

CAPÍTOL 3 **Innovació i tecnologia: nous productes**



3. Innovació i tecnologia: nous productes

El paper de la innovació, tant en les dimensions tecnològiques com en les del sentit més ampli de creativitat, és especialment rellevant en aquests moments de reconfiguració de pautes en l'economia global. Els canvis a nivell mundial d'ampli abast analitzats en els dos capítols anteriors, juntament amb el repte global d'afrontar el binomi creixement-sostenibilitat, estan conformant l'aparició d'un nou paradigma tecnoeconòmic, base de la innovació dels propers anys. Una innovació que serà clau no només pel que fa al desenvolupament de noves tecnologies, sinó també en l'aparició de nous processos i en l'adaptació de la societat a la nova realitat. Alhora, aquesta nova realitat econòmica i social mundial està comportant el sorgiment de noves tendències en la innovació, i conduint a la formació de nous ecosistemes innovadors, que estan canviant el mapa mundial de la innovació i la tecnologia.

3.1. La propera revolució tecnològica: les aplicacions i productes del futur

Des de la Revolució Industrial fins a l'actualitat hem estat testimonis de transformacions profundes en l'economia i la societat que s'han originat arran d'uns canvis tecnològics revolucionaris (vegeu taula 3.1). La importància de les revolucions tecnològiques rau en què aquests canvis o revolucions es caracteritzen per una forta interconnectivitat i interdependència dels

sistemes participants en les tecnologies i els mercats, i especialment en la capacitat de transformar profundament la resta de l'economia i la societat (Pérez, 2009). És a dir, cada revolució comporta una important onada de desenvolupament impulsat pel sector financer i pel sector productiu, i proporciona un nou paradigma tecnoeconòmic (OME, 2010a).

Els canvis socials propiciats per la revolució de les TIC, les tendències tecnològiques dels últims anys i els canvis profunds a nivell mundial com la globalització, el creixement demogràfic, l'escassetat de recursos naturals i el canvi climàtic, entre d'altres, deixen entreveure la gestació d'una nova revolució tecnològica, que alguns autors consideren com *la sisena revolució tecnològica*.

3.1.1. La revolució de les TIC i els canvis socioeconòmics

La revolució tecnològica actual s'inicià a partir dels anys setanta del segle passat fruit dels avenços significatius en les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC). Els canvis que han caracteritzat aquesta revolució han estat la generalització de l'ús de les tecnologies, les xarxes de comunicació, el ràpid desenvolupament tecnològic i científic i la globalització de la informació. El paradigma tecnològic que estem vivint consisteix en un conjunt interrelacionat d'innovacions en les telecomunicacions i en els sistemes

Taula 3.1. Revolucions tecnològiques del passat			
Revolució tecnològica	Noves tecnologies i nous sectors	Noves infraestructures	Paradigma tecnoeconòmic Principis innovadors de <i>sentit comú</i>
PRIMERA La Revolució Industrial	Mecanització del sector del cotó Ferro forjat Maquinària	Canals i vies marines Carreteres de peatge Energia de l'aigua	Producció en fàbriques Mecanització Productivitat Fluïdesa en el moviment Xarxes locals
SEGONA Edat del vapor i el ferrocarril	Motors i maquinària de vapor Mineria del ferro i el carbó Construcció de vies de ferrocarril Energia del vapor per a moltes indústries	Vies ferroviàries Servei postal universal Telègraf Grans ports i vaixells que naveguen per tot el món Gas ciutat	Economies d'aglomeració / ciutats industrials Mercats nacionals Centres de poder amb xarxes nacionals Components estàndards / maquinària feta per màquines Moviment interdependent (de màquines i mitjans de transport)
TERCERA Edat de l'acer, l'electricitat i l'enginyeria pesant	Acer barat Desenvolupament complet del motor de vapor per als vaixells d'acer Química dura i enginyeria civil Sector de material elèctric Coure i cables Menjar en llaunes i botelles Paper i embalatge	Enviaments arreu del món amb vaixells d'acer (canal de Suez) Xarxes ferroviàries transcontinentals Grans ponts i túnels Telèfon i telegrams a nivell mundial Xarxes elèctriques	Estructures gegants (acer) Economies d'escala / integració vertical Energia elèctrica distribuïda per les fàbriques Ciència com a força productiva Xarxes mundials i imperis Control de costos Estandardització universal
QUARTA Edat del petroli, de l'automòbil i de la producció en massa	Automòbils produïts en massa Petroli i derivats barats Petroquímica Motor de combustió interna Aparells elèctrics domèstics Menjar congelat o refrigerat	Xarxes de carreteres, autopistes, ports i aeroports Xarxes de distribució de petroli Electricitat universal Telecomunicacions analògiques mundials amb i sense fils	Producció en massa Economies d'escala / integració horitzontal Estandardització de productes Intensitat energètica basada en el petroli Materials sintètics Especialització funcional Centralització / centres metropolitans i suburbanització Poders nacionals, acords mundials i confrontacions
CINQUENA Edat de la informació i les telecomunicacions	Revolució de la informació: microelectrònica barata, ordinadors, <i>software</i> Telecomunicacions Instruments de control Biotecnologia ajudada per ordinadors i nous materials	Telecomunicacions digitals mundials Internet / correu electrònic i altres <i>e-serveis</i> Fonts múltiples, ús flexible, xarxes d'electricitat Xarxes de transport físic a alta velocitat i multimodal	Intensitat d'informació Integració descentralitzada Coneixement com a capital / valor afegit intangible Heterogeneïtat, diversitat, adaptabilitat Segmentació de mercats / proliferació de nínxols Globalització / interacció entre global i local Cooperació interior i exterior / clústers Comunicacions globals instantànies

Font: Pérez (2010).

informàtics que han permès una dràstica reducció de les despeses d'emmagatzematge, i el tractament i la transmissió de la informació aplicats a la producció de béns i serveis.

Un dels aspectes més destacables de la revolució de les TIC ha estat l'aparició de la convergència tecno-

lògica, entesa com la integració de diferents tecnologies i serveis. Aquesta convergència tecnològica es pot reduir a cinc grans eixos, que es poden trobar de forma aïllada o en combinació (vegeu taula 3.2).

Les diverses tecnologies que s'integren en el sistema tecnològic TIC tenen orígens i funcions molt di-

Taula 3.2. Eixos de la convergència tecnològica

Convergència de xarxes	Una mateixa xarxa suportant diferents serveis i continguts	Xarxes de telecomunicació i teledifusió
Convergència de terminals	Un mateix terminal donant accés a diferents xarxes i serveis	Televisor / Ordinador / Telèfon mòbil
Convergència de serveis	Un mateix servei adaptant-se a diferents serveis i continguts	TV / Vídeo / Telefonia fixa – mòbil / Internet
Convergència de continguts	Un mateix contingut adequat per a diferents xarxes i serveis	Dades, àudio i imatges multimèdia
Convergència d'usos i aplicacions	Una mateixa xarxa i terminal utilitzada per a diferents continguts i serveis	Info – Edu i entreteniment integrat

Font: MEC (2009).

verses que s'han anat compatibilitzant i integrant en els últims anys. Atès que cada una d'aquestes tecnologies conformava un sector econòmic per si mateix i tenia una important presència social, la convergència tecnològica TIC també ha implicat un procés de convergència entre diversos agents econòmics i socials (Echeverría, 2009), comportant importants canvis socials i originant nous models de negoci i estratègies empresarials.

