

LA RECERCA: ENTRE EL POSSIBLE

per Klaus Weissermel

48 (128 / Volum 2 / gener 1982

ciència 13)

Hi ha un camp pràcticament desconegut al nostre país, que és la recerca industrial. En realitat, no es tracta d'una recerca "diferent" de la que hom pot desenvolupar a la Universitat o a qualsevol institució pública, donat que en els darrers cinquanta anys s'ha anat demostrant el valor productiu de la recerca per ella mateixa. En el nostre país, el fet que la revolució industrial sigui tan recent, no ha permès que un sector crucial en la recerca al món hagi pogut créixer. En aquest camp som entre la primera i segona fase de desenvolupament, si fem cas al treball clàssic de Georges Bassalla (*The Spread of Western Science*, "Science", 1967), algunes empreses multinacionals tenen algun programa de recerca al nostre país i alguns catalans participen als treballs d'empreses estrangeres... a l'estranger. La conferència del professor Klaus Weissermel, director de recerca de Hoeschst, pot fer-nos conèixer les preocupacions de la recerca industrial, sobretot del sector químic, per a la dècada dels vuitanta.

Klaus Weissermel (Strasburg, 1922) és director d'investigació i membre del consell de Hoeschst AG. Aquest article comprèn el text de la conferència que pronuncia a l'aula de la facultat de química de la Universitat Complutense de Madrid el 17 de novembre del 1981. Agraïm a Hoeschst Ibèrica la possibilitat de poder disposar d'aquest text.



Els dos decennis que ens separen del final de segle estan caracteritzats per una sèrie de greus problemes, la solució dels quals es troba principalment en la indústria química.

Entre ells, pot mencionar-se el creixement demogràfic a escala mundial, que prossegueix el seu ràpid ritme ascendent; l'escassetat de primeres matèries i d'energies fòssils; el fort increment de les exigències del medi ambient i la necessitat de millorar les condicions de vida, sobretot al Tercer Món.

La realització de les tasques relacionades amb la solució de totes aquestes qüestions

constitueix un repte decisiu per a la humanitat. Requereix la intervenció creativa i intel·ligent de la ciència i la tecnologia.

Donat el fons d'aquests reptes, m'he proposat mostrar on i a partir de quines premisses la indústria química pot i ha d'utilitzar de manera ofensiva el seu potencial de desenvolupament en la dècada dels vuitanta per a contribuir a la solució d'aquests problemes, per mitjà de les possibilitats dels nous coneixements científics. Abans d'abordar aquest punt en concret, voldria començar amb la descripció del nou panorama industrial de la investigació.

ELS CANVIS SIGNIFICATIUS DELS DARRERS DEU ANYS

En primer lloc, fem un cop d'ull al passat immediat. El paisatge industrial de la investigació dels últims deu anys pot descriure's correctament amb el lema: "Res-

no és tan constant com el canvi".

La investigació química aplicada ha rebut la seva dinàmica pròpia principalment de la demanda i de la capacitat d'absorció del mercat, així com del potencial de transformació d'una florent indústria petroquímica i química polimèrica. Mentrestant, aquesta situació ha anat canviant. Del lliure desplegament de les energies, la investigació industrial ha desembocat en un camp de tensions, i ha rebut la influència d'un seguit de factors —o, fins i tot, ha arribat a ser dominada per ells—, l'existència dels quals no comptava gairebé gens fa deu anys.

Tot això pesa, especialment, pels imperatius que es deriven del canvi de situació en el mercat, en les primeres matèries i en l'energia. Aquests problemes s'agregen i s'intensifiquen per una creixent problemàtica del medi ambient deguda al ràpid creixement econòmic; per altra banda, han desencadenat una innombrable quantitat de disposicions legislatives i han donat lloc, de la mateixa manera, a una relació pertorbada i hostil de la societat davant la ciència i el progrés.

Així mateix, a causa de la creixent acti-

UN CAMP DE TENSIONS I EL NECESSARI

(ciència 13

gener 1982/Volum 2/129) 49

vitat investigadora mundial, han aparegut nous descobriments en la investigació fonamental que accentuen la cursa per a la seva utilització tècnica.

Han sorgit noves possibilitats, però també problemes addicionals, que voldria exposar prenent com a exemple el progrés de la química analítica. Fa trenta anys, teníem encara dificultats per a separar i analitzar quantitativament una barreja de cinc compostos d'hidrocarburs en un terme de temps prudencial. Avui, estem en condicions de separar més de mil components a escala d'un microlit, és a dir, mil·lèsimes de centímetre cúbic, i identificar-lo un a un en el curs d'unes quantes hores.

Tanmateix, la riquesa informativa obtinguda no adquireix la dimensió del que pot ser inimaginable fins que no es té en compte l'enorme perfeccionament del límit de detecció. En un període de deu a quinze anys, la sensibilitat dels mètodes de mesurament moderns combinats, físics, químics, radioquímics i bioquímics, ha augmentat en més d'un milió de vegades. Aquest exemple posa clarament de manifest el ritme del canvi.

L'avenç cap a l'imponderable posa al descobert el que fins ara restava ocult, i fa possible la identificació dels residus més insignificants de productes fitosanitaris en la cadena alimentària, i permet detectar la localització de medicaments en l'organisme, també en forma dels seus productes de degradació, els anomenats "metabòlits", fins a nivells que es tradueixen en "parts per bilió" -ppb- (una part entre mil milions).

La penetració en aquesta dimensió condueix també, al mateix temps, al fenomen de les decisions imponderables. De manera inesperada ens veiem confrontats davant l'opinió pública amb el problema del que no és imaginable. Segons la intenció de qui dona la informació, hom pot fins i tot suggerir a un profa que una **quantitat de substància nociva expressada per 0,000001 mg en una mostra no val la pena tenir-la en compte, i, en canvi, expressada com un manogram (10⁻⁹ g), és considerablement perillosa, quan amb-**



dues quantitats representen el mateix contingut. Per altra banda, els continguts "zero" d'avui poden ser demà concentracions mesurables, cosa que evidencia que de la mesurabilitat de les més petites concentracions de substància nociva no ha de deduir-se l'obligatorietat de la seva eliminació.

Si volguéssim prescindir de tot compost natural o sintètic que es presenta en nivells de concentració petits que no afecten gens i que, com a tal, considerat aïlladament, mostra també un efecte nociu a dosis superiors, la vida sobre el planeta ja no seria concebible. Només la relació dosi-efecte i l'estimació utilitat-risc poden decidir sobre el perill o el no-perill.

La major qualitat dels processos analítics posa de manifest grans exigències en la valoració dels resultats, en particular pel que fa a la presa de decisions.

