l'aprofitament de la nova tecnologia refrenessin els seus impulsos inicials i adoptessin una postura expectant. Aquest fet ha motivat el sorgiment d'un reduït nombre de petites empreses constituïdes de forma sistemàtica per científics experts en aquest camp i amb uns objectius d'aprofitament clarament definits. Es així com s'ha iniciat l'elaboració de substàncies de gran interès biològic com poden ésser l'interferon, la insulina, o l'hormona somatostatina.

L'evolució recent dels esdeveniments ha determinat que una part important dels temors inicials s'esvanís. Això ha motivat que les multinacionals químic-farmacèutiques abandonessin el seu conteniment de partida i hagin endegat una acció infiltrant adquirint forts interessos en les petites companyies ja establertes. S'ha arribat a tal punt que en certs països fins i tot els propis governs s'han compromès directament o bé pensen fer-ho en l'explotació biotecnològica.

Es fàcil preveure que al llarg dels propvenients anys la manipulació genètica permeti d'aplicar organismes bacterials a l'elaboració d'un gran nombre de productes medicinals, comercials i industrials tals com fàrmacs per a diagnòstic i tractament, productes alimenticis, substàncies per al control de la contaminació, compostos orgànics que en l'actualitat no poden produir-se en forma rendible degut al gran consum energètic que es necessita en la seva elaboració. Dins d'aquest ampli ventall cal esmentar la millora d'espècies vegetals, dràstics increments de les collites; i fins i tot la introducció de la terapèutica genètica. Alguns dels aspectes més sobresortints es comenten tot seguit de forma breu.

a) Aplicació potencial del clonatge molecular a la Terapèutica Genètica

El desenvolupament recent del clonatge molecular o tècnica del DNA recombinant acabarà conduint a l'aïllament, amplificació i caracterització de seqüències de DNA humà codificant per a proteïnes específiques. Aquest aspecte constitueix una de les etapes essencials en el procés d'introducció de la terapèutica genètica. Per mitjà de les tècniques del DNA recombinant ha estat ja possible de clonar una varietat de segments específics de DNA eucariòtic en soques d'Escherichia coli.

D'antuvi s'ha informat del clonatge amb èxit de seqüències de DNA que codifiquen per histones procedents d'erions de mar, RNA ribosòmic de pollets i de cloroplasts. En principi doncs, el clonatge de fragments d'endonucleases de restricció de DNA humà és assequible basant-se en l'experiència aconseguida en el clonatge de segments de DNA d'altres organismes. Si l'aïllament de segments específics de DNA humà clonat és l'esglai de partença, les fases intermitjes d'amplificació i propagació de gens humans clonats i la seva separació dels vectors de DNA inicials esdevenen extensions de tècniques ja conegudes. Per tant, el clonatge de gens humans ja sigui per mitjà de vectors bacteriòfags o plàsmids proveirà quantitats ponderables de segments de DNA humà. El trencament del DNA recombinant amb l'enzim de restricció inicialment emprat per a fragmentar el DNA humà, regenerarà el fragment de DNA amb extrems cohesius i permetrà el seu aïllament.

Les etapes moleculars finals en la terapèutica genètica consistiran en la reintroducció del DNA humà específic, funcional i clonat, en les cèl·lules dels pacients, amb la malaltia genètica. En alguns casos aquesta operació pot exigir la prèvia extracció de cèl·lules del moll dels ossos per a efectuar l'inseriment en la cèl·lula del gen desitjat in vitro i el subsegüent trasplant de retorn al malalt. La reintroducció de DNA humà extern és contemplada com a una integració física del DNA humà funcional nou, per mitjà d'un vehicle apropiat, dins del DNA cromosòmic de les cèl·lules dels pacients. Amb tot, una alternativa fóra la incorporació del nou gen en un replicó del tipus plàsmid capaç d'autoreplicació en el nucli de les cèl·lules humanes. Recentment han estat descrits vectors capaços d'integrar seqüències de DNA humà clonat dins de DNA cromosòmic

de cèl.lules humanes. Aquests vehicles són construïts com a virus transductors en cèl.lules animals.

El fet que totes les operacions moleculars involucrades en una potencial terapèutica genètica siguin factibles resta pendent de demostració. Amb tot, les tècniques de clonatge molecular han determinat un molt sensible augment del coneixement relatiu a l'organització i funcionalitat gèniques en les cèl.lules d'organismes superiors. Sembla doncs arribat el moment d'avaluar les qüestions plantejades pel desenvolupament del potencial tècnic aplicat a la teràpia gènica humana. En la discussió d'aquest tema s'ha de tenir present la distinció entre els casos de terapèutica genètica somàtica, que impliquen principalment qüestions de seguretat i d'eficàcia de possibles tractaments en individus determinats, i aquells casos més complexos que involucren tractaments genètics aplicats a nonats.

b) Producció d'aliments

Pertocant a la producció mundial d'aliments, es diu que la capacitat productora actual és insuficient per alimentar les poblacions presents i futures. Una de les solucions proposades és la del fet d'aplicar-hi la tecnologia del DNA recombinant. Exemples clars els tenim en la inserció de la capacitat per a fixar nitrogen en plantes no lleguminoses amb l'expansió de la seva producció i també en la introducció de noves varietats d'híbrids. La biotecnologia ofereix doncs la possibilitat d'augmentar en gran manera els rendiments agrícoles i de retruc incidir substancialment en la reducció dels preus dels productes agrícoles.

c) Elaboració de substàncies d'interès biomedic

Les tècniques del DNA recombinant prometen avenços importants en la lluita contra les malalties per mitjà de la creació de nous medicaments i també de la disminució del cost de producció d'altres ja coneguts. Un exemple el tenim en la possibilitat d'una ràpida producció, de cost molt reduït, d'insulina humana per mitjà de bacteries genèticament modificades. Un nou exemple el forneix l'eficient producció d'antibiòtics per nous processos de fermentació desenvolupats mitjançant la implantació de capacitats sintètiques procedents d'organismes de creixement lent com els llevats en soques bacterials de fàcil cultiu i creixement accelerat.

Dins d'aquesta àrea es preveuen altres beneficis d'aplicació clínica com la producció de proteïnes humanes específiques en quantitats respectables. En aquest grup s'hi poden esmentar enzims metabòlics específics, factors coagulants de la sang, immunoglobulines i hormones el conjunt dels quals forneix una gran varietat d'aplicacions. Podem assenyalar el subministrament de proteïnes específiques que esdevenen absents o defectives en persones afectades per malalties d'origen genètic ben definit.

IV. ASPECTES SOCIALS I POLÍTICS. RISCS BIOLÒGICS

Fins aquí hem pretès de donar una noció general de la enginyeria genètica i dels processos i mecanismes biològics en ella implicats, així com de l'inmens potencial que s'en preveu de la seva aplicació. És evident que l'adquisició de la facultat d'empalmar material genètic d'origens molt diversos i de propagar aquests elements recombinats en cèl·lules bacterials o animals ha significat un avenç transcendent en el desenvolupament tecnològic del home. Ens trobem en una àrea de la biolo-

gia plena d'interrogants. Aquest grau d'incertesa recomana actuar amb la major precaució i pensar en l'establiment de normes apropiades de seguretat, en especial de conteniment biològic i físic, per tal de restringir l'espargiment d'organismes de creació no-natural.

La tecnologia del DNA recombinant permet de combinar material genètic procedent d'organismes superiors amb el de bactèries i reproduir-lo a voluntat per mitjà de la inserció d'aquest DNA híbrid en una soca bacterial portadora. No es disposa d'evidència directa del fet que aquest tipus de recombinació entre eucariots i procariots tingui lloc en la naturalesa. La crítica més severa envers aquesta recerca es recolza en el risc potencial del fet que els nous híbrids puguin escampar-se, tot establint-se de manera natural, i produir imprevisibles perills per a la salut.