La revolució tecnològica de les TIC ha donat peu a la creació de la societat de la informació o el coneixement. Es tracta d'un tipus de societat on les tecnologies que faciliten la creació, distribució i manipulació de la informació tenen un paper cabdal en les activitats socials, culturals i econòmiques. Les TIC estan afectant tots els aspectes de la societat: la relació amb l'Administració, l'estil de vida, la gestió del temps d'oci, el món laboral i l'aprenentatge, entre d'altres.

Les tendències més importants de la societat actual són la connectivitat en un món global, la migració cap a tot allò que sigui virtual i una societat canviant i inestable. És aquesta constant evolució de la societat de la informació el que fa que continuament apareguin nous canvis socials.

L'evolució tecnològica constant influeix en les prioritats, comportaments i valors. Cada vegada més les persones es troben més còmodes en entorns digitalitzats i tecnificats. Les persones, però, també estan influïnt en el desenvolupament tecnològic a mesura que augmenta i s'expandeix la utilització de noves tecnologies. En aquest sentit, es parla de *democratització de la tecnologia*, ja que la tecnologia fa factible que idees, opinions, diversitat cultural, saber i educació siguin accessibles en qualsevol lloc, a qualsevol hora i per a tots.

Segons Gartner, el 90% de la informació, eines i recursos educatius, i tecnologies seran personalitzats per l'usuari mateix el 2015 (Angioletti, 2010).

Ja és una realitat el que anunciava Toffler en els anys vuitanta quan va imaginar que el consumidor, amb l'ajuda de les TIC, es convertiria en productor. Aquest *prosumidor* és proactiu i es compromet amb la comunitat. Desapareix la venda unidireccional i el consumidor busca en diferents llocs els productes i els compara.

Les noves formes de relació i de treball

L'impacte de la revolució de les TIC, i en especial, la difusió d'Internet i els mitjans socials, ha canviat profundament la nostra manera de relacionar-nos, i ha activat l'aparició d'un nou moviment anomenat *col·lectivisme social* (Kelly, 2009). Segons aquest moviment les noves tecnologies, juntament amb la mentalitat oberta, estan fomentant l'aparició d'eines participatives on es crea coneixement i riquesa de forma col·laborativa i participativa. Segons Shirky (2008), la jerarquia que segueixen aquestes noves formes de comprensió social són les següents:

- 1. Intercanvi:** citem el cas, per exemple, de Facebook o Myspace.
- 2. Cooperació:** els usuaris afegeixen etiquetes, categories i paraules clau que fan que altres usuaris se'n beneficiïn. Les pàgines web Digg i Reddit, per exemple, permeten que els usuaris votin en els vincles de la xarxa i que aquests es visualitzin de manera destacada.
- 3. Col·laboració:** es creen col·laboracions organitzades amb un objectiu comú com, per exemple, un projecte de *software*.

4. Col·lectivisme: els participants assumeixen la responsabilitat per processos crítics i on les decisions difícils es decideixen entre tots els participants.

Aquesta nova intel·ligència col·lectiva ha propiciat tendències interessants en el món del treball com el *crowdsourcing* (forma en què una empresa es nodreix del treball col·lectiu), els *freelance* sota demanda (per exemple pàgines web com elance.com, odesk.com, freelancer.com i rentacoder.com, on les empreses ofereixen feines i on s'accedeix a aquestes mitjançant un tipus de subhasta) i *les meves idees*, on les empreses reuneixen opinions, idees i recomanacions dels clients (mystarbucksidea.com n'és un exemple). En aquest mateix grup, podem incloure altres conceptes que reflecteixen les noves formes de treballar al voltant d'Internet i la societat de la informació (LS:N, 2010):

- **Do tank:** es tracta de laboratoris experimentals privats que fabriquen prototips funcionals per provar nous models de negocis basats en la xarxa.
- **COINS (Collaborative Innovation Network):** són grups que s'organitzen ells mateixos, amb individus altament motivats, que treballen junts cap a un objectiu comú i estan convençuts de la mateixa causa.
- **Collaborative filtering:** és el procés de filtrar informació o patrons utilitzant tècniques que impliquen col·laboració entre molts agents.
- **Fractional working:** feines flexibles on les empreses contracten nous treballadors quan volen provar una nova idea, però podent acabar els contractes a curt termini segons l'èxit del projecte.

Les noves estratègies empresarials

Aquestes noves realitats socials han afectat també els models de negoci, amb repercussions sobre l'activitat de les empreses. Han implicat canvis importants en els models de venda i màrqueting tradicionals. Les estratègies *push* s'estan substituint per estratègies *pull*, on l'equip de màrqueting intenta fidelitzar els consumidors. Entre els aspectes que cal tenir en compte en els nous models de vendes hi ha el disseny de pàgines web que ofereixen informació detallada de l'oferta, la simplicitat en efectuar la compra i en la recerca d'informació, ubicar crítiques reals en altres pàgines web i que siguin ofertes per a

consumidors del producte, i anuncis centrats en la pàgina web.

Totes aquestes tendències ens indiquen que ens trobem davant d'una nova generació d'emprenedors col·laboratius i creatius que estan reescriuint les normes de com els productes es creen i dissenyen. En el camp del màrqueting, per exemple, estan apareixent nous conceptes o paraules que intenten copsar els nous patrons de consum, estratègies de vendes i màrqueting. A continuació citem algunes de les tendències més recents (LS:N, 2010):

- **Value-nomics:** un nou concepte en el món de l'economia que descriu tots els diferents tipus de valor, i els seus intercanvis.
- **Apptailing:** vendes minoristes amb el mòbil utilitzant aplicacions.
- **Vasstige:** prestigi de valor afegit.
- **Blogtailing:** un *blogger* (persona que gestiona/té un blog) que es converteix en comerciant.
- **Magtailing:** els editors es converteixen en comerciants minoristes (*e-tailers*) i els comerciants minoristes editen revistes.
- **Social shopping (compres socials):** mètode de comerç electrònic on els amics dels compradors s'impliquen en l'experiència de compra.

Està esgotada la revolució de les TIC?

L'impacte real de les revolucions tecnològiques difereix entre regions, països i, fins i tot, dins un mateix territori. En l'actualitat encara trobem països on el grau de penetració de les noves tecnologies de la informació i comunicació és baix, tot i que el *gap* s'està reduint (vegeu requadre 3.1).

Dins el grup de països desenvolupats també trobem diferències importants no només pel que fa a les tendències que no van tenir l'impacte esperat —les anomenades *retrotendències*—, sinó també en relació amb els desenvolupaments que han quedat a mig camí. Un primer cop d'ull a la revolució de la informació apunta a algunes d'aquestes retrotendències (Fundación Orange, 2010):

Requadre 3.1. Tecnologies de la informació i la comunicació en els països emergents¹

Els principals països emergents es troben encara endarrerits respecte als països avançats pel que fa a la implementació de les TIC, especialment en termes de penetració d'ordinadors personals i usuaris d'Internet. Tanmateix, l'evolució en la majoria d'ells en els últims anys està sent molt positiva i accelerada. En aquest sentit, el *gap* pel que fa a les noves tecnologies és menor que pel que fa a les tradicionals; per exemple, la penetració de la telefonia mòbil és molt elevada en països com Rússia, Polònia i Turquia.

En els països amb elevada població rural (amb difícil accés a la tecnologia), com el cas d'Indonèsia i l'Índia, la penetració relativa de les TIC és encara baixa; tot i que cal dir que, des d'una perspectiva urbana, sobretot a l'Índia, hi ha diverses ciutats i regions que presenten nivells similars als dels països avançats.