El canvi en la tècnica d'impressió de diaris. Voldria descriure el creixement vertiginós de les descobertes de la ciència i el ritme del progrés tècnic partint de l'exemple de l'evolució en el camp de la tècnica de la informació i la reproducció. Em limitaré únicament, per raons d'espai, al sector de la tecnologia en la impressió de diaris.

Des de l'aparició del primer diari, el

1702, la impressió de diaris va ser dominada per la composició de plom, més o menys fins a l'any 1965.

És característica de tot el sector de la tècnica d'informació la tendència a passar dels processos químics als físics.

Temps enrera, la indústria va oferir especialitats a l'usuari, tals com plaques d'impressió, paper heliogràfic i micropel·lícules. En el futur, les noves tecnologies tindran en aquest sector un paper de creixent importància, on la informació s'elaborarà electrònicament. D'aquesta manera, en les plaques d'impressió que treballen per procediments fotoquímics se supera encara més la diferenciació, pel que concerneix la imatge, amb l'ajut de sistemes diazoics sensibles a la llum o bé mitjançant capes fotoreticulants o fotopolimeritzables. A les noves plaques que operen per mitjans fotoelèctrics, basats en el principi de capes fotoconductoras, la transmissió de la informació té lloc, al contrari, mitjançant un procés purament físic.

Això fa possible l'augment de la sensibilitat del procés en un factor de 100 fins a 1.000. D'aquesta manera es poden transmetre informacions directament a la placa d'impressió sense que sigui necessari, com és habitual, confeccionar primer una plantilla intermèdia de pel·lícula de plata, cosa que requereix temps i ocasiona costos importants.

A part la sensibilització superficial de plaques d'impressió fotosensibles mitjançant una càmera especial, hom ofereix la sensibilització lineal de capes reprogràfiques mitjançant raigs laser.

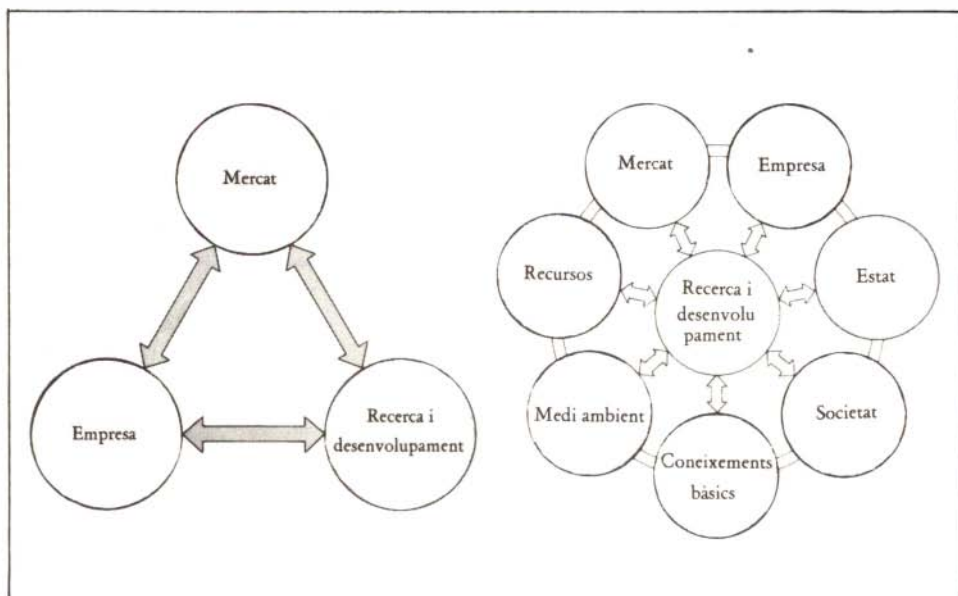
Aquesta sensibilització té força avantatges, ja que el laser constitueix una font de llum de gran densitat d'energia, còmodament dirigible, amb la qual les informacions elaborades electrònicament poden ser transmeses directament per impressió digital.

La informació en clarobscur explorada i transformada en línies de la plantilla per a aquesta finalitat pot transmetre's elegantment d'un lloc a l'altre com un senyal elèctric, de manera que la lectura i la reproducció de la imatge (l'escriptura)

Figura 1: Investigació industrial el 1970

Figura 2: Investigació industrial el 1980

Figura 3: L'avenç cap a dimensions imponderables



poden fer-se localment per separat.

El procés de gravació es reproduceix esquemàticament a la figura 5.

La separació espacial de redacció i impressió, possible per aquest procediment, permet subministrar diverses impremtes a partir d'una sola redacció, el que contribueix a l'estalvi de transport, despeses de distribució i temps. Amb l'ajut de la tecnologia laser, en el futur serà també possible transmetre directament de la pantalla a la placa d'impressió les informacions, memoritzades electrònicament o actualitzades, sense necessitat d'una plantilla de paper.

En la impressió de diaris, aquest desenvolupament tindrà com a conseqüència, per exemple, que els redactors transmetin les seves col·laboracions directament a una memòria a través de terminals, que la imatge de l'escriptura pugui compondre's electrònicament i que la pàgina del diari pugui transcriure's a plaques d'impressió en el lloc que es vulgui mitjançant unitats de gravació per laser.

L'impuls innovador desencadenat per l'electrònica i l'òptica, que hem descrit en general, continuarà transformant la tècnica de la informació i la reproducció.

ENERGIA I PRIMERES MATÈRIES

Entre els esdeveniments de major gravetat i transcendència dels anys setanta hom pot destacar, sens dubte, el dràstic augment dels preus de l'energia i les primeres matèries.

La indústria química, en la producció de la qual participa directament o indirectament la petroquímica en quatre cinques parts, es troba davant un repte de tipus particular, donats els sobtats augments de preus dels productes químics primaris, nafta, oli combustible lleuger i pesant.

Haig de suposar que és prou coneguda la limitada disponibilitat geològica de primeres matèries fòssils i la seva problemàtica política i econòmica, i, per tant, po-

Mètode	Limit de detecció		
	abans del 1970	1970	1980
Gravimetria	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶
Colorimetria	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Infraroig	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Espectrometria	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Fluorometria	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Polarografia	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Cromatografia TLC	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
GC	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
HPLC	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Espectrografia de masses (GC/MS)	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Mesura de la radioactivitat (C ¹⁴ , H ³ i altres)	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Assaig radioimmunològic	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
Espectroscòpia per fluorescència de laser	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶

dré limitar-me a les reflexions i conseqüències que comporta.