Es llògic que les primeres preocupacions es manifestessin en el si de la pròpia comunitat científica. Així, varis científics americans a les darreries de l'any 1974 redactaren un manifest demanant la imposició d'una moratòria voluntària afectant certs tipus d'experiments de recombinació fins que els riscos potencials implicats en ells esdevinguessin avaluats i les indispensables normes de seguretat proposades. A l'any següent —1975— els Instituts Nacionals de la Salut (NIH) nordamericans anomenaren un comitè amb l'encàrrec d'estimar els perills involucrats en aquesta àrea de la recerca i de decidir quines línies experimentals devien ésser posposades de forma permanent. Aquest mateix any el NIH va organitzar una conferència plenària d'experts en genètica molecular a Asilomar en la localitat de Pacific Grove a Califòrnia. En aquesta reunió s'establí la classificació bàsica dels riscos, així com es manifestà la necessitat de desenvolupar

vectors segurs i es discutí sobre quins organismes podien ésser emprats amb seguretat com a portadors. Un bon candidat era l'E.coli degut a ésser un organisme ben caracteritzat, la genètica del qual ha estat objecte d'una recerca completa. L'inconvenient greu de l'E.coli és el fet de tractar-se d'un microorganisme corrent en la flora bacterial del tracte intestinal humà i per tant el risc d'induir una nova patogenicitat amb la transformació de la bactèria, esdevenia imprevisible. Una de les conclusions de la conferència consistí en endegar nous estudis que permetessin de modificar soques d'E.coli de manera que la seva probabilitat de supervivència fora del laboratori resultés sensiblement disminuïda. Es així com s'iniciaren treballs encaminats a la construcció de soques febles.

Pocs mesos després de la reunió d'Asilomar es féu la primera versió de les "Normes sobre la Recerca de Molècules de DNA Recombinant". Aquesta redacció va ésser criticada d'immediat en una reunió tinguda en l'Institut de Cold Spring Harvor a Nova York pel fet que les recomanacions decidides en la conferència d'Asilomar i referents als standards de seguretat, havien esdevingut sensiblement retallades. Els assistents a la reunió es manifestaren a favor de la prohibició dels experiments més arriscats i del fet que el clonatge de DNA de mamífers es fes en condicions molt més estringents. Un últim suggeriment fou el d'ampliar el nombre de membres del comitè editor de les normes amb la inclusió de científics allunyats del camp de l'enginyeria genètica i de persones totalment profanes i alienes d'entre el públic en general. Pel desembre del 1975 s'arribà a compromisos sobre molts dels aspectes en discussió. Es així com certs tipus d'estudis sobre recombinació esdevingueren totalment prohibits, en especial experiments implicant DNA d'organismes altament patògens. Nogensmenys, el clonatge de virus productors de càncers en animals resultà permès, malgrat que en condicions molt res-

trictives, en contra de la moratòria acordada inicialment. Al començament de 1976 el NIH organitzà una sessió pública sobre les normes, on fortes oposicions foren manifestades per gent aliena a la comunitat científica, particularment en referència a les normes de seguretat.

Els membres del comitè que redactà les normes definitives pertanyien majoritàriament al camp de la genètica molecular i molts d'ells estaven directament interessats en l'experimentació de DNA recombinant. Com a resultat de les pressions per una major participació pública, unes poques persones foren afegides al comitè després de preses les decisions essencials relatives a les provisions de seguretat. Malgrat que especialistes en àrees directament involucrades en els perills de la recerca de DNA recombinant, tals com epidemiòlegs i ecologistes microbials, foren consultats en la formulació definitiva de les normes, no van participar directament en les decisions finals. La forma final de les normes va ésser publicada el 23 de Juny de 1976.

L'interès i preocupació públiques per l'enginyeria genètica han anat creixent de manera progressiva i en moltes localitats conegudes per les Universitats que posseeixen, com Harvard i San Diego, s'ha arribat a prohibir-les-hi aquest tipus d'experimentació, o bé se les ha sotmès a controls molt estrictes. Malgrat una forta oposició per part del públic en general, les normes americanes han estat acceptades en diversos països europeus, mentres que altres s'han limitat a introduir lleugeres modificacions. D'altres greus objeccions posades a les normes fan referència d'una banda a la poca atenció donada al requeriment d'avaluar els efectes de la nova tecnologia sobre el medi ambient exigit per la declaració de política nacional sobre el medi ambient feta pel congrés americà en 1970. Les normes tendeixen a racionalitzar les precau-

cions sobre seguretat en lloc d'examinar-les de forma crítica i suggerir-ne alternatives. L'estimació experimental relativa als perills de la recerca sobre DNA recombinant o bé d'aquells implicats en l'ecologia i patogenicitat dels vectors plàsmids es deixada de banda. Una última crítica es el fet que les normes solament obligen als grups de treballs subvencionats pels NIH i manquen de tota jurisdicció sobre la recerca independent a la industrial.

A la base de les preocupacions manifestades envers la nova biotecnologia s'hi troba la creació en el laboratori d'organismes híbrids que poden no haver ocorregut mai abans en la naturalesa i per consegüent poden esdevenir singularment patògens pels humans i d'altres organismes. Els riscos inherents a aquest tipus d'experimentació són inqualificables i no poden ésser predits ja que no hi ha manera de conèixer per endavant les propietats d'aquests nous organismes híbrids. L'alliberament i supervivència d'aquests organismes més enllà del laboratori pot esdevenir irreversible donada la seva capacitat d'autoreplicació. El conjunt d'aquestes objeccions recalquen la impossibilitat d'assolir una hermeticitat absoluta amb els dissenys proposats pels conteniments físics i biològics. Això darrer és important si es tenen en compte els plans extensius sobre aquest tipus de recerca projectats per la indústria i els medis acadèmics.

Igual que succeeix amb la resta de qüestions de política tecnològica la decisió d'afavorir la tecnologia del DNA recombinant requereix l'estimació objectiva dels beneficis potencials confrontada amb la dels riscos. El ventall de possibles perills s'ha dit que abasta des de la inducció d'una epidèmia de càncer fins a nous tipus d'infeccions i altres catàstrofes ambientals. Esde-

vé doncs necessari determinar si els beneficis específics resultants de l'aplicació de la nova tecnologia compensen i justifiquen els riscos inherents al seu desenvolupament. Aquesta relació benefici-risc ha de situar-se en un context real tot examinant-la en termes de l'interès social. En aquest sentit, l'anàlisi de la tecnologia del DNA recombinant esdevé directament comparable a la discussió que envolta el tema de l'aprofitament de la energia nuclear.

V. L'ENGINYERIA GENÈTICA EN EL CONTEXT CATALÀ. POSSIBLES OPCIONS

L'enginyeria genètica es tracta d'una àrea tecnològica molt especialitzada i concreta dins el marc de les ciències biològiques. Aquesta circumstància determina el fet que sigui senzill indicar sense ambigüitat quina és la seva situació a Catalunya. Plantejat en aquests termes es pot asseverar que la recerca sobre el DNA recombinant és nul·la a casa nostra. No hi ha cap grup de treball universitari o pertanyent a d'altres institucions dedicat a aquesta tasca científica. Aquesta situació no és exclusiva sino que afecta a tot l'estat espanyol. Malgrat la rotunditat d'aquest fet cal indicar l'existència d'un nombre reduït pero significatiu d'investigadors catalans que han assolit al llarg dels darrers anys la seva formació científica en aquest camp concret per mitjà de la seva estada amb diversos equips científics actius en aquest tipus de recerca en centres universitaris de prestigi disseminats arreu del món occidental. Degut a la assenyalada manca de recerca en enginyeria genètica aquests científics continuen participant actualment en el desenvolupament d'aquesta àrea científica en els llocs originals de la seva formació.

L'existència real del esmentat potencial humà faria factible la introducció d'aquests nous estudis a casa nostra sempre i quan si esmerçessin els mitjans indispensables, suportats per la corresponent financiació. Ara bé, aquesta anàlisi no pot limitar-se a indicar simplement que la recerca en enginyeria genètica és absent, però que es pot disposar d'un grup d'experts en el tema perfectament formats. La qüestió resulta bastant més complexe i en ella incideixen d'altres nombrosos elements que cal comentar.