Menció especial mereix la Xina, que si bé en termes relatius encara es troba força allunyada dels països avançats, en termes absoluts ha passat a ser el principal país del món pel que fa a nombre de telèfons mòbils, usuaris d'Internet i subscriptors de banda ampla, i el segon pel que fa a nombre d'ordinadors personals, només per sota dels Estats Units.

rents, fins i tot en els països desenvolupats. Índexs com el comentat ens indiquen que encara hi ha camí per recórrer per a les empreses i la societat en general per no perdre les oportunitats que la societat de la informació ens presenta.

Tanmateix, des d'una perspectiva històrica se solen presentar solapaments entre els períodes de desplegament i maduresa d'unes revolucions amb els d'instal·lació de les noves. Actualment hi ha indicis que permeten entreveure la gestació d'una nova revolució tecnològica. En el següent apartat s'analitzen els nous elements que conformaran la base de la futura revolució tecnològica i les potencials aplicacions i productes que en resultaran.

3.1.2. La nova revolució tecnològica: les NBIC

Els canvis en les relacions socials i econòmiques comentats en l'apartat anterior i les tendències tecnològiques dels últims anys, juntament amb canvis profunds a nivell mundial com la globalització, el creixement demogràfic, l'escassetat de recursos naturals i el canvi climàtic, permeten entreveure, segons diversos autors, la gestació d'una nova revolució tecnològica. Aquesta gestació encaixa perfectament amb la teoria de cicles de Kondratieff.

Segons els cicles de Kondratieff (vegeu figura 3.1) existeixen quatre característiques de canvi que porten a l'aparició d'un nou cicle.³ Aquestes característiques són:⁴

1. Exhaustiment del potencial per poder explorar una innovació bàsica (un cicle d'entre 40-60 anys).
2. Existència de capital financer en excés.
3. Període de recessió severa.
4. Transformacions socials/institucionals.

Si comparem aquestes característiques amb l'actual situació postcrisi, sembla que aquests punts es compleixen: està desapareixent l'augment de la productivitat en els processos aconseguida per la utilització de les TIC, abans de la crisi econòmica hi havia un excés de capital financer, la crisi financera inicial es va convertir en una crisi econòmica global, i finalment, s'estan produint transformacions socials i canvis institucionals tant als països com als organismes supranacionals.

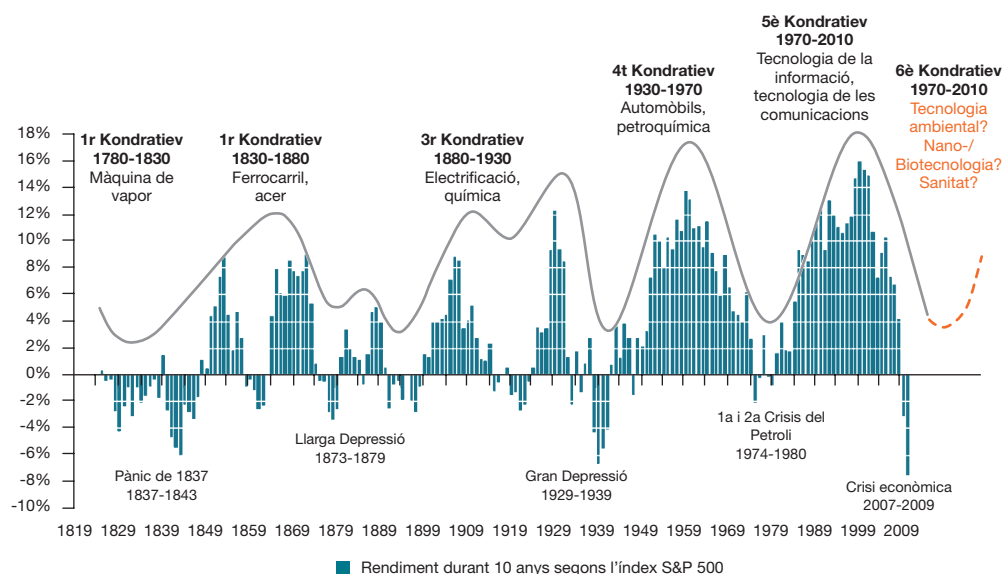
És possible que tots aquests aspectes ens indiquin que ens trobem a les portes d'una nova revolució

1. La xarxa —des del punt de vista conceptual— no sembla haver evolucionat gaire des del naixement, i no s'ha consolidat, per exemple, la web semàntica.
2. Els negocis en xarxa (les famoses *puntcom*) no han tingut l'èxit pronosticat en un principi.
3. *Second Life* ha experimentat una caiguda de l'interès mediàtic.
4. La compra per Internet —com a part dels nostres usos socials— s'està produint més a poc a poc del que era previsible.

En el cas d'Europa la revolució de la informació no s'ha desplegat al mateix ritme. Segons l'índex eEspanya,² el creixement de la societat de la informació en els darrers anys ha assolit el nivell mitjà de desenvolupament de la societat de la informació de la Unió Europea, però resta camí per recórrer per arribar als nivells de certs països europeus més avançats.

És evident que l'impacte de les revolucions tecnològiques encara ara i després de més de quaranta anys des del seu inici mostra evolucions molt dife-

Figura 3.1. Cicles de Kondratieff



tecnològica que els experts anomenen la revolució de les NBIC⁵. ¿Serà aquesta la sisena revolució tecnològica?

Els últims estudis sobre tendències tecnològiques apunten al potencial de la convergència tecnològica i a l'aparició d'un nou paradigma tecnoeconòmic centrat en la combinació sinèrgica de les quatre àrees principals de la ciència (Domínguez, 2009):

- a) Nanociències i nanotecnologies.
- b) Biotecnologia i biomedicina, incloent l'enginyeria genètica i les ciències òmiques.⁶
- c) Tecnologies de la informació incloent els avenços en informàtica i comunicacions.
- d) Ciències de la cognició, incloent les neurociències cognitives i els avenços en intel·ligència artificial.

Aquesta nova convergència tecnològica NBIC (nano-bio-info-cogno) constituirà la base d'una nova revolució. Es tracta d'un plantejament holístic que integra la ciència amb la tecnologia, amb la finalitat de generar noves possibilitats tècniques i enfocades en la innovació per al desenvolupament humà. La unificació de la ciència i la tecnologia generarà nous resultats impactants en les pròximes dues dècades basant-se en quatre principis clau: la unitat de la matèria a escala *nano*, les eines de transformació de les NBIC, els sistemes jeràrquics o no lineals i l'increment d'aplicació humana (Domínguez, 2009).