El petroli, el gas natural i el carbó cobreixen actualment més del noranta per cent de la demanda mundial d'energia i primeres matèries. D'aquest percentatge, es destina al proveïment d'energia el noranta per cent, i menys del deu per cent va a parar al sector de refinació pròpiament dit, és a dir, la petroquímica. Aquesta constitueix la base de gairebé tots els productes químics orgànics, com els plàstics, les fibres, les làmines, les resines, les pintures i les coles plàstiques, les primeres matèries per a detergents i colorants, els productes fitosanitaris i els medicaments.

L'ambivalència dels materials fòssils, com a portadors d'energia i primeres matèries, obliga, amb la creixent escassetat i l'augment de preus, a la necessitat de delimitar la seva utilització, per a evitar que hom continuï cremant aquesta primera matèria tan valuosa que és el petroli i poder donar-li la seva destinació primordial, és a dir, la refinació en la química, a més de la seva utilització com a carburant.

La consigna "independitzar-se del petroli" no pot mantenir-se en una afirmació general, ja que s'ha de relacionar amb les realitats, és a dir, els imperatius econòmics, ecològics i tecnològics.

Encara l'any 2000, el petroli, juntament amb el gas natural, haurà de suportar la càrrega principal del proveïment d'energia. Tanmateix, estalviar petroli és una alternativa que té uns límits definits; una altra alternativa és substituir-lo. Per a fer-ho, cal energies alternatives que estiguin tècnicament a punt i puguin utilitzar-se immediatament. Avui dia, només pot satisfer aquesta exigència en un grau considerable l'energia nuclear.

Substituir el petroli vol dir, en primer lloc, expressat en termes clars, utilitzar en comptes d'oli pesant per a la combustió —el qual es crema en grans quantitats en calderes a les centrals elèctriques i a la indústria— el carbó i l'energia nuclear i, d'aquesta manera, deixar el petroli per a la refinació.

El gran avantatge de la refinació del petroli i del gas natural davant el carbó es basa en una relació carboni-hidrogen clarament més favorable. Per a produir calor de combustió i de reacció o bé energia elèctrica, aquesta relació no és decisiva; en canvi, per a la refinació en productes químics primaris i gasolina és essencial. Aquestes interrelacions es mostren a la figura 6. El desembós de capital i la utilització de primera matèria per a la fabricació d'un milió de tones d'etilè augmenten constantment d'esquerra a dreta, és a dir, de l'età al fuel-oil, passant per la

Figura 5: Esquema d'una il·lustració de placa per impressió per laser

Figura 6: Utilització de la primera matèria i demanda d'inversió per a la fabricació d'un milió de tones anuals d'estilè

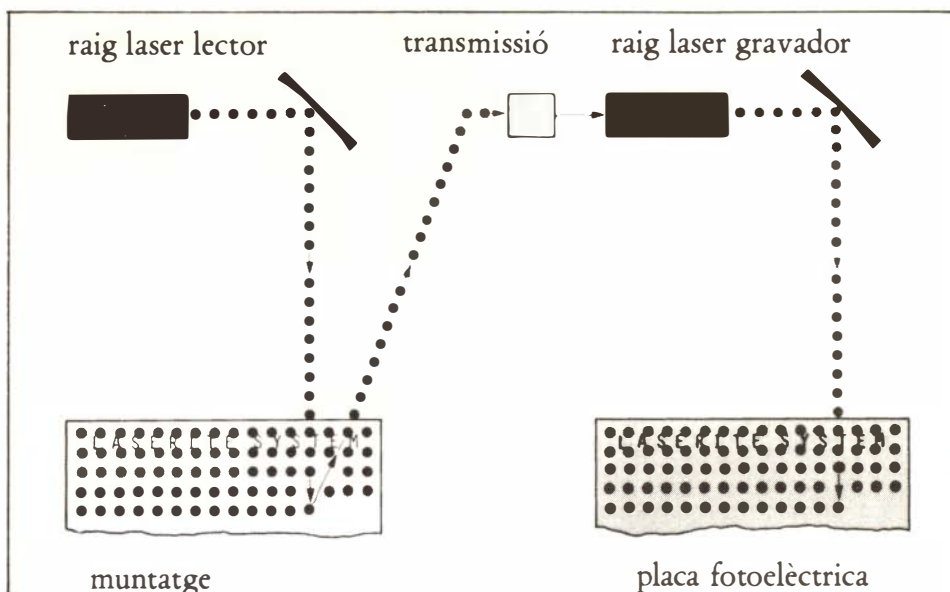
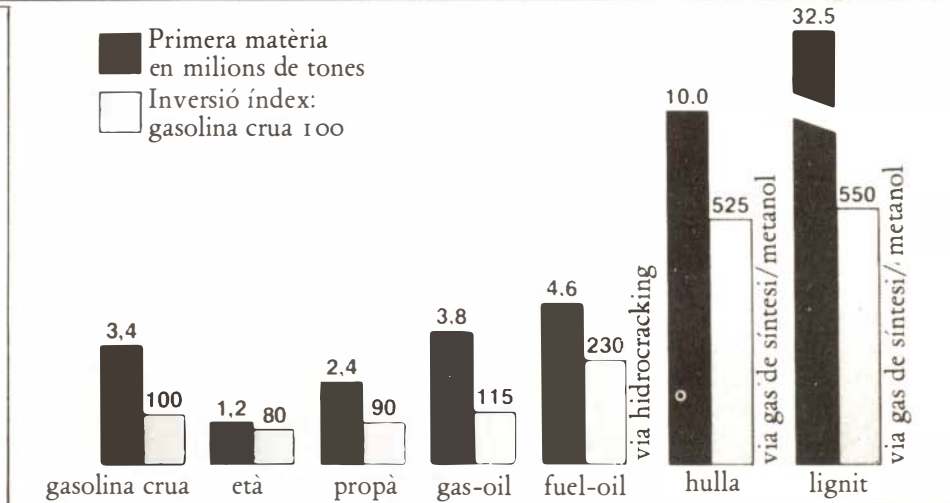


Figura 4: Evolució en la impressió de diaris. Fabricació de motllos d'impremta

	temps per pàgina
Des de 1702 composició de plom, manual	4-8 h
des de 1900 composició de plom, mecànica	30 min.
des de 1965 composició fotoquímica	8-12 min.
des de 1978 composició fotoelèctrica	6-7 min.
futur Laserite	1 min.

gasolina crua.



LES POSSIBILITATS DEL CARBÓ

Però només quan es passa al carbó es posa clarament de manifest el salt en la utilització de primera matèria i capital i queda novament subratllat que la consigna "independitzar-se del petroli" és errònia, almenys pel que fa a la refinació. Si no tinguéssim en compte els avantatges de la refinació en els nostres plans per al futur, tindriem com a conseqüència gegantines inversions mal orientades. No cremem petroli! —aquesta missió la pot assumir el carbó. Pel que fa a la conversió en energia elèctrica —almenys en els consums bàsics (transport, indústria, enllumenat...), el carbó pot alternar-se amb l'energia nuclear i es troba a disposició per al sector tèrmic.