En primer lloc, es pot preveure en el futur immediat un fort desenvolupament tecnològic de la recerca del DNA recombinant degut al seu immens potencial d'aplicació biomèdica i a altres sectors industrials com pot ésser la producció de metà o l'eliminació de vessaments de petroli, sense oblidar l'aprofitament per la millora de cultius. Aquestes previsions per si soles recomanarien la consideració favorable del fet d'introduir i recolzar els estudis en aquest camp. Això sol però no és suficient doncs es potenciaria un element aïllat mancat totalment d'infraestructura, amb el gran risc d'esdevenir estèrils esforços esmerçats.

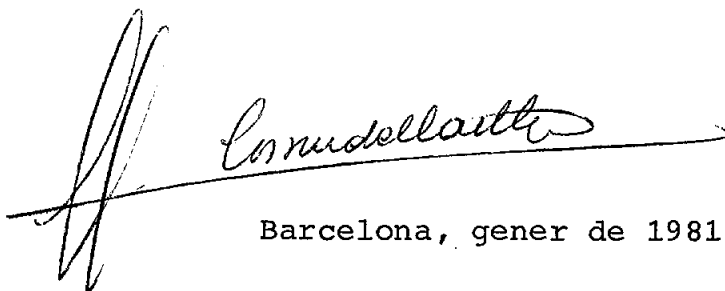
Es evident que tot avenç tecnològic exigeix l'existència d'una massa crítica suficient i el corresponent embolcall científic. Pretendre potenciar una línia d'estudi científic en la absència de l'esmentat recolzament és clarament il·lusori. Degut a unes circumstàncies de tothom conegudes, la menció de les quals defuig el propòsit d'aquest informe, el medi científic a casa nostra es troba esvair i somort, fins i tot mancat de l'interès i del caliu de la societat. De fet ens trobem en una situació de divorci. La comunitat no intueix la necessitat d'un estament científic, de no ésser per qüestions merament aca-

dèmiques, i aquest darrer es veu abocat en una situació de frustració permanent.

Enfrontats amb una gravetat general de la situació present qualsevol tipus d'acció que es consideri convenient endegar deura plantejar-se un procés previ de sensibilització de la societat per a assolir un grau d'eficàcia raonable en l'ejecució de les opcions desitjables pel benefici de la comunitat.

VI. RESSENYA BIBLIOGRAFICA

1. Berg, P. (1976) "From enzyme chemistry to genetic manipulation" a Reflections on Biochemistry (A.Kornberg, B.L.Horecker, L. Cornudella & J.Oró, editors) Pergamon Press, pp. 253-261
2. Guidelines for research involving recombinant DNA molecules. Dept. of Health, Education & Welfare, National Institutes of Health. Fed.Regist. 41 (1976) 38443
3. Berg, P., D.Baltimore, H.W.Boyer, S.N.Cohen, R.W.Davis, D.S. Hogness, D.Nathans, R.O.Roblin, J.D.Watson, S.Weisman & N.D. Zinder (1974). Potential biohazards of recombinant DNA molecules. Science 185, 303
4. Berg, P. et al (1975) Summary statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA molecules. Proc.Natl.Acad.Sci. USA 72, 1981
5. Genetic Engineering (1978) (Ananda, M.Chakrabarty, editor) CRC Press, Inc. Florida, USA



Barcelona, gener de 1981

LA REVOLUCIÓ TECNOLÒGICA I EL FUTUR DE CATALUNYA

Ponència: FÍSICA

Dr. Manuel Cardona

Max-Planck-Institut für
Festkörperforschung.

Stuttgart

Dr. Josep M. Tura

Centre d'investigació i Desenvolupament de Barcelona, C.S.I.C.

Barcelona

LA REVOLUCIÓ TECNOLÒGICA I EL FUTUR DE CATALUNYA

PONÈNCIA: FÍSICA

INDEX

1. Introducció: consideracions generals sobre l'estat i el possible desenvolupament futur de les recerques físiques a Catalunya.
2. Anàlisi dels recursos actuals de recerca i d'ensenyament de la física a Catalunya.
3. Propostes generals per a millorar la recerca i l'ensenyament de la física a Catalunya
4. Proposta de creació d'un Institut de Recerques Físiques Fonamentals i Aplicades a Barcelona.

tem a títol d'exemple els grups experimentals i teòrics de física de sòlids formats a l'entorn del professor Cabrera a la Universitat Autònoma de Madrid i el grup "nacional" de teoria de partícules elementals). De tota manera aquest incipient esforç va romandre limitat i llurs aspectes experimentals s'estan ofegant per la manca de mitjans econòmics i com a resultat de la no participació del país a organitzacions internacionals com el CERN (*). La majoria de les grans conferències internacionals sobre temes tòpics de física tenen lloc sense o amb una mínima participació espanyola (ja no diem catalana!). L'emigració resta en la majoria dels casos la única possibilitat de realitzar-se per als joves graduats universitaris més brillants. Tenint en compte que la seva edat és la d'establir família, gran part d'ells es casen a l'estranger i no tornen (recordem el cas recent de l'Oriol Valls, graduat recent de la Universitat de Barcelona i avui un dels experts internacionals en l'abstrusa teoria de grups de renormalització. És professor a la Universitat de Minnessota),

Si la situació general de la física a Espanya, es dolenta, la situació a Catalunya, amb un desenvolupament tecnològic i un producte brut per cap superior al promig espanyol és encara pitjor. El nombre d'articles que apareixen en revistes internacionals és ínfim. Laboratoris experimentals, jutjats pels estàndards europeu gairebé no existeixen. Amb molt poques excepcions no hi ha personalitats que siguin reconegudes internacionalment com a investigadors de primera línia si bé hi ha uns quants joves competents i prometedors formats recentment a l'estranger però als qui manca l'orientació, la direcció i l'exemple de persones de reconeguda experiència. Així és d'esperar que aviat es perdin.

La manca de persones de prestigi condueix a l'absència de representació catalana en els gremis internacionals directius de la física (editors de revistes, UNESCO, IUPAP(**), International Atomic Energy Commission, European Physical Society...). La gent jove perd tots els avantatges que la proximitat d'aquestes persones representa. Sovint són físics joves en període de formació forçats a ocupar ràpidament posicions administratives per a les quals no estan encara preparats, la qual cosa representa la seva mort científica. Esmentem l'exemple d'un brillant jove professor de Física Teòrica a la Universitat de Barcelona que esdevingué recentment, als trenta anys, Conseller d'Ensenyament del Govern d'Euskadi.

La imminent transferència de tasques culturals i de drets fiscals del Govern Central a la Generalitat representarà sens dubte una possibilitat de canviar radicalment aquesta situació. El govern català podrà comptar amb un pressupost destinat a la recerca comparable, com a mínim, amb el promig actual espanyol (per cap). Recordem que en un col·loqui

* Centre Europeu de Recerca Nuclear, amb seu a Ginebra.

** International Union of Pure and Applied Physics

sobre l'organització de la recerca, celebrat recentment a Barcelona, es va constatar el fet que si bé les despeses per a recerca i desenvolupament a Espanya són el 0.3% del producte estatal brut i la part corresponent a la nostra nació no és més que 0.03% del seu producte corresponent! A cap disciplina és això tan evident com en el cas de la física.

Es doncs d'esperar que la Generalitat tingui com a resultat de la transferència de poders en el camp de la cultura la possibilitat d'assignar un pressupost per al desenvolupament i la recerca unes deu vegades superior a l'actual. Malgrat que aquestes quantitats siguin encara molt inferiors al promig europeu, la seva col·locació eficient representa una tasca gegantina que trascendirà molts anys a venir. Ben contrari a la situació a les mans del Govern de Madrid, on existeix un CSIC (x) desorganitzat i ple de personal de competència dubtosa amb posicions vitalícies, a Catalunya no hi ha gairebé res, cap llast, la qual cosa representa una oportunitat única de crear estructures funcionals i posa una responsabilitat gran a les mans del Govern de la Generalitat. Una oportunitat com l'actual no tornarà a presentar-se en els 50 anys vinents. Si no reixim ara, probablement no reixirem mai.

Els autors d'aquesta ponència hem tingut ocasió d'observar durant moltes converses amb científics i professionals espanyols no catalans que ells esperen de nosaltres la creació d'un model de reforma de la recerca, i àdhuc de tota la universitat, que els serveixi de mostra per a llurs reformes posteriors.