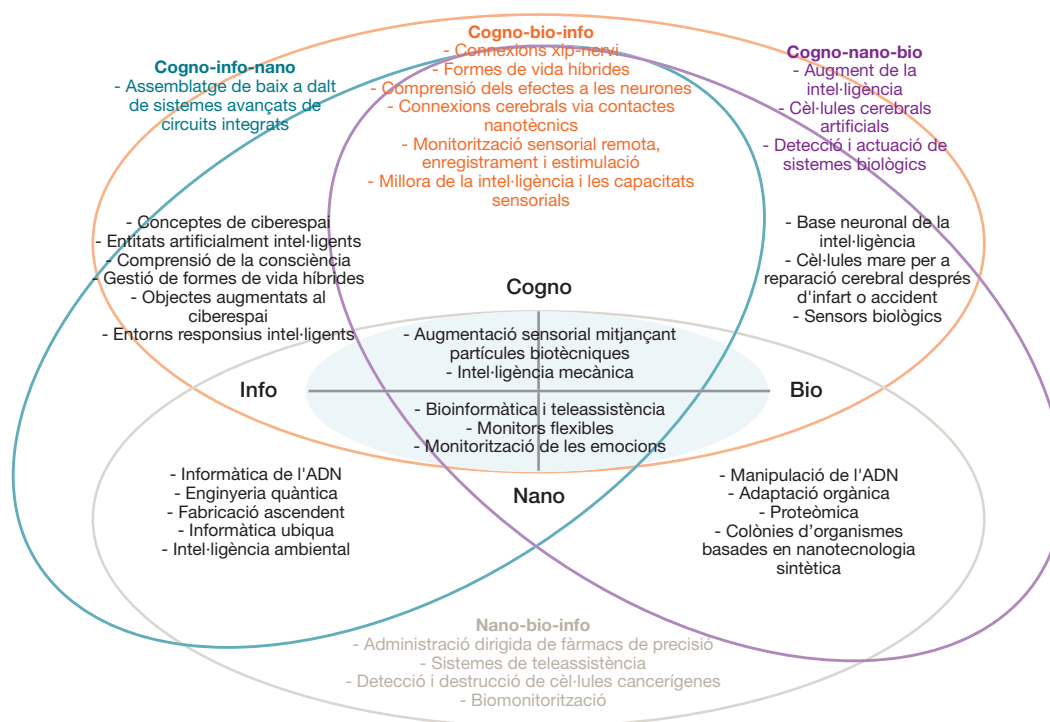
La nanotecnologia és una disciplina sotmesa a l'impacte de moltes disciplines científiques tradicionals que permetrà facilitar l'observació, manipulació i fabricació de materials, objectes i dispositius amb precisió nanomètrica. L'impacte econòmic de la nanotecnologia i les tecnologies convergents NBIC serà, però, transversal gràcies a la seva multidisciplinarietat. La convergència de l'emergent nanotecnologia, les omnipresents TIC i la biotecnologia induirà la societat a canvis radicals a curt termini. La convergència completa NBIC l'aportarà la neurociència, que permetrà desvelar el misteri del cervell i del sistema nerviós.

La convergència NBIC, o combinació sinèrgica de les diferents disciplines, obre les portes a l'aparició de nous productes i serveis. Una convergència que pot ser el fruit de dues, tres o totes quatre tecnologies. La figura 3.2 recull les diferents aplicacions de les tecnologies convergents. A aquesta llista caldria afegir les aplicacions que inclouen la combinació *nano-bio-info-cogno*: sensors i xarxes de sensors, sistemes híbrids (mig ciberespai, mig món físic), personalització biològica, bacteris intel·ligents i immortalitat mental.

Aquestes noves aplicacions poden actuar a diferents nivells. La taula 3.3 mostra algunes de les diferents aplicacions convergents de les NBIC en l'organisme, els òrgans, la cèl·lula i la molècula.

La recerca i aplicacions en l'àrea de les tecnologies convergents es pot agrupar en vuit grans grups o

Figura 3.2. Àrees de convergència de les NBIC



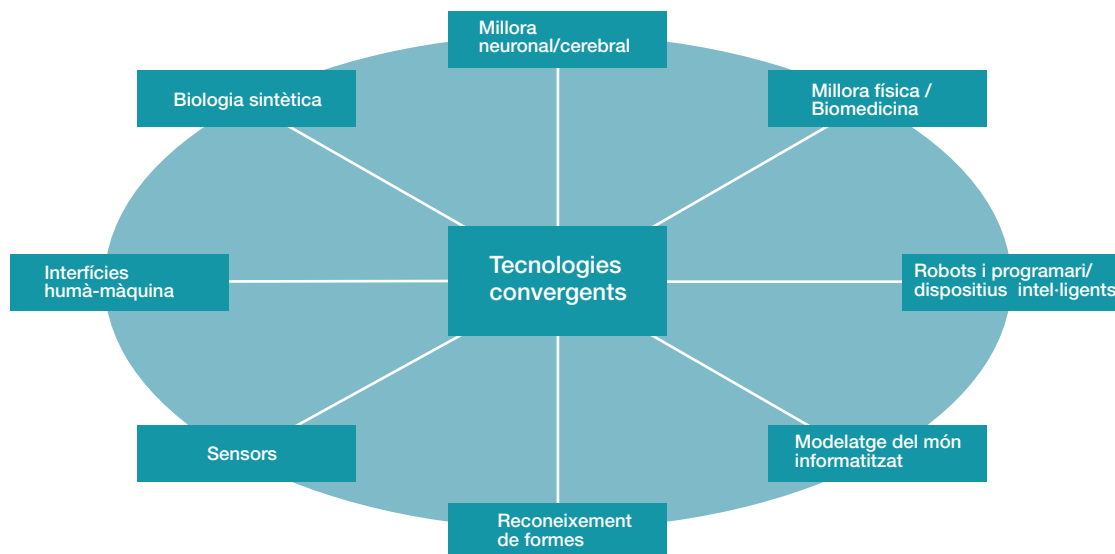
Font: Andler (2008).

Taula 3.3. Aplicacions convergents de les NBIC

Nivell	Aplicació de les NBIC	Tecnologies implicades
Organisme	Substitució d'articulacions	Nano-Bio
	Tècniques de diagnòstic ultraràpid	Nano-Bio-Info
	Pròtesis oculars i auditives	Nano-Bio-Cogno
	Diagnòstic no invasiu	Nano-Bio-Info
	Monitoratge de pacients	Nano-Bio-Info
	Dispositius de suport cognitiu	Nano-Bio-Info-Cogno
	Teràpies contra el càncer	Nano Bio-Info
	Bancs d'imatges i patrons de reconeixement	Nano-Bio-Info
Òrgan	Òrgans artificials	Nano-Bo
	Biosensors per a diagnosi, terapèutica, prognosi i monitoratge	Nano-Bio-Info
	Disseny de nous fàrmacs	Nano-Bio-Info
	Liberalització localitzada de fàrmacs	Nano-Bio-Info
	Estimulació neuronal	Nano-Bio-Cogno
	Teràpies i materials cardiovasculars	Nano-Bio
	Millora i restitució de la memòria, millora metabòlica	Nano-Bio-Cogno
	Materials sintètics biocompatibles	Nano-Bio
Cèl·lula	Carcasses per a enginyeria tissular	Nano-Bio
	Teràpia gènica	Nano-Bio
	Envelliment cel·lular	Nano-Bio
	Cèl·lules embrionàries, tecnologies reproductives	Nano-Bio
	Millora de les interaccions cel·lulars	Nano-Bio
Molècula	Dispositius per a teràpia gènica	Nano-Bio
	Estructures amb capacitat d'autoassemblatge	Nano-Bio
	Màquines moleculars per a reparació de l'ADN	Nano-Bio-Info
	Examen i diagnòstic pre- i postnatal de malalties genètiques	Nano-Bio-Info

Font: Ministerio de Ciencia e Innovación (2010), «BioTic – NBIC». Disponible a: <http://biotic.isciii.es/Biotic/NBIC.html#>.

Figura 3.3. Principals clústers convergents



Font: Andler (2008).

clústers, on els principis de convergència són obvis i rellevants (vegeu figura 3.3).

A continuació s'analitza cadascuna d'aquestes àrees i es presenten algunes de les aplicacions actuals i empreses més pioneres en cada disciplina. Aquesta anàlisi es realitza des del punt de vista tecnològic, deixant de banda debats socials com el transhumanisme o el ludisme biològic.