El grau de llibertat d'acció que s'obté d'aquesta manera es posa de manifest a la figura 7, que mostra el potencial de substitució d'una central nuclear de 1.200 megavats. El rendiment efectiu d'una central nuclear equival a 70 km² de col·lectors solars i a 600 molins de vent amb un diàmetre de rotor de 100 metres.

Una central nuclear és comparable, pel que fa a la producció de corrent elèctric, a una central de combustible líquid amb un consum d'1,5 milions de tones anuals o a una central de carbó amb un consum

de 9,6 milions de tones de lignit l'any. Indirectament hi ha, a més, les possibilitats de refinació que s'exposen en la figura, pel que fa al fuel-oil o els lignits estalviats.

Queda per aclarir la funció addicional que hom podria assignar al carbó en la complexa associació de l'energia i primeres matèries, a part la de ser cremat en les centrals elèctriques i explotacions industrials. En parlaré a continuació.

En principi, els productes bàsics de la química orgànica poden obtenir-se no solament a partir del petroli, sinó també a partir del carbó.

La coquitació, la gasificació i la hidrogenació són els passos clàssics elementals de la tècnica de transformació i refinació. Tanmateix, això no hauria d'incloure-nos a la il·lusió que el carbó "ho pot tot" i és capaç de substituir al mateix temps el fuel-oil, per a calefacció, els carburants per a motors i la nafta en el sector químic.

Mentre es cremin els olis de combustió o el gas natural per generar energia i no canviï sensiblement la relació de preu carbó-petroli no hi ha justificació per a la producció de productes derivats de la refinació del carbó, ja que requereix una inversió de capital més intensiva i des del punt de vista energètic és essencialment més desfavorable.

Des del punt de vista de les perspectives,

que tenen en compte tant els imperatius econòmics i tecnològics com els ecològics, l'accés a la refinació del carbó ha de passar necessàriament per la seva gasificació. El gas de síntesi procedent del lignit té les majors possibilitats de competir amb el fuel-oil en algun país, com ara la República Federal Alemanya. En canvi, el gas natural sintètic (SNG), fabricat per gasificació hidrogenant de lignit, haurà d'esperar encara molt per a ser competitiu amb el gas natural. Aquest llinar hauria d'aconseguir-se quan la diferència de preus entre l'hulla i el gas natural s'accentui encara més, cosa que hom pot esperar.

La cadena de refinació carbó-gas de síntesi-metanol-àcid acètic-productes derivats ha aconseguit ja una àmplia maduresa des del punt de vista del desenvolupament i, en el pla econòmic, ha de justificar-se al més aviat possible. Per altra banda, la hidrogenació del carbó, segons l'estat actual de desenvolupament, continua essent per mi una incògnita que, probablement, no sigui en el futur tal com imaginem avui i, des del punt de vista del desenvolupament, no té, ni molt menys, la mateixa prioritat que la gasificació del carbó.

Quines altres possibilitats alternatives de forniment d'energia i primeres matèries s'ofereixen encara des de la perspectiva actual? En relació amb això, ha de men-

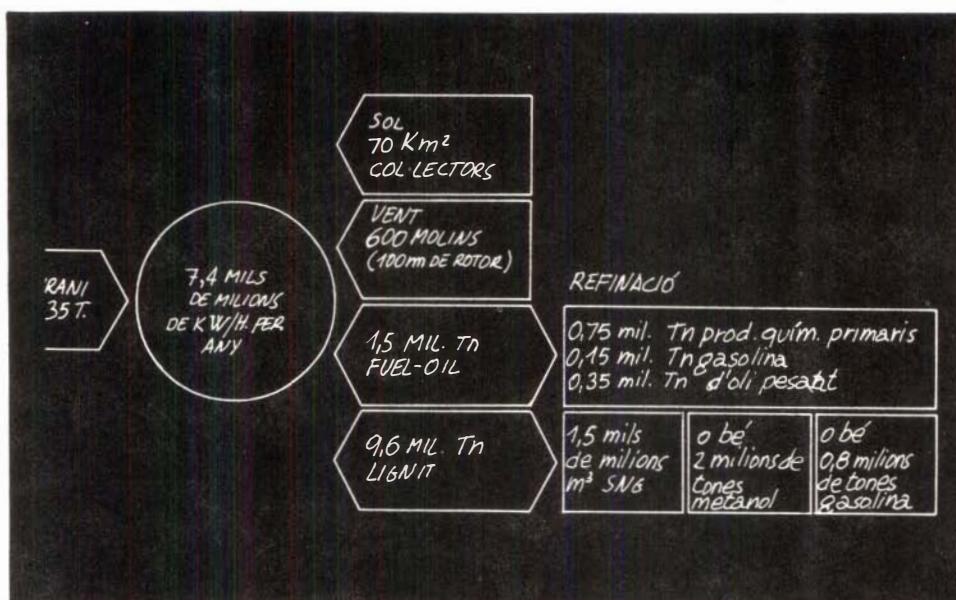


Figura 8: Refinació del petroli i el carbo

cionar-se la utilització de la biomassa. En les regions tropicals amb grans superfícies de cultiu i primeres matèries de reproducció ràpida, el bioalcohol, a partir dels hidrats de carboni, adquireix cada vegada més importància, ja que és portador d'energia i de primeres matèries. Un exemple de país on ha estat possible aquesta alternativa és el Brasil. Tanmateix, als països industrials amb gran densitat de població i amb indústria petroquímica àmpliament desenvolupada, la fabricació de bioalcohol no té gairebé cap importància. Així, per exemple, la producció de bioalcohol necessària per a substituir un milió de tones de gasolina requereix una superfície agrícola de 4.000 km². Això correspon a tota la superfície de cultiu que destina la República Federal Alemanya a la remolatxa sucrera.