Aquesta ponència conté, a més de la present introducció (1) una anàlisi dels recursos actuals d'ensenyament i recerca a Catalunya(2), una exposició de les condicions necessàries per a millorar-les, tot incluint una discussió de les infraestructures necessàries en un institut modern de recerca i els mètodes de nomenament de directius i d'investigadors(3) i una proposta de creació d'un institut de recerques físiques fonamentals i aplicades a Barcelona(4).

(x) Consell Superior d'investigacions Científiques

2. Anàlisi dels recursos actuals de recerca i d'ensenyament de la Física a Catalunya.

2.1. Recursos d'ensenyament

A la Universitat de
Barcelona

La carrera universitària de Ciències Físiques s'imparteix a dues Facultats: La Facultat de Física de la Universitat de Barcelona i la de Ciències de la Universitat Autònoma de Barcelona (Bellaterra). Les dades estadístiques sobre el nombre d'alumnes venen expresades en l'annex A. El nombre de professors és: 15 numeraris i 48 no numeraris. Aquest professorat es distribueix de la següent manera, agrupant el personal numerari, l'interí i el contractat segons les categories acadèmiques actuals: 10 catedràtics; 8 agregats; 32 adjunts, i 13 encarregats de curs. Els ajudants de pràctiques són 29. Aquestes dades revelen uns quants fets interessants que caldria analitzar. Tals són el gran nombre total d'alumnes (800) de la Universitat de Barcelona comparat amb el petit nombre que es graduen per any (~30, ¿a què es deu?). Aquest nombre restà constant els darrers sis anys. El nombre de tesis doctorals restà també constant a la Universitat de Barcelona (~10 per any) mentre que a l'Autònoma baixà lleugerament (de 6 a 3 per any) la qual cosa revela un estancament i cap tendència de millorament de la dolenta situació en que la física es troba. Referint-nos a l'Autònoma, de la qual tenim informació més completa, el nombre de professors numeraris de física és de 20 i el de no numeraris, 27. Un total de 47, del tamany d'un departament de física entre mitjà i gran a nivell internacional (comparable amb els departaments de Stuttgart i de la Universitat de Brawn on un dels ponents cursa com a professor). Els plans d'estudis es poden veure a l'annex B. L'annex C inclou l'estructura del departament de física de l'Autònoma. Les assignatures que s'ofereixen són totes raonables. El nombre d'hores de docència sembla ésser entre 3 i 6, una tasca lleugera, comparable amb les millors universitats del món on s'exigeix una producció de recerca superior a la que es troba a Catalunya. Quan al programa d'especialització, la divisió de la Universitat de Barcelona (física fonamental, teòrica, electricitat i astro-geofísica) ens sembla ésser fora de l'usatge internacional. Més raonable seria una divisió general entre física teòrica i experimental amb subdivisions: partícules elementals, nuclear, atòmica-molecular, matèria condensada (sòlids i fluids), astro-geofísica i biofísica. Com a assignatures comunes a totes les especialitats semblen mancar teoria clàssica de camps, física nuclear, mecànica quàntica avançada i física dels sòlids. Quan als cursos d'especialitat estan descrits de manera molt general (exemple: Electrònica aplicada II). Sembla ^{que} no hi ha personal per a donar cursos d'especialitat com magnetisme (materials), semiconductors, òptica quàntica, teoria de grups, teoria de sòlids avançada i altres.

Part dels problemes esmentats es deuen a l'estructura de les Seccions de física dividides en petits departaments o càtedres estancs. Això condueix a que els professors repeteixin sempre el mateix curs amb títols tan poc descriptius com "Electricitat i Magnetisme I i II". Els departaments tenen fins i tot biblioteques pròpies i àdhuc un llegidor de microfilms un d'ells. L'equipament dels grups experimentals és, mesurat amb estandars europeus, molt restringit sense cap aparell o sistema gran que es pugui considerar com a facilitat central que atregui l'interès d'altres investigadors o d'organitzacions industrials. Com a resultat el nombre de publicacions en revistes internacionals sobre temes de física experimental és molt baix. És considerat avui per avui necessari en una secció del tamany de les de Barcelona el centralitzar la major part de facilitats comuns, com siguin biblioteques, tallers i l'ensenyament, de manera que els professors puguin donar (i de fet s'alternin) els cursos generals. No hi ha res pitjor que un curs donat deu anys consecutius pel mateix professor. També seria molt útil l'existència d'un director prestigiós de departament que aportés coherència i facilités la convivència i la col·laboració màxima i la concentració sobre un nombre limitat de temes de recerca (l'exemple del Prof. Cabrera a l'Autònoma Madrid). Volem també esmentar l'estat deplorable, àdhuc la no existència, de tallers generals de mecànica, fusteria, bufat de vidre, electrònica, etc., sense els quals no té sentit l'embarcar-se en recerques experimentals.

Un altre problema fonamental de les universitats espanyoles és el mètode d'assignació de càtedres, les tan discutides oposicions. Aquest procediment que no existeix més que a Espanya, absorbeix fútilment gran part de l'esforç intel·lectual de país sense garantir la màxima qualitat creadora i docent de l'elegit.

A part de les dues Seccions de Física esmentades també hi ha uns quants grups petits encarregats de la docència de la física com a servei per a altres facultats, a les escoles d'enginyers (Barcelona i Terrassa), escola d'arquitectura i a la nova escola d'òptica de Terrassa. Suposem que també hi ha un professor de física a l'I.Q.S.

2.2. Recursos de recerca i desenvolupament

El problema fonamental que apareix quan es vol fer un inventari dels recursos de recerca i desenvolupament físics a Catalunya és la gran dispersió dels pocs recursos existents. Només existeixen petits grups d'investigadors amb poc contacte els uns amb els altres i quasibé tots ells d'un tamany inferior al crític necessari avui en dia per a una recerca eficient. La dispersió pot contrarestar-se en part amb la gestió d'una agrupació professional que inclogui tots els físics de la nacionalitat. Aquesta agrupació és la Secció de Física de la Societat Catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques, filial de l'Institut d'Estudis Catalans, la qual compta amb 160 membres docents o llicenciats, la majoria dels físics que practiquen

a Catalunya. Aquest nombre si bé evidentment petit, no és menyspreable. Per comparar-lo amb els dels països avançats hom ha d'elegir un factor de normalització adequat. Normalitzat amb respecte al nombre d'habitants resulta quatre vegades més petit que el dels Estats Units (APS, American Physical Society, 2×10^4 membres) i el d'Alemanya (DPG, Deutsche Physikalische Gesellschaft, 6×10^3 membres). Normalitzat prenent com a referència, els índexs econòmics (producte social brut) resulta semblant al dels països avançats. De tota manera la secció catalana de física gairebé no assoleix el tamany necessari per a una acció col·lectiva.

Els ponents han assajat de fer un inventari de tots els recursos de recerca i desenvolupament que existeixen avui a Catalunya en el camp de la física. Per causa de l'esmentada dispersió la tasca no és fàcil i gairebé hom no pot portar-la a terme. Els resultats són:

2.2.1 Facultat de física de la Universitat de Barcelona

Una informació verbal (no sembla haver-hi anuaris amb les activitats de recerca) ha evidenciat les següents activitats:

Departament de Termologia: Calorimetria, microcalorimetria, biofísica.

Departament d'òptica: (Òptica, Física de l'Estat Sòlid, Física Atòmica i Nuclear). Sistemes òptics; Òptica al servei de la microòptica electrònica. Efecte Mössbauer.

Departament de Física Teòrica (Mecànica Teòrica, Física Matemàtica, Mecànica Quàntica) Teoria Quàntica; Mecànica Estadística; Biofísica Teòrica; partícules elementals; teoria de camps; relativitat.

Departament d'Electricitat i Electrònica: (Electricitat, electrònica, Física Industrial) aquest departament està lligat amb el departament d'òptica en alguns aspectes òptica iònica (en col·laboració amb el CSIC). Energia solar (fotovoltaica); Semiconductors; Mecànica de fluids. Energia solar (efecte fototèrmic). Dissenys de circuits.