Millora i restitució de la memòria

Les principals aplicacions d'aquest gran grup les trobem en aquests diferents sectors:

- Tractament de malalties neurodegeneratives com l'Alzheimer o el Parkinson i de desordres del comportament i restauració dels sentits perduts.
- Estimulació del cervell amb productes farmacèutics, modificacions genètiques o aparells tècnics com implants i pròtesis neurològiques.
- Tecnologies d'imatges del cervell portables.
- Medicaments per a la millora de la intel·ligència.

En l'actualitat trobem empreses farmacèutiques centrades en el desenvolupament i comercialització de medicaments per millorar la memòria, com Cortex Pharmaceuticals. En el camp de la producció d'implants

neuronal artificial trobem iniciatives com l'empresa suïssa Intelligent Medical Implants, i les americanes Optobionics i Cyberkinetics. La neurocirurgia és capaç d'inserir implants de cervell amb molta precisió. N'és un exemple el Deep Brain Stimulator (DBS), un neuroestimulador que serveix per controlar el Parkinson.⁷ En aquest context, cal mencionar també la recerca realitzada pel MIT i especialistes de l'empresa Siemens per desxifrar l'activitat del cervell (en concret, trobar les àrees del cervell afectades per atacs, o la recerca sobre l'Alzheimer).⁸ Això s'està aconseguint utilitzant tècniques emergents en imatgeria de ressonància magnètica.

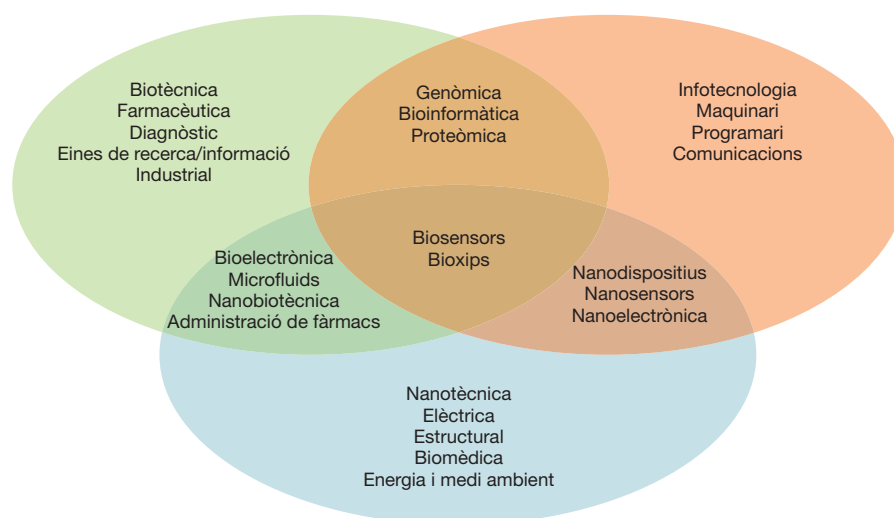
Millora física i biomedicina

Els sectors emergents en la biomedicina i la millora física els trobem en la convergència de les *nano*, *bio* i TIC. La figura 3.4 mostra els diferents sectors de convergència entre aquestes disciplines.

Els avenços en els camps de la nanotecnologia i la biotecnologia incidiran en els següents aspectes:

- Teràpies: utilització de sensors *nano* i de sistemes *lab-on-chip* en el monitoratge i el diagnòstic de pacients. En aquest apartat també trobem els *nanorobots*, que es poden moure per la sang i poden realitzar petites operacions des de dintre del cos humà.
- Genòmica: aquest camp inclou la farmacogenòmica i la farmacogenètica. La resposta dels individus

Figura 3.4. Convergència entre *nano-*, *bio-* i TIC



Font: Andler (2008).

Taula 3.4. Principals empreses de farmacogenètica i farmacogenòmica

Empreses nord-americanes		Empreses europees / altres	
Desenvolupament fàrmacs i diagnòstic - farmacogenètica (5)		Desenvolupament fàrmacs i diagnòstic - farmacogenètica (4)	
Curagen	EUA	Astex Technology	Regne Unit
Egeen	EUA	deCODE/Encode	Islàndia
Genaissance (DNA Sciences)	EUA	Epidauros	Alemanya
Millennium	EUA	Genset (part of Serono)	França
Myriad Genetics	EUA		
Només diagnòstic (11)		Només diagnòstic (8)	
Celera Diagnostics	EUA	Axis-Shield	Regne Unit/Noruega
DNAPrint Genomics	EUA	Dakocytomation	Dinamarca
Genelex	EUA	Epigenomics AG	Alemanya
Genomas	EUA	Ipsogen	França
Genomics Health	EUA	Jurilab	Finlàndia
Gentris	EUA	LGC	Regne Unit
Interleukin Genetics	EUA	TheraStrat	Suïssa
Prediction Sciences	EUA	Vita Genomics	Taiwan
Prometheus Laboratories	EUA		
Third Wave	EUA		
ViroLogic	EUA		
Serveis farmacogenètica (incl. mostres) (7)		Serveis farmacogenètica (incl. mostres) (4)	
First Genetic Trust	EUA	The Brain Resource Company	Àustria
Gene Logic	EUA	CXR	Regne Unit
Genizon Biosciences (Galileo Genomics)	Canadà	DxS	Regne Unit
Genomics Collaborative	EUA	Medigenomix	Alemanya
Pergelen Sciences	EUA		
Seryx	EUA		
Viral Therapeutics	EUA		
Instrumental, equips i programari - farmacogenètica (6)		Instrumentals, equips i programari - farmacogenètica (2)	
Affymetrix	EUA	Amersham Biosciences	Regne Unit
Golden Helix	EUA	Biotage	Suècia
Nanogen	EUA		
Sequenom	EUA		
Tm Biosciences	Can		
Waban Software	EUA		

Font: European Commission (2006).

a diferents medicaments pot preveure's basant-se en proves genètiques. Aquest seria el principi de la medicina personalitzada.

Les principals empreses en el sector de la farmacogenòmica i la farmacogenètica són dels EUA. La taula 3.4 mostra les principals empreses dedicades a aquest sector.

- «Parts de recanvi»: la substitució de parts del cos o la millora de les funcions.

En aquest context també cal citar altres aplicacions, com el desenvolupament de superfícies biocompatibles utilitzant nanotecnologia (la hidroxiapatita de l'empresa Nano Interface Technology, per exemple, és un material de ceràmica que s'utilitza actualment per a implants ortopèdics i dentals), els implants de titani amb cobertura de diamants nanocrystal·lins, l'enginyeria de teixits, la medicina regenerativa (on es dissenyarà i construirà teixit vivent per a la implantació i substitució de teixit danyat) i els xenotrasplantaments (transferència d'òrgans o cèl·lules d'una espècie a un altra).

Biologia sintètica

La biologia sintètica reflecteix la combinació de la nanotecnologia, la biotecnologia i les tecnologies de la informació. L'objectiu de la biologia sintètica és buscar la creació de nous organismes programables, és a dir, la creació de microorganismes a la carta que es comportin com ordinadors petits. La biologia sintètica té moltes aplicacions, que es resumeixen en la taula 3.5.

Entres les aplicacions més prometedores a llarg termini trobem les següents: aparells nanoelectrònics basats en la biologia per a la utilització en tecnologies de sensors, ordinadors biològics en informàtica i nanorobots o màquines moleculars per a aplicacions biomèdiques.