CONSEQUÈNCIES PER A LA INDÚSTRIA QUÍMICA

De les consideracions precedents es dedueix que la indústria química estarà supeditada durant molt de temps a les primeres matèries dependents del petroli. Els dràstics augments de preu dels productes químics primaris han reduït, sobretot, el grau de llibertat que hi havia en un sector acostumat al creixement, com és el sector polimèric. Els canvis ens obliguen a la reflexió i a la reorientació de les nostres idees. Què es pot fer? Què és el que té prioritat des del punt de vista de la recerca? En primer lloc, el que cal, evidentment, és aprofitar al màxim els mètodes i els productes existents, i en aquest terreny no hem esgotat encara, ni de molt, totes les possibilitats. Però això sol no és suficient. Hem d'ampliar la profunditat de l'oferta, especialment pel que fa als polimeritzats, i abandonar a poc a poc els articles de baix preu per dedicar-nos a especialitats que posseeixin un elevat

perfil d'exigències. Un encariment tan dràstic dels productes químics primaris també comporta, en relació amb tot això, la pregunta de la resubstitució per materials d'origen orgànic i inorgànic que suposin una alternativa, tals com el metall, el vidre o la fusta, més si tenim present que la decisió per a l'elecció d'un nou material parteix, generalment, del preu. Sota la pressió dels costos, no es tenen en compte les propietats dels materials que no són utilitzades. El regulatiu en els plàstics, les resines sintètiques, les làmines i les fibres sintètiques no es determina, tanmateix, únicament en funció del preu de les primeres matèries, sinó també pels costos finals dels productes acabats. L'amplitud d'una substitució possible depèn, per tant, de diversos factors de cost, que resulten, entre altres, de la transformació, el format i l'acabat. Des del punt de vista actual, no s'ha d'esperar una resubstitució considerable, ja que els productes derivats del plàstic ofereixen avantatges de costos pel que fa a la utilització de capital, treball i energia en relació amb els productes acabats procedents de productes naturals. Per altra banda, superen enormement en la multiplicitat i la combinació de propietats els productes naturals. Els imperatius desencadenats per l'encariment de les primeres matèries ha estat l'abandó de la polimerització en dissolvents pel que fa als plàstics estàndard i el pas a mètodes de polimerització en massa, en reactors concebuts especialment per a aquesta finalitat. Hom ha pogut reduir d'aquesta manera el consum d'energia una dècima part, per exemple, en la polimerització del propilè. A aquest estalvi, hom pot afegir el de primeres matèries i inversions. Adquireixen també una importància creixent els desenvolupaments de productes que ofereixen al client possibilitats de racionalització en la transformació, el que representa sovint un estalvi d'energia tan sols en una part del conjunt. En relació amb això, és característica la tendèn-

cia a l'elaboració de resines sintètiques i vernissos. Voldria explicar tot això a partir de l'exemple del procés de pintat per electroforesi en el sector automobilístic. En altre temps, la preparació de les carrosseries dels automòbils es realitzava per projecció amb pintures que contenien dissolvents. Aquest procediment era costós pel que fa al consum d'energia, penós pel que fa al treball i contaminant per al medi ambient. A més, conduïa a la pèrdua de material i no oferia protecció anticorrosiva adequada al nivell de les exigències requerides. El desenvolupament de pintures, que es dipositen sobre la superfície metàl·lica per electroforesi en fase aquosa, va poder resoldre una part d'aquests problemes. No obstant això, hi ha encara un considerable potencial d'innovació per optimitzar els processos de recobriments i per millorar la protecció anticorrosiva. Els productes amb els quals hom pot protegir encara més eficaçment els valors econòmics constitueixen la millor contribució a l'estalvi d'energia i de primeres matèries i, a més a més, també contribueixen a la protecció del medi ambient. Naturalment, continua essent prioritari l'aprofitament màxim de les possibilitats que ofereixen els procediments actuals per a l'estalvi d'energia i de primeres matèries i el desenvolupament de productes anticontaminants i energèticament favorables en tots els sectors de la química.

SALUT I ALIMENTACIÓ

Un altre gran repte del nostre temps és el creixement demogràfic, que prossegueix el seu ràpid ritme ascendent, particularment als països subdesenvolupats. Avui hi ha a la Terra més de quatre mil milions d'éssers humans, els quals només d'aquí a vint anys arribaran a la xifra de sis mil milions. La química té, per consegüent, una labor decisiva per realitzar en

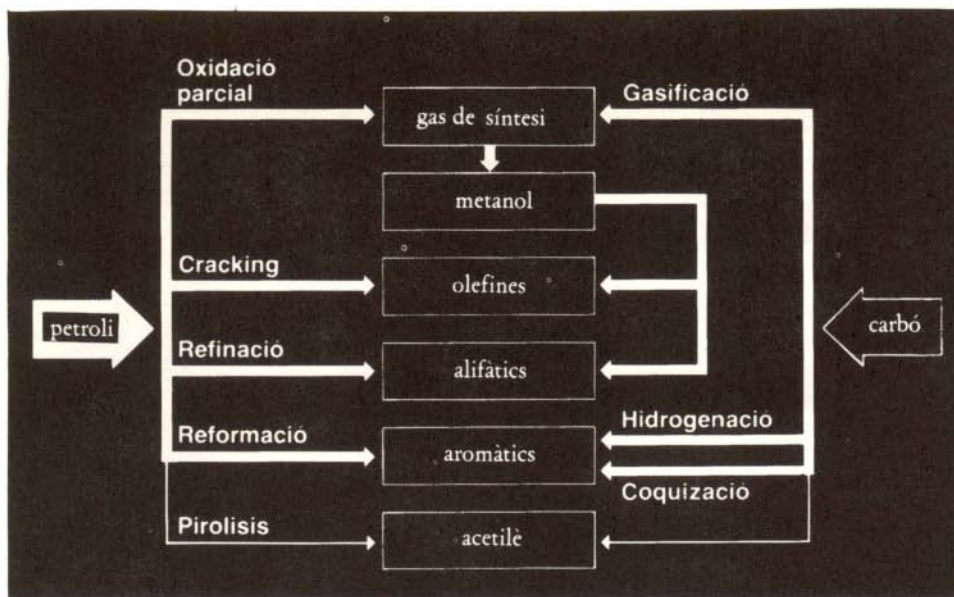


Figura 7: Potencial de substitució de l'energia nuclear
Rendiment 1.200 megavats

el camp de la salut i l'alimentació.

La salut. En el sector farmacèutic, el panorama patològic ha experimentat una important transformació gràcies a l'augment de les expectatives de vida i al canvi de les seves condicions.

A més, les creixents exigències en el camp de la seguretat, l'eficàcia i la preparació dels medicaments representen un nou repte a la recerca farmacèutica. En els camps clàssics d'indicació ja s'ha traçat el camí per al millorament dels medicaments existents, encara que no són tan bons com caldria, de manera especial pel que fa a les afeccions cròniques i subcròniques.

Per altra banda, hi ha encara sectors en els quals no existeixen encara possibilitats terapèutiques decisives, com per exemple a les virosis, afeccions autoimmunitzants i arterioesclerosis.

Fins avui, cal constatar que encara no s'albira una solució decisiva al problema del càncer. Les tres direccions que empren la recerca tumoral són: diagnòstic, terapèutica i profilaxi; cap de les tres no ha satisfet de cap manera les exigències de la medicina. Els èxits terapèutics obtinguts fins avui amb els citostàtics són molt modestos, si tenim present el que encara queda per fer.