Departament de Física de la Terra i del Cosmos (Astronomia, Física de l'Aire, Astrofísica, Geofísica) Geofísica; Sismologia; Astrofísica.

Cada una d'aquestes línies d'investigació és seguida per una o per unes poques persones. Cal tenir en compte que hi ha pocs professors numeraris i que els professors no numeraris, més nombrosos, tenen un contracte de renovació anual.

2.2.2 Secció de Físiques de la Facultat de Ciències de la Universitat Autònoma (Annex C)

Departament d'electricitat i electrònica Es cobreix una gama molt ampla i, per tant, dispersa, de temes que van des de la informàtica i la programació fins a l'estat sòlid fonamental i aplicat. Recursos experimentals mínims.

Departament de Física Fonamental Dues línies de recerca diferents: raigs còsmics i espectroscòpia làser no lineal d'àtoms i molècules. Disposen d'un sistema modern de làser a colorant, sistema força delicat que en cas d'averia estarà molt temps fora de servei.

Departament de Física Teòrica Partícules elementals, es treballa en estricta col.laboració amb el CERN (tot i no ésser membres del CERN) i de la Junta d'Energia Nuclear sobre diversos temes d'interès molt actual.

Relativitat, treballs dirigits cap el desenvolupament d'una mecànica relativista predictiva que permeti la quantificació.

Departament de Termologia Segueixen tres línies de recerca: Termodinàmica de processos irreversibles (teoria). Transport d'electrolits a través de membranes. Propietats tèrmiques de vidres.

Disposen de calorímetres diferencials i d'un equip de mesura de la radiació solar.

Dintre d'altres Facultats de la Universitat de Barcelona i de la U.A.B. hi treballen petits núclis de físics:

- Facultat de Química de la U.B. Departament de Metal·lúrgia (1 físic especialista en raigs X).

- Facultats de Medicina (U.B. i U.A.B.) Varis físics especialitzats en física mèdica i en protecció de radioactivitat; biofísica.

- Servei d'Espectroscòpia de la U.B. (2 físics)

- Departament de Cristal·lografia de la Fac. de Geologia de la U.B. (1 físic)
Història de la Ciència (3 físics dedicats a l'ensenyament).

2.2.3 Universitat Politècnica de Barcelona

A les càtedres de Física de les Escoles d'Arquitectura i d'Enginyers Industrials hi ha un nucli de físics que es dediquen a la Física de Materials. A la nova Escola d'Arquitectura del Vallès hi ha en formació un grup de físics que es pensen dedicar a la mateixa especialitat.

Escola d'Enginyers Industrials de Terrassa. Càtedra de Física, Investigació sobre "Electretes"

Escola Òptica de Terrassa, de nova formació. Hi ha dos físics que conreen aquesta especialitat.

Escola d'Enginyers. Tecnologia Nuclear. Hi ha un reactor nuclear experimental. Un nucli de físics treballa en aquest departament.

2.2.4 Recerca en Instituts d'Investigació

Consell Superior d'Investigacions Científiques

Centre d'Investigació i Desenvolupament de Barcelona.

Hi ha quatre físics treballant: 1 (espectrometria de Masses) 1 (Microscòpia Electrònica), 2 (Mecànica Tèxtil), 1 (Química Tèxtil).

Els esmentats laboratoris de Microscòpia Electrònica i Espectrometria de Masses, porten en l'actualitat un programa sobre la construcció d'una font de ions secundaris, per tal de poder analitzar sòlids per Espectrometria de Masses, i per a atacar amb ions les mostres observades per Microscòpia Electrònica (ion etching). També participen, junt amb altres laboratoris, en un programa de Contaminació Atmosfèrica dirigit per l'Institut d'Estudis Catalans.

Institut d'Investigacions Pesqueres. Hi ha un físic especialitzat en Oceanografia.

Laboratori d'Assaig i d'Investigació de la Diputació de Barcelona. Aquest laboratori fundat per Enric Prat de la Riva, ha quedat molt antiquat. Hi treballen dos físics, responsables de les Seccions d'Electricitat i Assaigs Físics i d'Acústica.

Observatori de l'Ebre de Tortosa. Hi ha treballant varis metereòlegs

2.2.5 Recerca en Física a la Indústria

Existeixen laboratoris de Física a les següents indústries:

PIHER (Badalona i Granollers) components electrònics passius i alguns d'actius (resistències, condensadors, isolants, díodes, transistors). Interès vers la producció de cèl·lules fotovoltaïques.

SEAT Aquesta empresa de l'INI compta a Martorell amb uns laboratoris importants. Hi treballen alguns físics que s'encarreguen dels laboratoris d'acústica i de Metal·lúrgia.

TELSTAR, S.A. Terrassa. És una fàbrica especialitzada en bombes i sistemes de buit, on hi treballen físics.

3. Propostes generals per a millorar la recerca i l'ensenyament a Catalunya.

Gran part de les propostes que fem no són exclusives per a la física. Tanmateix la gran distància "aparent" entre les tasques de la física i les seves aplicacions al món real elimina mecanismes de control de qualitat immediats i automàtics com existeixen en el cas de la química i de la medicina i fa més aguda la necessitat d'implantació de les propostes que aquí es fan. Un dels problemes més greus és l'esmentat procediment de selecció i nomenament de professorat. La carrera de recerca científica, segons Humboldt inseparablement unida a la de l'ensenyament superior, requereix un esforç, una selecció i una superació extraordinària dins d'un ambient de gran competència per què surtin al davant els millors. L'experiència mostra que això solament és possible quan els càrrecs inicials dels investigadors i professors són per contracte un cert nombre d'anys després del doctorat (entre tres i vuit) i una vegada el candidat contractat per un temps limitat ha provat la seva capacitat per al treball científic independent se li pot encomanar un càrrec vitalici. En aquest moment la societat li dona el deure i el privilegi de poder decidir ell mateix quin tipus de treball vol conrear. Per a atorgar aquest rar i únic privilegi cap tipus de garanties és massa. Les tendències d'alguns grups actuals, sobretot de professors no numeraris de provar d'aconseguir que tots els càrrecs d'ensenyament universitari, o bé molts més dels actuals, esdevinguin vitalicis, han d'ésser oposades rotundament.

Un cop establert aquest principi la qüestió és com cal procedir per tal de decidir el nomenament de docents permanents. El sistema d'oposicions està totalment desacreditat. L'ideal seria la seva eliminació i reemplaçament per un sistema de concursos amb una comissió composta de persones en part foranes a la Universitat pertinent i demanant informes de científics estrangers prestigiosos: solament investigadors de prestigi reconegut internacionalment haurien d'ésser qualificats per a assolir càrrecs permanents. Aquest principi, practicat a la majoria dels països científicament avançats no és practicable avui en dia a Espanya, i encara menys a Catalunya, a causa de la manca de físics suficientment qualificats. El problema pot resoldre's en part amb el sistema de l'habilitació; després d'uns anys d'activitat postdoctoral de recerca i amb un cos de producció científica respectable s'aconsegueix l'habilitació o "venia legendi" a base d'escriure un treball comprensiu de recerca i de donar una o dues conferències magistrals. Els habilitats són aleshores els candidats naturals per a les places permanents que esdevinguin vacants, si bé no s'han d'excloure persones de qualitat demostrada que per qualsevol motiu (col·locació a la indústria, residència a l'estranger, etc.) no tinguin l'habilitació. Caldria que existís també un mètode de protecció contra "l'endogàmia", no permetre's -excepte en casos excepcionals- que un candidat es llicenciï, doctori, habiliti i esdevingui professor a la mateixa institució sense com a mínim passar uns anys a una institució forana. En el cas d'un país

petit com Catalunya aquesta clàusula implica dificultats formidables.

El títol dels docents permanents hauria d'ésser només "Professor o Catedràtic de Física" o potser de "Física Experimental" i de "Física Teòrica".