Interfícies home-màquina

Les interfícies home-màquina són el desenvolupament d'interfícies que permetin una connexió directa entre el cervell humà i membres artificials o pròtesis, i entre humans i ordinadors o altres màquines. Aquestes interfícies permetran la restauració i l'augment del rendiment humà. En l'actualitat ja trobem exemples d'interfícies home-màquina en sistemes de reconeixement de veu. Per exemple, SpeechMagic, de l'empresa Philips (permet les transcripcions a text dels informes dictats en veu dels radiòlegs), i Dragon Medical, de l'empresa Nuance.

Aquesta connexió entre home i màquina revolucionarà l'activitat a les fàbriques, el control dels cotxes, assegurarà la superioritat militar i permetrà nous esports o formes d'interacció entre persones. Abans, però, cal resoldre alguns reptes, com identificar les regions òptimes per a la implantació d'elèctrodes, identificar l'estratègia de codificació utilitzada en aquestes àrees del cervell, entendre les limitacions de la plasticitat de la cortical, la longevitat i durabilitat dels elèctrodes, el contacte entre aquests i els nervis i la miniaturització del *hardware*, entre d'altres (Andler, 2008). Moltes empreses europees participen activament en el mercat de reconeixement del llenguatge i la parla, com per exemple l'holandesa Polderland Language & Speech Technology, que ha desenvolupat correctors ortogràfics, correctors gramaticals, diccionaris i tesaurus, i que participa activament en la convergència de text en lectors de llenguatge i en la identificació dels idiomes. Cal citar també el sistema anomenat Mind Speller, que és capaç de registrar l'activitat cerebral, de transformar-la en llenguatge i de reproduir-la utilitzant la veu artificial d'un ordinador (Martínez, 2010).

Taula 3.5. Perspectives de les aplicacions de la biologia sintètica				
Temps	Medi ambient	Nous materials	Processos industrials	Energia
Curt termini	Biosensors Bioremediació Seguretat dels organismes transgènics	Síntesi de nous materials Organització de nanoestructures	Pinso animal	
Mitjà termini	Explotació de reserves mineres de baixa qualitat	Desenvolupament de compòsits	Indústria alimentària, papera i de detergents Indústria tèxtil	Producció de bioenergia

Font: Fundació Genoma España.

Taula 3.6. Algunes de les principals empreses de biologia sintètica

Empresa	Objectius	Producte/Tecnologia
Ablynx (Belgica)	Desenvolupament d'anticossos monoclonals amb propietats augmentades, vida mitjana en sang augmentada basant-se en la tecnologia d'expansió del codi genètic.	
Amyris Biotechnologies (EUA)	Construcció d'un microorganisme sintètic per utilitzar-lo en la producció del fàrmac antipalúdic artemisinina.	Artemisinina. Isoprenoides.
Ambrex (EUA)	Integració d'aminoàcids no naturals en proteïnes biosintètiques.	Hormona del creixement.
ATG: biosynthetics (Alemanya)	Gens sintètics i síntesi d'ADN <i>de novo</i> ; purificació de proteïnes: GMO marcatge molecular, serveis de consultoria en biologia sintètica.	Next: plataforma d'optimització de proteïnes.
Bio-Technical Resources (EUA)	Enginyeria de microorganismes per a la producció de compostos d'interès comercial. Desenvolupament d'una nova ruta de producció d'enzims.	Conjugat d'àcid làctic (complement nutricional); producció de farnesol i geranilgerani mitjançant <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ; producció de <i>N-acetil-glucosamina</i> per a fermentació microbiològica.
Biotica Technology Limited (Regne Unit)	Descobriments de nous policèptids mitjançant alteracions de rutes de biosíntesi de policèptids artificials, per al tractament del càncer i altres malalties. Disseny de rutes sintètiques per crear nous fàrmacs basats en pèptids que no necessiten ser sintetitzats en ribosomes.	Inhibidors de mTOR; inhibidors de Hsp90; inhibidors d'angiogènesi.
Blue Heron Biotechnology (EUA)	Síntesi de gens.	GeneMaker®, plataforma automatitzada per a la síntesi d'ADN.
Cellicon Biotechnologies Inc.® (EUA)	Descobriments de fàrmacs mitjançant plataformes de biologia sintètica i de biologia de sistemes.	The Genetic Toggle Switch (interruptor genètic): sistema per a la regulació de l'expressió gènica; NRI, algorisme computacional per a la identificació de noves dianes antibacterianes; MNI, algorisme computacional per a la identificació de dianes gèniques de fàrmacs antifúngics.
Egea Biosciences (EUA)	Síntesi gènica i disseny de proteïnes, generació de llibreries sintètiques d'aminoàcids per crear proteïnes dotades amb una major diversitat en llocs actius.	Anticossos i proteïnes d'ús terapèutic.
EraGen Biosciences (EUA)	Plataformes tecnològiques per al descobriment d'agents terapèutics i diagnòstic genètic.	TACS (<i>Target Assisted Combinatorial Synthesis</i>); MultiCode-RTx System; MultiCode-PLx Systems; MasterCatalog; Aegis.
GENpathway Inc. (EUA)	Identificar elements reguladors que controlen l'expressió gènica. Estudi de l'expressió gènica en mecanismes reguladors, connectant la informació genòmica amb la síntesi de productes per a l'agricultura i la farmàcia.	TranscriptionPath™; FactorPath™; PromoterPath™; QueryMode™; DiscoveryMode™.
Metabolic Explorer (França)	Desenvolupament de nous bioprocessos en la síntesi de compostos per substituir els processos actuals de síntesi química. Desenvolupament de microorganismes amb noves capacitats.	METAVISTA®, <i>software</i> per al disseny <i>in silico</i> de nous models i bioprocessos; METEVOL®, tecnologia per a la millora racional d'enzims mitjançant l'evolució molecular; FLUX VISION®, plataforma de perfils metabòlics; METKIN®; METOPT®; METPATH®.
ProtoLife (EUA)	Desenvolupament de cèl·lules artificials a partir de material inorgànic i programació d'aquelles amb una funcionalitat química específica.	
Synthetic Genomics (EUA)	Creació d'un cromosoma/genoma sintètic per a la producció d'etanol i hidrogen, disseny d'un organisme sintètic dotat d'un genoma mínim.	
Vanda Pharmaceuticals (EUA)	Optimització i descobriment de nous compostos terapèutics. Síntesi de nous compostos terapèutics i recerca de les possibles aplicacions. Millora de productes ja existents.	

Font: Fundació Genoma Espanya.

Sensors

L'objectiu principal se centra en el disseny de sensors amb característiques millorades i de mida reduïda. El context de la convergència tecnològica condueix a l'existència de diferents tipus de sensors amb aplicacions diverses (vegeu taula 3.7).

Les principals aplicacions dels sensors en l'àmbit de la convergència NBIC són les següents:

1. Sensors que detecten agents perillosos o substàncies químiques, o que proporcionen informació sobre l'entorn, com la temperatura o la concentració de substàncies contaminants.

Taula 3.7. Tipus de sensors i aplicacions	
Tipus de sensor	Aplicacions
Sensor de processament	Processament, energia i tecnologia mediambiental
Sensor industrial	Enginyeria mecànica i automatització de plantes de producció
Sensor de massa d'alta dependència	Enginyeria de l'automòbil (cotxes i vehicles comercials)
Sensors especialitzats, extracorporals i intracorporals	Tecnologia mèdica / Ciències de la vida
Sensors de massa	Béns de consum

Font: Association for Sensor Technology (2010).