Amb el temps, les malalties encara no vençudes es podran mantenir dins de límits prudencials únicament si es completa el tractament simptomàtic, que actualment és gairebé exclusivament curatiu, per una medicina preventiva. Així, crec jo, cal ampliar la varietat de preparats per al diagnòstic, així com la influència sobre el sistema immune mitjançant immunoestimulants, és a dir, estimulants defensius —supressors— o moduladors.

En la farmacologia es troba la clau de l'èxit del desenvolupament de models més suggestius que no solament subministren resultats reproduïbles, sinó que **corresponguin a la realitat clínica** millor que fins ara i permetin una valoració específica. També esperem realitzar avenços en l'aclariment dels mecanismes patofisiològics que determinen la gènesi

d'una malaltia. En el moment actual, però, el camp més suggestiu en l'àmbit de les ciències de la vida és l'enginyeria genètica, que tractaré més endavant.

L'alimentació. Avui, la producció mundial d'aliments no és capaç de mantenir el ritme del creixement demogràfic. Hi ha vuit-cents milions d'éssers humans que pateixen fam i uns altres mil tres-cents milions que s'alimenten de forma unilateral i insuficient.

Amb el constant augment de la població, la crisi del petroli d'avui pot convertir-se d'aquí a uns anys en una crisi de productes alimentaris. Els més afectats seran els països subdesenvolupats, en els quals viurà a finals d'aquest mil·lenni el vuitanta per cent de la població mundial. L'augment de les collites, la reducció de les seves pèrdues, i el forniment del dèficit de proteïna mitjançant processos microbiològics són les direccions essencials que adoptarà la investigació i sobre les quals tractaré a continuació.

LA PROTECCIÓ FITOSANITÀRIA

Actualment, es perd encara un terç de la producció mundial de productes alimentaris per culpa de les parasitosis animals i vegetals i, per tant, hom ha de centrar una atenció primordial en la protecció fitosanitària.

L'objectiu de la protecció fitosanitària clàssica continua essent sintetitzar productes que actuïn selectivament contra els insectes danyosos, les malalties criptogàmiques i la zitzània; uns productes que siguin fàcilment biodegradables i no influeixin de manera duradora sobre el medi ambient.

La tendència s'orienta cap a productes cada cop més específics amb dosis més baixes, de millor degradació i que no signifiquin cap risc per a l'home i l'ambient.

En totes les substàncies actives, la dosificació depèn de manera decisiva del tipus de formulació i de la manera d'aplicar-

les. Ambdues coses poden optimitzar-se encara en molts casos. Al mateix temps, aquests treballs tenen com a finalitat augmentar la seguretat de l'usuari.

Hi ha altres alternatives per a la recerca en el sector fitosanitari?

A curt termini, no hi són i a mitjà i llarg termini, podrien guanyar terreny els mètodes bioquímics de tractament per a la destrucció dels paràsits utilitzant un mínim de substància. En aquest sentit, hom fa estudis per a la destrucció de paràsits amb l'ajut d'agents patògens, com ara bacteris o virus patògens davant els insectes. Els segons presenten generalment una major especificitat que els bacteris. Per utilitzar-los a gran escala hi ha la qüestió decisiva de la possibilitat d'aconseguir la proliferació dels virus en cultius cel·lulars, independentment dels organismes vius. Pel que fa a aquest punt, el desenvolupament es troba encara als inicis, sobretot quant a la preparació dels corresponents medis nutrients.

Cada cop adquireixen més interès els estudis en el camp dels reguladors del creixement i la maduració, per exemple, per a sincronitzar floració i maduració; i també els preparats que contribueixen a estimular la formació de les substàncies valuoses contingudes en les plantes.

Seria desitjable també una millora de la resistència al fred i a la sequedat, així com el conreu de plantes útils resistents als insectes i les malalties.

A les grans possibilitats teòriques s'oposen igualment grans dificultats en el desenvolupament d'uns productes com els que hem mencionat, ja que sabem molt poc de la intervenció de les substàncies actives en el metabolisme vegetal i ens trobem en gran mesura lliurats a l'atzar.

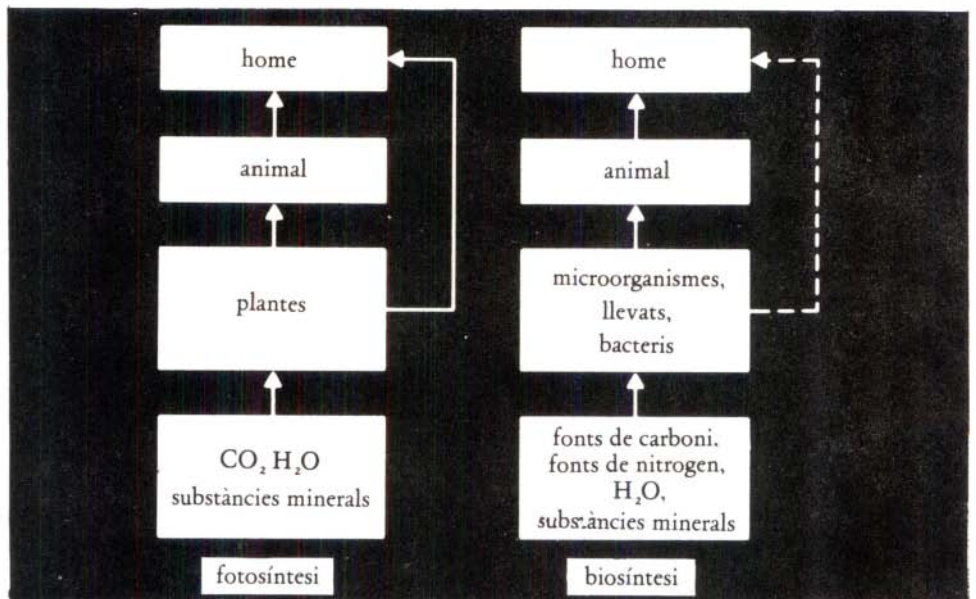
COBRIR EL DÈFICIT DE PROTEÏNA

Un nou repte a la ciència i la tecnologia és la creixent carència de proteïna en l'alimentació mundial.