Cal augmentar la qualitat dels laboratoris de treballs pràctics a les Universitats, mitjançant l'establiment de laboratoris on es facin experiments moderns avançats. L'experiència que els professors a l'estranger hem fet amb graduats espanyols recents és la seva falta de formació en matèries experimentals: no coneixen molts d'ells les tècniques de laboratori més elementals (alt i ultraalt buit, electrònica, computació). S'haurien de reforçar els lligams amb la indústria i estimular que es fessin treballs pràctics a laboratoris industrials, especialment tesines de llicenciatura i tesis doctorals sota el control d'un professor universitari. Caldria instal·lar un mínim de tallers centrals mecànics, d'electrònica, de bufat de vidre etc., i en general s'haurien d'agrupar els serveis comuns incloses les biblioteques. La col·laboració entre diferents càtedres haurà d'ésser fomentada al màxim considerant-se envers l'ascens com un punt molt favorable. S'insistirà que els teòrics s'ocupin en part dels problemes dels experimentadors de la casa.

Les diferents càtedres, en particular les experimentals, haurien de fruir d'un mínim de fons per a despeses de recerca. A més d'aquest mínim hauria d'haver-hi un o més organismes estatals, nacionals, o bé fundacions privades, on investigadors que vulguin desenvolupar projectes de recerca fora del marc de les assignacions esmentades puguin dirigir-se i demanar subsidis. Ací, un cop l'ajuda de recerca és atorgada, és imprescindible un rigorós seguiment de projecte i control de qualitat. Caldrà exigir un informe d'autoritats científiques foranes per a la renovació del subsidi i, possiblement, una presentació oral dels investigadors del projecte davant d'una comissió d'experts una vegada a l'any, o com a mínim, un cop cada dos anys.

En el terreny de la física de partícules elementals, especialment la part experimental, és necessari exhaurir totes les possibilitats d'utilització de centres internacionals (per exemple entrant al CERN). Caldrà que hi hagi un fons central per a finançar viatges a l'estranger, donant preferència a les conferències internacionals patrocinades per la IUPAP (Internacional Union of Pure and Applied Physics, un organisme de la UNESCO) on el sol·licitant tingui acceptada una comunicació.

Una altra matèria a la qual caldrà donar certa atenció és el nombre mínim d'hores de docència formal (classes regulars) requerides dels professors universitaris. Una tasca docent massa pesada impossibilita la recerca. L'experiència ensenya que més de sis hores setmanals són incompatibles amb una tasca de recerques físiques a nivell internacional. Tres hores són un requeriment raonable, usual a les millors universitats i que permet donar cada any una matèria diferent.

Es pot pensar en reduir el nombre d'hores de docència formal si el docent dirigeix tesis doctorals o si assoleix un subsidi de recerques exterior important. També s'hauria d'introduir la institució de l'any sabàtic dedicat exclusivament a la recerca.

Finalment volem tornar al tema de la concentració d'activitats de recerca i al tamany crític del que ja s'ha parlat. És evident que Catalunya no disposa ni dels mitjans materials ni dels recursos humans, ni necessita, un nombre gran de centres de recerques físiques. Quanta les universitats, un departament de primera qualitat, amb els petits subdepartaments necessaris per els cursos de servei d'escoles d'enginyers, etc. hauria d'ésser suficient. Avui ja tenim dos departaments (un fet que si fossin d'alta qualitat estimularia la competència) i serà necessari evitar llur proliferació.

La gran concentració científica i tecnològica de la zona universitària de Pedralbes posa el departament de física de la Universitat de Barcelona en una posició privilegiada. Hauria d'intentar-se concentrar les activitats de recerques físiques als voltants d'aquesta zona. Un col·loqui general de física setmanal o bisetmanal, donat per una distingida personalitat espanyola o forana i sota els auspicis de la Societat Catalana de Ciències, ompliria de vida la comunitat dels físics catalans.

4. Proposta de creació d'un centre de recerques físiques fonamentals i aplicades a Barcelona

L'endarreriment en el camp de la recerca física que hem discutit abans requereix un esforç gran per tal de superar-lo. No creiem que aquesta superació pugui fer-se dins de les estructures actuals de les universitats de Catalunya, ofegades per tasques docents i amb un llast de molts anys sense una atmosfera de recerca competitiva a nivell internacional. El recurs utilitzat a molts països en situacions semblants ha estat la creació d'instituts d'investigacions amb personal dedicat exclusivament a la recerca i a l'ensenyament de com fer aquesta recerca (per exemple direcció de treballs de doctorat). Ens referim a instituts com els del CNRS (França), Societat Max Planck, Deutsche-Elektronen-Synchrotron (DESY) o Societat Fraunhofer (Alemanya), Brookhaven (USA), Mol (Bèlgica), Ris (Dinamarca), Weizman Inst. (Israel), les acadèmies de ciències dels països comunistes i, potser, el CSIC i la JEN espanyols. Aquestes darreres institucions compten amb un gran nombre d'Instituts a Madrid (de qualitat molt variable) però, com s'ha vist, no tenen gairebé res a Catalunya.

Aquests tipus d'instituts solament poden justificar-se quan conreen projectes que no es poden desenvolupar dins del marc de les universitats (reactors, grans acceleradors) o quan estableixen uns estàndars de qualitat intel·lectual que superen els normals de les universitats. Acusats en certs mitjans ideològics d'elitisme, se'ls pot tirar en cara d'estar desconnectats de la vida universitària i d'anquilosament

produït per la manca de sang jove, del fluxe continu d'estudiants que passa per la Universitat. Aquests inconvenients es poden evitar establint instituts de recerques associats estrictament amb universitats i fent la majoria de llurs places d'investigadors no vitalícies. Els investigadors principals poden, per exemple, ésser alguns professionals qualificats o bé professors universitaris escollits pel seu prestigi científic i que romanguin associats amb una Universitat propera a la qual poden tornar una vegada acabat el contracte (per uns cinc anys, renovable), amb l'Institut de recerca. La col·locació a l'institut seria atractiva pel seu prestigi, la reducció de les tasques docents i l'accés a mitjans econòmics i d'infraestructures experimentals adequats. La selecció d'aquests membres clau, amb un contracte per un termini d'uns cinc anys, renovable, s'hauria de fer per un comitè d'experts, possiblement amb participació d'estrangers, exteriors a l'institut. L'institut estaria dotat d'un nombre suficient de places per a investigadors joves (doctorals i postdoctorals), mecànics, tècnics a càrrec de l'aparellatge, i personal administratiu. Considerant les condicions discutides al punt 3 suggerim la instal·lació d'aquest institut a la zona de Pedralbes, associat estretament amb la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona.

Quant als temes de treball haurien d'ésser part d'un estudi detallat separat. Com sempre el més important són els recursos humans que com ja hem dit a Catalunya són limitats en el camp de la física. Per altra banda és necessari una certa coherència dels programes a seguir, que garanteixi la màxima col·laboració, un cert contacte i col·laboració amb la indústria local és també molt desitjable.

Considerant el cost dels equips necessaris és quasibé impossible pensar en laboratoris equipats per a treballs experimentals sobre partícules elementals o àdhuc física nuclear (si bé es podria contribuir a l'anàlisi d'experiments fets als grans centres com el CERN). Resten doncs, els camps de la matèria condensada (sòlids, líquids) i de la física atòmica i molecular (no contem la geofísica i la biofísica, temes interdisciplinaris sobre els quals seria necessari treballar en col·laboració amb altres departaments). Aquests són de tota manera els camps que permetrien un major interès i col·laboració amb la indústria. Es pot pensar per exemple en posar èmfasi en tècniques espectroscòpiques: òptica, làser, fotoelectrons, raigs x, microscòpia electrònica (microsondes incloses), tècniques d'alt buit dedicades a espectroscòpia de superfícies [Auger, LEED (Low energy electron diffraction), pèrdues d'energia..]. Els aparells podrien posar-se a disposició de la indústria, amb la deguda coordinació, quan aquesta els necessités.

Les tècniques analítiques esmentades haurien de tenir un gran interès per a algunes indústries locals que no es poden permetre l'alt cost dels aparells requerits. Cal també esmentar que en el camp de la física de superfícies hi ha avui per avui (a l'Autònoma de Madrid) uns tres joves catalans, investigadors, que prometen molt i que ja tenen un cert prestigi internacional.