2. Sensors en medicina per monitorar la salut i realitzar millors diagnòstics. Sensors portables que permetin que un mateix es monitori la salut, bioxips, sistemes *lab-on-chip* i agents de diagnòstic o imatgeria a escala *nano*.

Les tendències en el desenvolupament de sensors les trobem en l'establiment de xarxes de sensors, la creació de sistemes adaptables (*adaptronics*) basats en sensors petits i actuadors, i el desenvolupament de sensors integrats en aparells implantables. La figura 3.5 recull les principals tendències en el sector dels sensors.

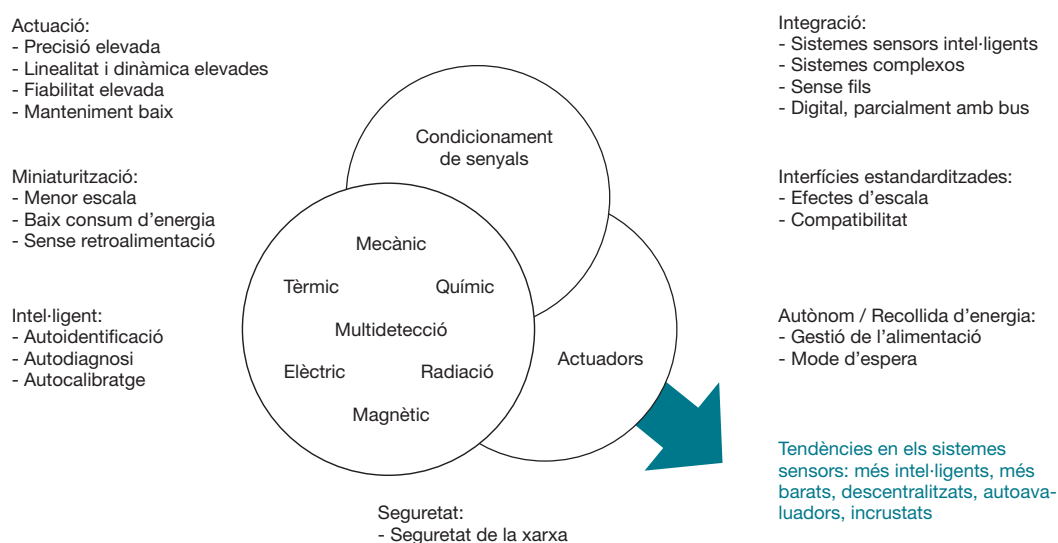
Reconeixement de patrons

La disciplina del reconeixement de patrons es relaciona amb el reconeixement automàtic de la veu i la

detecció de patrons visuals (reconeixement d'imatges). Les tècniques actuals es fonamenten en bases de dades i un *software* que compara noves dades amb les existents en les bases. Entre les aplicacions futures d'aquests camps trobem els vehicles conduïts per veu, sistemes de traducció automàtica, sistemes de vigilància per identificar gent i detectar-ne les activitats, etc. Els sistemes de reconeixement de veu poden ser cabdals com a substituïts sensorials per a persones sordes i en sistemes de guiatge controlats per veu, i tindran un paper clau en el concepte d'intel·ligència ambiental.

El concepte d'intel·ligència ambiental es refereix a estar rodejat d'interfícies intuïtives i intel·ligents incorporades a tot tipus d'objectes i en un ambient capaç de reconèixer i respondre davant la presència de diferents individus sense obstaculitzar i de forma contínua i no visible (Ramos *et al.*, 2009). El concep-

Figura 3.5. Principals tendències en el sector del sensors



Font: Association for Sensor Technology (2010).

te d'intel·ligència ambiental té moltes aplicacions. A continuació comentem algunes de les aplicacions a les llars i en el transport.

Les aplicacions d'intel·ligència ambiental en les llars es poden produir en els següents àmbits:

- Automatització de la llar: suport de les funcions bàsiques com calefacció, ventilació, aire condicionat i instal·lacions elèctriques. Aspectes de seguretat: control d'accés físic i sistemes d'alarmes, seguretat en termes de salut (prevenció i monitoratge) i seguretat en la construcció i materials.
- Comunicació i socialització: comunicació interpersonal i accés a Internet i altres sistemes d'informació.
- Descans, relaxació i oci: electrònica de les llars (televisors, vídeo, música, jocs...).
- Treball i aprenentatge.

La taula 3.8 mostra algunes de les principals aplicacions en el sector del transport pel que fa a la gestió del trànsit, navegació, seguretat, informació mòbil i entreteniment.

Les principals aplicacions en el futur de la intel·ligència ambiental es troben centrades envers els següents sectors:

- Entorns virtuals i comunitats virtuals
- Utilització d'agents intel·ligents en el procés d'aprenentatge i avaluació del coneixement
- Interfícies d'usuari contínues, adaptatives i interactives
- Eines d'accés a informació
- Xarxes actives a nivell local, cíviques i globals
- Tecnologies mòbils
- Creixement de la velocitat i capacitat dels ordinadors amb disminució de la mida

Taula 3.8. Principals aplicacions de la intel·ligència ambiental en el sector del transport

Objectiu	Àmbit d'ús	Usuaris	Proveïdors
Gestió de trànsit			
Optimització de l'ús de les infraestructures	Públic: gestió, predicció, monitoratge i encaminament.	Públic en general, passatgers especials i usuaris de mitjans de transport	Administració pública
Conservació del medi ambient	Comercial: transport de mercaderies		Transportistes Proveïdors de serveis Indústria TIC
Navegació			
Arribada a la destinació de la forma més ràpida i adequada	Privat i públic: informació general i individual del trànsit	Públic en general	Indústria de l'automòbil Autoritats públiques
Evitar els canvis de mitjans de transport	Públic: ajuda, navegació de vehicles individuals		Transportistes Proveïdors de serveis Indústria TIC
Seguretat			
Reducció del risc d'accidents	Públic: ajuda al conductor, vigilància del vehicle i del medi ambient	Públic en general Grups especials: conductors professionals Grups de risc	Autoritats públiques Indústria de l'automòbil Indústria tèxtil Articles d'esport i indústria de l'oci Indústria TIC
Informació mòbil i entreteniment			
Informació sobre l'entorn d'una persona, especialment sobre les opcions de mobilitat	Tothom: assistent d'informació personal Públic i privat: dependent de la localització	Públic general Grups especials: turistes, viatgers de negocis	Proveïdors de continguts, indústria de l'entreteniment
Entreteniment i accés a informació on sigui possible i necessari	Comercial: multimèdia		Proveïdors de serveis Autoritats semipúbliques: oficines de turisme Indústria TIC

Font: Ramos *et al.* (2009).

- Evolució dels dispositius de presentació
- Comunicacions i ordinadors de baix cost
- Robots intel·ligents per a ús ubic

Entre els exemples d'aplicacions d'intel·ligència ambiental cal mencionar l'empresa SGI Japan, que ha desenvolupat una habitació sensible (RoomRender) que canvia de color, emet certs tipus d'olors i fins i tot posa una música relaxant en funció de l'estat d'ànim que nota en la veu dels ocupants.⁹ Un altre exemple el trobem en un grup d'investigadors italians que han creat una xarxa de robots autònoms i cooperants, integrats en una infraestructura d'intel·ligència ambiental, per millorar la gestió de la higiene urbana (Navas, 2010).