Amb el desenvolupament de nous mèto-

Figura 9: Cadena alimentària

Figura 10: Estructura d'una cel·lula



des de separació per als components individuals hom entreveu, entre d'altres, un camí elegant per a la fabricació de components proteics altament purificats que, probablement, hagin de ser introduïts en la cadena alimentària no només a través de l'animal. Si es té present que en els animals només entre un deu i un trenta per cent de la bioproteïna consumida com a aliment es converteix en proteïna utilitzable, aquest desenvolupament constitueix un gran progrés. Per aquest motiu la biosíntesi de components alimentaris de gran valor des del punt de vista fisiològic adquireix, juntament amb la fotosíntesi vegetal, una gran importància per al futur. Les cadenes alimentàries que resulten poden veure's al gràfic adjunt.

Mentre una vaca de cinc-cents quilògrams de pes viu produeix aproximadament 0,5 quilògrams de proteïna el dia, cinc-cents quilògrams de biomassa poden augmentar en el curs d'un dia a 50.000 kg, és a dir, cinquanta tones de proteïna al dia. Aquest fet demostra de manera impressionant l'atractiu i el gran potencial industrial que ofereix l'obtenció microbiològica de proteïna.

UTILITZACIÓ DE LA CÈL·LULA VIVA COM A REACTOR

Hom sap que els procediments clàssics de fermentació utilitzen el meravellós potencial de síntesi dels microorganismes per a l'obtenció d'un gran nombre de productes per als més diversos camps d'aplicació. Abasten des dels productes alimentaris i els estimulants fins als antibiòtics de gran eficàcia, passant pels àcids glutàmic, cítric i làctic.

L'objectiu de la biotecnologia moderna és optimitzar determinats rendiments fisiològic-metabòlics i bioquímics de sistemes biològics i utilitzar-los en condicions econòmiques. Com a "productors", són apropiats els microorganismes, preferent-

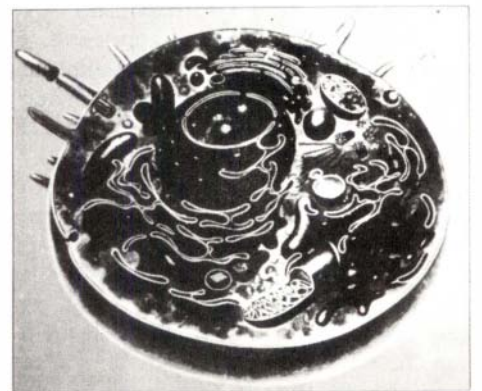
ment els bacteris i els llevats, i en un futur no gaire llunyà probablement ho seran també els cultius cel·lulars i tissulars de plantes i animals superiors.

Una ullada a les estructures del bioreactor "cèl·lula viva" mostra la seva constitució complexa i altament diferenciada i permet suposar l'abundància de reaccions que es desenvolupen en l'àmbit de les molècules o de la biologia cel·lular, i que, en definitiva, són responsables de la seva capacitat de síntesi. A diferència del que passa en la síntesi orgànica, el reactor "cèl·lula viva" necessita per a les bio-reaccions únicament fonts fàcilment accessibles d'hidrocarburs i de nitrogen, a part d'algunes substàncies naturals i oligoelements. Com mostra la figura 11, les possibilitats d'utilització del potencial de biosíntesi són molt àmplies i ofereixen encara un terreny d'invenció i innovació no esgotat.

D'aquesta manera, la biotècnica adquireix cada cop més importància en l'obtenció d'energia i en l'eliminació de deixalles, així com en la preparació de productes per a pinsos. Són també interessants els microorganismes productors de "biopolímers", que poden augmentar el grau d'extracció del petroli en les anomenades prospeccions petroleres terciàries. A més, el potencial de síntesi de la cèl·lula viva pel que fa a l'obtenció d'antibiòtics i hormones ofereix encara possibilitats insospitades per a la síntesi de complexos de difícil consecució mitjançant la química. Cada cop desperten més interès els enzims fixats anomenats "biocatalitzadors". Avui dia ja tenen un paper prou important en les reaccions de dissociació i degradació de productes naturals, com ara els hidrats de carboni, en les reaccions d'isomerització i en la separació de racèmics en els seus antípodes òptics.

La fabricació microbiana de productes per al sector alimentari ofereix encara un ampli potencial, tal com ha quedat clar en l'exemple de la bioproteïna.

Amb aquesta llista de possibilitats no s'esgota encara, ni molt menys, el potencial de síntesi de la cèl·lula viva, si tenim present els coneixements més recents en



biologia molecular i genètica.

DE RECOL·LECTOR A CREADOR GENÈTIC, PASSANT PER CULTIVADOR

Devem un gran nombre de microorganismes al procés d'evolució orientat cap a l'optimització i la selecció. L'home se'n va servir primerament com a recol·lector i més tard com a caçador. L'evolució mateixa el portà a convertir-se en cultivador de microorganismes reconeguts com a útils, utilitzant tots els avenços tècnics, per exemple, en la fabricació d'antibiòtics.

Avui ens trobem en la frontera on el cultivador podria convertir-se en creador de modificacions biològiques. Amb tot això, vull referir-me al camp de l'enginyeria genètica, que comprèn la tècnica de penetrar en la cèl·lula viva, aïllar la substància genètica responsable de l'herència i de la producció i modificar-la gairebé a mida. Per a aquesta finalitat, naturalment, era premissa indispensable el coneixement de la composició genètica, el que anomenem "genoma". Això s'ha aconseguit i ara la biblioteca biomolecular creix diàriament.