No volem cloure aquest punt sense donar unes idees generals sobre el tamany de l'empresa de la qual parlem. El nombre mínim d'investigadors hauria d'ésser d'uns 30, 10 directius (amb plaça de professor universitari a una de les universitats catalanes o bé, d'investigador a un centre de recerca però amb permís per a treballar a l'Institut) i 20 investigadors, prometedors professionalment, més joves. D'acord amb els cànons usuals a nivell internacional 30 investigadors requereixen uns 60 empleats addicionals entre tècnics, mecànics i administratius. El cost anual típic a nivell europeu o USA per a despeses corrents, sous i càrregues socials inclosos, és d'uns US\$ 80.000 a 100.000 per investigador.

Les inversions inicials necessàries haurien de ser d'uns US\$ 250.000 per investigador experimental, distribuïdes sobre uns cinc anys, tenint en compte que dels 30 investigadors uns 10 haurien de ser teòrics i 20 experimentadors.

Les xifres que acabem de donar han de considerar-se com una pauta general (sense incloure els edificis) i indiquen què es podria fer i quant seria el cost aproximat. Si bé les quantitats poden semblar altes, àdhuc fora de la realitat catalana, els ponents opinen que la manca de recursos humans és la principal barrera per a la realització del projecte que acabem de presentar.

ANNEX A

UNIVERSITAT DE BARCELONA. FACULTAT DE FÍSICA

Professors: 15 numeraris i 48 no numeraris

	<u>Catedràtics</u>	<u>Agregats</u>	<u>Adjunts</u>	<u>Encarregats de curs</u>
Numeraris	8	2	5	-
Interins	1	5	15	-
Contractats	1	1	12	13
TOTALS	10	8	32	13

Ajudants de pràctiques: 29

	1975-76	1976-77	1977-78	1978-79	1979-80
Alumnes matriculats	700	657	725	610	780
Tesines llegides	19	12	18	15	18
Revàlides Llicenciatura	3	4	1	6	11
Tesis Doc. llegides	9	11	12	12	10

=====

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. FACULTAT DE CIÈNCIES (Secció de Físiques)

Curs 1980-81. Alumnes de tota la secció: 108 (8,48% de la Facultat)

Professors: 20 numeraris i 27 no numeraris

Curs	<u>Llicenciats</u>	<u>Tesis Doctorals</u>
73-74 *	14	6 ** (42%)
74-75	22	6 (27%)
75-76	27	4 (14%)
76-77	40	4 (10%)
77-78	34	6 (17%)
78-79	21	3 (14%)

* Primera promoció de la Universitat Autònoma

** Llicenciats fora de la Universitat Autònoma

UNIVERSITAT DE BARCELONA
Facultat de Física
Primer cicle

PRIMER CURSO

- 101 Análisis Matemático
- 102 Algebra
- 103 Física General
- 104 Química General

SEGUNDO CURSO

- 201 Métodos Matemáticos de la Física I
- 202 Métodos Matemáticos de la Física II
- 203 Mecánica y Ondas
- 204 Termología

TERCER CURSO

- 301 Métodos Matemáticos III
- 302 Electricidad y Magnetismo
- 303 Física Cuántica
- 304 Óptica

HORARIO

- 1.- mañana
- 2.- tarde

ESPECIALIDAD:

- 1.- Física Fundamental
- 2.- Física Teórica
- 3.- Electricidad, Electrónica y Física Industrial
- 4.- Física de la Tierra y del Cosmos

Secció de Físiques

PRIMER CICLO DE FÍSICAS

Horas semanales	
Teóricas	Prácticas

PRIMER CURSO

Algebra lineal y Geometría	5	--
Análisis Matemático I	5	--
Física General I	5	3
Química General	4	2

SEGUNDO CURSO

Métodos Matemáticos de la Física I	5	--
Métodos Matemáticos de la Física II	5	--
Mecánica y Ondas	5	--
Electricidad y Magnetismo I	5	--
Física General II (Técnicas Experimentales I)	1	4

TERCER CURSO

Mecánica Cuántica	5	--
Optica y Estructura de la Materia	5	--
Termología y Mecánica Estadística	5	--
Electricidad y Magnetismo II	3	--
Métodos Matemáticos de la Física III	3	--
Física General III (Técnicas Experimentales II)	1	4

RAA - BARCELONA - TELS. 222 02 00 - 222 02 11 00 - 222 02 12 00 - 222 02 13 00 - 222 02 14 00

SEGON CICLE

	Asignatura	Carácter	h/s teoría	h/s práctica
<u>4º Curso:</u>	(*) MECANICA CUANTICA	anual	5	-
	(*) MECANICA CLASICA	semestral	5	2
	(*) ELECTRODINAMICA CLASICA	semestral	5	2
	(**) Dos asignaturas anuales (o cuatro semestrales) electivas.			

5º Curso: (**) Cuatro asignaturas anuales (u ocho semestrales) electivas.

Asignaturas electivas

<u>Relación 1</u>	Asignatura	Carácter	Curso	h/s teoría	h/s p.
	MECANICA ESTADISTICA	anual	4º/5º	5	-
	FISICA ATOMICA Y NUCLEAR	anual	5º	5	3
	ELECTRONICA GENERAL	anual	4º/5º	5	3
	ESTADO SOLIDO	anual	4º/5º	5	3

Relación 2

<u>Opción A</u>	METODOS MATEMATICOS	anual	4º	5	-
	TEORIA CUANTICA DE CAMPOS	"	5º	5	-
	PARTICULAS ELEMENTALES	"	5º	5	-
	RELATIVIDAD	"	5º	5	-
	HISTORIA Y EPISTEMOLOGIA de la Física	"	4º/5º	5	-
	AMPLIACION DE MECANICA CUANT.	"	5º	5	-
	MECANICA DE MEDIOS CONTINUOS	"	4º/5º	5	-

(*) Asignaturas obligatorias para todos los alumnos.

(**) Las asignaturas electivas deberán pertenecer a las del curso correspondiente incluidas en las relaciones 1 y 2, o ser de un 2º Ciclo de otra Sección de la Facultad de Ciencias. En ambos casos la elección debe realizarse con el Visto Bueno de un Departamento de la Sección de Físicas. De las asignaturas electivas un mínimo de dos (entre 4º y 5º) deberán pertenecer a la relación 1. El resto puede ser o no de la misma Opción de la relación 2.

	Asignatura	Carácter	Curso	h/s teoría	h/s p.
Opción B	OPTICA CUANTICA	anual	5°	5	3
	TECNICAS EXPERIMENTALES EN				
	FISICA NUCLEAR	"	5°	5	3
	TEORIA NUCLEAR	semestral	5°	5	-
	INTRODUCCION A LA ASTROFISICA	anual	5°	5	3
	FISICA MOLECULAR	semestral	5°	5	2
Opción C	TERMODINAMICA	anual	4°/5°	5	3
	TERMODINAMICA DE PROCESOS I-				
	RREVERSIBLES	"	5°	5	-
	MECANICA ESTADISTICA DE PRO-				
	CESOS IRREVERSIBLES	"	5°	5	-
	FISICA DEL AIRE	"	4°	5	3
	MECANICA DE FLUIDOS	semestral	4°/5°		2
Opción D	ELECTROMAGNETISMO	anual	4°	5	3
	ELECTRONICA FISICA	"	4°	5	3
	MAGNETISMO	"	5°	5	3
	RADIACION	"	5°	5	3
	LABORATORIO MATERIALES	"	4°	-	6
	ELECTROTECNIA Y SERVOSISTEMAS	"	4°	5	3
	AUTOMATICA	"	5°	5	3
	ELECTRONICA	"	4°	5	3
	INFORMATICA	"	(5°)	5	3
	LABORATORIO MEDIDAS	"	5°	-	6

ANNEX

Nº C



Universitat

Autònoma
de Barcelona

Facultat de
Ciències

SECCIÓ
DE
FÍSiques

109
51
54

DEPARTAMENT D'ELECTRICITAT I ELECTRONICA
SECCIO DE FISIQVES

A. MEMBRES DEL DEPARTAMENT

DIRECTOR: Emilio Luque Fadón

A.1 PERSONAL DOCENT

	<u>Titulació</u>	<u>Cat.</u>	<u>Dedic.</u>
Emilio Luque Fadón	Dr.(CF)	Ag (N)	E.
Juan S. Muñoz Domínguez	Dr.(CF)	Ca (N)	E.
Francisco Serra Mestres	Dr.(CF)	Ag (N)	E.
Fernando López Aguilar	Dr. (CF)	Ag (I)	E.
Jordi Pascual Gainza	Dr. (CF)	Ag (I)	E.
Ignacio Serra Pujol	Dr.(CF)	Ad (N)	E.
Lorenzo Moreno Ruiz	Dr.(CF)	Ad (N)	E.
Xavier Aymerich Humet	Dr.(CF)	Ad (I)	E.
Ana Ripoll Aracil	Ll.(CF)	Ad (I)	E.
José Millán Gómez	Ll.(CF)	Ad (C)	E.
Teresa Oses Ollo	Ll.(CF)	Ad (C)	E.
Joan Costa Quintana	Ll.(CF)	Bec.+ Enc. curs	

A.2 COL.LABORADORS I PERSONAL ABSENT

Victor Milian Sánchez Llicenciat en Ciències
Físiques

A.3 PERSONAL ADMINISTRATIU

Ma. Isabel Nadal Bilbert, administrativa
José Palma Ruiz, bidell.

B. MITJANS

B.1 BIBLIOTECA

Revistes

Automatisme (1.971-77)
Anales de Física (1.970-76)
ACM Computing Surveys (1.979-)
Communications ACM (1.979-)
Current Contents (1.977-79)
Computers (1.973-76, 1.978-)
IEEE Transactions on Automatic Control (1.977-)
 Circuit Theory (1.977-)
 Electron Devices (1.973-)
 Inst. and Measurement (1.973-78)
 Magnetics (1.973-79)
 Microwave (1.973-78)
 Antennas and Prog. (1.973-76)
 Acousting Speech Sig. Proc. (1.974-76)
 Aerospace and Elec. Systems (1.973-76)
 Communication (1.973-76)
 Biomedical Engineering (1.972-76)
 Electrical Insulation (1.973-76)
Electronic Engineering (1.971-76)
Euromicro Journal (1.979-)
Journal of Applied Physics (1.973-)
Electrical and Electronics Abstracts (1.950-75)
Informática y Automática (1.972-75, 1.979-)
Journal of Non-Crystalline Solid (1.968-78)
Journal of Vacuum Science (1.975-79)
Ferroelectrics (1.973-74)
L'Onde Electronique (1.971-76)

Physics Abstracts (1.950-)
 Physics Letters A (1.972-78)
 Physica Status Solidi (A) (1.974-75, 1.979-)
 Physica Status Solidi (B) (1.971-75, 1.979-)
 Proceedings of IEE (1.971-)
 Sigmicro News (1.979-)
 Solid State Electronics (1.979-)
 Soviet Physics Semiconductor (1.977-79)
 Solid Stat Circuits (1.973-75)
 Soviet Physics Jetp (1.971-73)
 SIGARCH News (1.979-)

Nombre total de llibres de la biblioteca: 775

B.2 MATERIAL CIENTIFIC

Calculador Analògic EAI-180
 Sistema de des. i adquisició de dades anal.lògiques
 ADS-M-6800, Burr Brown
 Monocromador H.R.S-2
 Amplificador Lock-in Mod. 186 A
 Forn tubular Mod. Ror-4/40
 Forn Tubular Mod. KR-170
 Electroiman
 Evaporador EDWARDS Mod. 306
 Oscil·loscopi Hewlett Packard Mod. 180 A

C. DOCENCIA

C.1 ASSIGNATURES DE LLICENCIATURA

FISICA GENERAL	Teor MORENO	An 1 Inf.
" "	Prob RIPOLL	An 1 Inf.
ELEC.I MAGNT. I	Teo. Prob.	
	LOPEZ/MUÑOZ/COSTA	An 2 Fis.
ELECT. I OPTICA	Teo. Prob.	
	PASCUAL	An 3 Qui.
ELECT. I MAGNT. II	Teor. Prob	
	PASCUAL	An 3 Fis.
ELECTROD. CLASICA	Teor. Prob	
	LOPEZ-AGUILAR	Sem 4 Fis.
ELECTRONICA GENERAL	Teor. Prob.	
	SERRA/AYMERICH	An 4 Fis.
ELECTROTEC. I SERV.	Teor. Prob	
	I.SERRA/MORENO/OSSES	An 4 Fis.
MIGNETISME	Teor. Prob	
	MUÑOZ/LOPEZ	An 5 Fis.
AUTOMATICA	Teor. Prob.	
	I. SERRA	An 5 Fis.
INFORMATICA	Teor. Prob	
	LUQUE	An 5 Fis.
ELECTRONICA	Teor. Prob.	
	SERRA/MILLAN	An 5 Fis.
FIS. GENERAL II (T.E.)	Teor. Prob.	
	PASCUAL	An 2 Fis.
FISICA GENERAL	Lab.	
	COSTA/RIPOLL/OSSES	An 1 Inf.
FIS. GENERAL II	Lab. COSTA	An 2 Fis.
ELECTR. OPTICA	Lab.	
	AYMERICH/MILLAN	An 3 Qui.
ELECTRONICA GRAL.	Lab. AYMERICH	An 4 Fis.
ELECTROTEC. I SER.	Lab. RIPOLL/OSSES	An 4 Fis.

INFORMATICA	Lab. MORENO	An 5 Fis.
ELECTRONICA	Lab. MILLAN	An 5 Fis.

C.2 CURSOS DE DOCTORAT

Arquitectura d'Ordenadors, E. Luque, 1 hore.

Electrodinámica del Plasma, F. López Aguilar,
1 hore.

C.4 TESINES

Potencials d'ocupació en semiconductor de Banda.
Estreta aplicació al Eu_2O_3 , Juan Costa Quintana,
Director: Fernando López Aguilar.

D. INVESTIGACION

D.1 LINEAS DE RECERCA

Adaptación de la arquitectura en sistemas micro-programables.

El análisis estático y dinámico de los programas proporciona la información necesaria para proceder a la selección óptima de las secuencias que minimicen el tiempo de ejecución en cada programa específico. E. Luque, Ana Ripoll.

Propiedades Ópticas de Láminas SCd.

Estudio del comportamiento óptico de las células solares de SCd, obtenidas por spray y esputtering de r.f. Fundamentalmente el coeficiente de absorción y su relación con el espesor y tamaño del grano. J.S. Muñoz y J. Pascual.

Algoritmos de reemplazamiento basados en la localidad espacial.

Análisis y síntesis de algoritmos de reemplazamiento, para su utilización en diferentes niveles de una jerarquía de memorias, basados en la localidad espacial que poseen las páginas de un programa. L. Moreno, T. Oses.

Estudio de los modos Raman de los compuestos XO_2 y XF_2 (estructura rutilo en presión uniaxial). (En colaboración con la Universidad de Montpellier-Francia).

Comprende: a) El estudio experimental del desplazamiento y/o desdoblamiento de los modos de presión uniaxial. Se miden los potenciales de deformación. b) El estudio teórico del fenómeno

se coteja con la experiencia. J. Pascual.

Efectos colectivos en semiconductores 4 F.

Los efectos colectivos (polarización de spin, canjes antiferromagnéticos y correlación) son estudiados en tres modelos distintos. Acoplamiento bosónico, método interconfiguracional o mezcla de valencia, local densidad de spin. López Aguilar, J. Costa Quintana.

Estudio de la estructura metal-aislante-semiconductor-semiconductor.

Análisis teórico experimental de las propiedades de la conmutación de dicha estructura. Criterios de conmutación. F. Serra Mestres, J. Millán.

Estudio del efecto túnel resonante en dispositivos electrónicos.

Revisión de las formulaciones del efecto túnel y en concreto de la distribución de energías. Nueva formulación del túnel resonante y su aplicación en la ZBA en diodos MIM. X. Aymerich, F. Serra Mestres.

Análisis de filtros de capacidad conmutada.

Estudio de los diferentes métodos de síntesis de dichos filtros. Implementación mediante capacidades MOS y su aplicación LSI. I. Serra Pujol, F. Serra Mestres.