Durant molt de temps, però, no hi va haver eines moleculars amb les quals fos

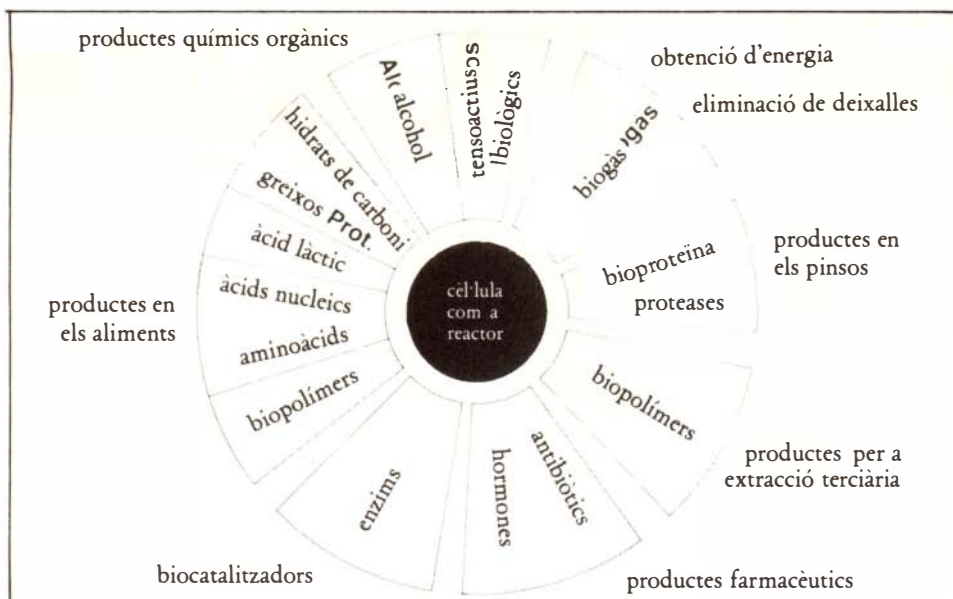
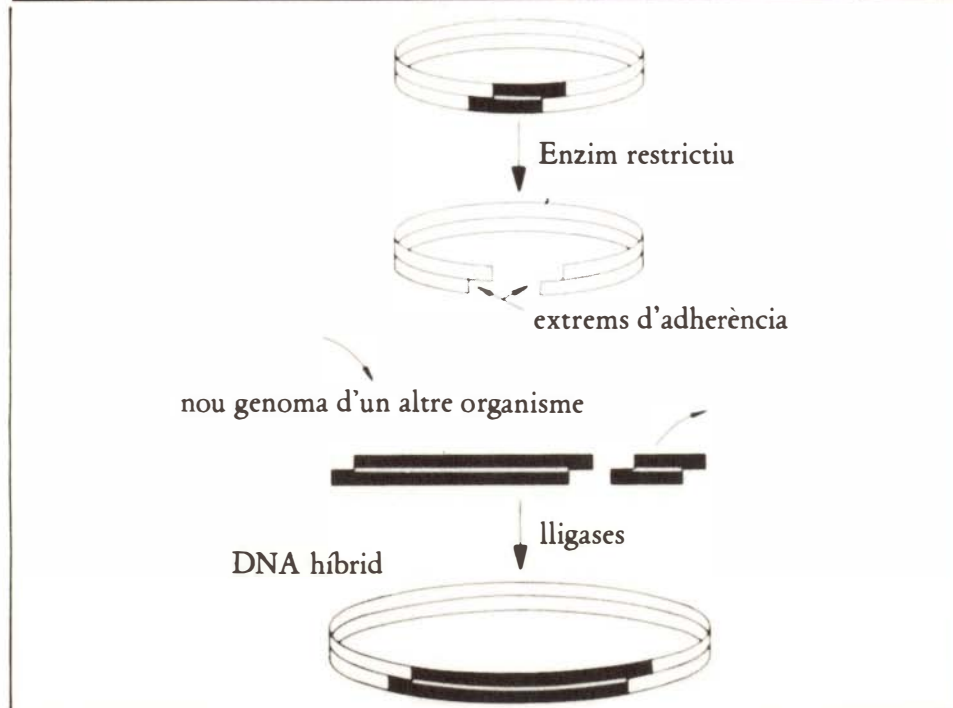


Figura 11: Potencial de síntesi dels microorganismes

Figura 12: Desenvolupament esquemàtic de la transformació del gen



possible extraure o intercalar selectivament una determinada informació de l'herència a partir d'aquesta composició, fins que no fa gaire temps es va descobrir que la naturalesa subministra els instruments de treball, és a dir, els enzims restrictius i els corresponents enzims cohesius en forma de ligases per a intercalar nous elements d'informació genètica.

L'instrumental de cirurgia genètica ja conegut es continua ampliant i ens posa en condicions de variar gairebé a voluntat la composició molecular de la informació i la seva incorporació als microorganismes mitjançant tècniques de trasplantament genètic, és a dir, incorporar-les a les fàbriques químiques més petites, d'aquesta manera hom podrà desencadenar i dirigir selectivament la producció de biomassa. A la figura següent hom representa les fases essencials d'aquesta operació, que té alguna analogia amb el trasplantament d'òrgans.

Mitjançant aquesta tècnica de transformació o modificació dels gens, representada en la figura de manera molt simpli-

ficada, el potencial biològic de síntesi es fa gairebé inesgotable. Encara no sabem quines són les possibilitats de la seva utilització industrial.

No obstant això, hom ja ha aconseguit produir a escala de laboratori una sèrie d'hormones peptídiques, entre les quals es compta la insulina i l'interferó, utilitzant per a aquesta finalitat bacteris o ceps de llevat genèticament modificats.

Aquests èxits inicials, però, no han de fer-nos oblidar que queda encara un difícil camí per recórrer fins a la realització a escala industrial dels resultats obtinguts al laboratori. Un dels principals problemes serà segurament separar i elaborar amb cura els productes desitjats a partir de la massa cel·lular dels microorganismes i aïllar-los de la manera més pura possible.

Apareixeran probablement nous aspectes en relació amb la medicina preventiva i l'obtenció de sèrum i vacunes. Un cop es coneix la composició molecular dels antígens i s'intercalen les informacions genètiques en un microorganisme, ja no existeix cap obstacle per a l'obtenció fermen-

tativa i selectiva d'antígens especials; com a exemple, pot mencionar-se l'antigen de la mamària o de l'hepatitis.

En el sector agrícola també són múltiples les activitats científiques de tecnologia genètica. Entre altres objectius, hom té el propòsit d'aconseguir la fixació bacteriana del nitrogen a les plantes mitjançant la combinació dels gens, procés que fins avui es limita a uns quants sistemes simbiòtics, com ara les lleguminoses.

Mitjançant la manipulació genètica és factible també l'optimització de les substàncies d'origen vegetal i fins el cultiu de plantes útils resistentes als insectes.

Aquests desenvolupaments es troben, això no obstant, just al començament i s'han pres com a exemple per a mostrar el potencial de la biologia aplicada en la seva projecció cap al futur.

De manera analítica i descriptiva he provat de representar les possibilitats i el nivell d'exigències de la investigació industrial en el panorama tan diferent dels anys vuitanta. Espero que hagi pogut convèncer-vos que la química es troba en una fase en la qual els nous coneixements científics experimenten un creixement extraordinàriament ràpid i s'han de reconèixer les possibilitats de futur particularment esperançadores en els sectors químics pròxims a la biologia, la medicina i la física.

L'aprofitament intel·ligent d'aquestes possibilitats pot contribuir decisivament a superar les dificultats indicades si aconseguim conjugar el potencial tècnico-científic de totes les disciplines d'investigació fonamental i aplicada en un autèntic instrument, i si aconseguim, al mateix temps, mobilitzar a tots els nivells la ferma disposició a la innovació i a l'acceptació dels riscos.

Espero que la voluntat i no la necessitat pugui aconseguir alguna cosa; desitjo que la comprensió de la urgència pugui aconseguir moltes coses, i estic convençut que la intel·ligència i la savia moderació ho puguin tot.