Robots, *software* i aparells intel·ligents

Aquest camp inclou conceptes com la intel·ligència artificial, les tecnologies socials i la computació ubíqua, i està relacionat amb els avenços en les ciències cognitives, la biologia molecular i les solucions aportades per la revolució en nanotecnologia. La intel·ligència artificial, per exemple, es dedica al desenvolupament d'agents racionals no vius. L'empresa alemanya SuperWise Technologies, per exemple, ha desenvolupat un *software* que permet a l'usuari d'un telèfon mòbil accedir a informació en temps real dels objectes que l'envolten. El sistema ha estat desenvolupat utilitzant la tecnologia Apollo, que reconeix objectes presents en imatges (Morales, 2008). Altres innovacions en aquests camps són, per exemple, el desenvolupament d'enginyeria virtual que utilitza tècniques d'intel·ligència artificial per predir quan les màquines necessiten reparació (Piacente, 2010) o el disseny d'un sistema intel·ligent de vigilància marítima que és capaç d'integrar i unificar la informació dels diferents tipus de sensors i dades en temps real utilitzant metodologies d'intel·ligència artificial i tècniques de fusió de dades (Piacente, 2010b). Un grup d'informàtics de la Universitat de Stanford ha ideat un sistema d'intel·ligència artificial que permet a un helicòpter robotitzat aprendre a fer maniobres complicades mirant com maniobren altres helicòpters amb radiocontrol (Morales, 2010).

Modelatge del món basat en ordinadors

Aquesta disciplina es refereix al modelatge, simulació o mapatge del món real amb l'ajuda dels ordinadors. Aquest camp té àmplies aplicacions: des de la pre-

dicció d'entorns virtuals generats per ordinadors que reproduïxen perfectament la realitat (basats en el desenvolupament de la realitat virtual i augmentada) a visions profundes en la naturalesa utilitzant la bioinformàtica i la biologia computacional, la neuroinformàtica i la neurociència computacional.

La realitat augmentada (combinació d'elements reals i virtuals per augmentar la nostra comprensió del món) es convertirà en la tecnologia clau en el disseny de la telefonia mòbil. Les principals aplicacions de realitat augmentada actuals són Layar, TwittARound, Wikitu-de World Browser, TAT Augmented ID i Yelp Monocle.

3.1.3. El desenvolupament de la bioeconomia

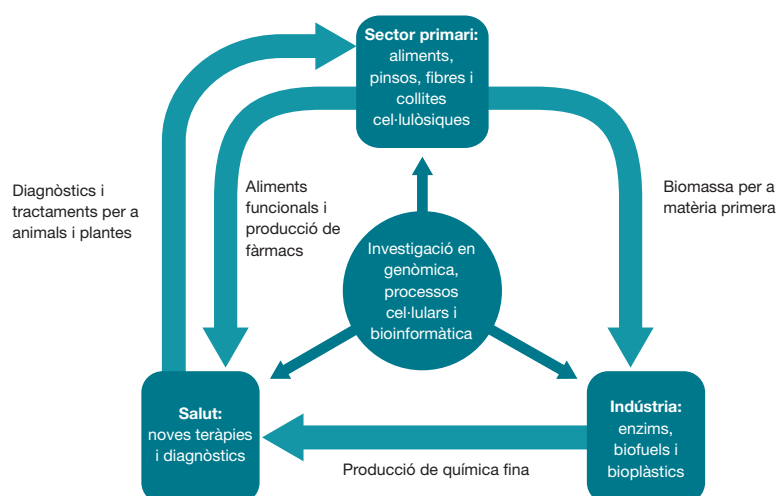
Una de les disciplines que es considera el puntal de la convergència NBIC és la biotecnologia. La contribució de la biotecnologia a la producció econòmica serà clau per al futur econòmic mundial i una font important d'activitat innovadora. La bioeconomia tindrà un paper cabdal en el desplegament de la nova revolució econòmica (COTEC, 2010). Per aquest motiu, s'analitzen en un apartat diferenciat la bioeconomia del futur, els nous models de negoci biotecnològics emergents i l'impacte de la biotecnologia en la producció primària, la salut humana i la producció industrial.

La bioeconomia emergent tindrà un caràcter global i estarà guiada pels principis del desenvolupament sostenible. En aquest sentit, és d'esperar que el desenvolupament de la bioeconomia comporti importants impactes socials i mediambientals. La bioeconomia té tres elements clau: el coneixement biotecnològic, la biomassa renovable i la integració d'aplicacions.

La figura 3.6 mostra la integració actual i l'esperada entre les aplicacions biotecnològiques a partir de tecnologies genèriques que serveixen per desenvolupar productes. Les tres grans àrees lligades al desenvolupament biotecnològic són:

- 1. Producció primària** (producció de noves varietats de plantes i animals amb característiques millorades, nous mètodes de diagnòstic, tècniques avançades de reproducció de plantes i animals, i tractaments i vacunes per prevenir i curar malalties).
- 2. Salut** (teràpèutica, diagnòstic, farmacogenètica, desenvolupament d'aliments funcionals i dispositius mèdics).

Figura 3.6. Integració actual i esperada entre aplicacions biotecnològiques.



Font: COTEC (2010).

3. Producció industrial (producció d'elements químics i biomaterials derivats. Aplicacions en mineria i extracció d'altres tipus de recursos naturals. Producció i selecció d'enzims. Biorefineries).

La taula 3.9 resumeix algunes de les tendències biotecnològiques en els sectors primari, de la salut i industrial el 2030.

Taula 3.9. Paper de les biotecnologies el 2030

Producció primària	Salut humana	Producció industrial
Ús generalitzat de tècniques de SAM en l'agricultura i ramaderia.	Gran nombre de nous fàrmacs i vacunes basades parcialment en biotecnologies que reben aprovació anual per a ús comercial.	Enzims millorats per a una creixent gamma d'aplicacions en el sector químic.
Aparició de conreus agrícoles MG amb majors continguts en greix i altres característiques que milloren substancialment els processos industrials.	Major ús de la farmacogenètica en les proves clíniques prèvies a l'aprovació de medicaments i en les prescripcions mèdiques, i major selectivitat en l'elecció de pacients per dur a terme els assaigs clínics.	Microorganismes millorats, que poden produir un nombre creixent de productes químics en un sol pas, alguns dels quals estan desenvolupats mitjançant biotecnologia.
Plantes i animals MG capaços de produir biomedicaments i altres compostos d'alt valor.	Major eficàcia i seguretat en els tractaments, gràcies a la connexió entre les dades genètiques, dades sobre historials mèdics i efectes a llarg termini dels medicaments.	Desenvolupament de biosensors per controlar en temps real la contaminació mediambiental, com també ús de la biometria per a la identificació de persones.
Producció de noves varietats de tots els conreus rellevants per a l'alimentació humana i animal resistents a les principals malalties i desenvolupats mitjançant tècniques de desenvolupament d'OMG, SAM i altres.	Ús generalitzat de tècniques d'anàlisi de riscos genètics per detectar probabilitats de contraure malalties en què la genètica tingui alguna influència.	Producció de biocombustibles d'alta densitat a partir de canya de sucre i conreus cel·lulòsics.
Millors diagnòstics per detectar característiques genètiques i malalties en ramaderia i aquicultura (peixos i marisc).	Millora en els sistemes d'aplicació de fàrmacs per la convergència de la biotecnologia i la nanotecnologia.	Creixement de la quota de mercat per a biomaterials, tals com els bioplàstics, especialment en nínxols en què tinguin algun avantatge sobre els tradicionals.
Clonació a gran escala d'animals d'alt valor.	Desenvolupament de nous aliments funcionals, alguns dels quals seran elaborats mitjançant tècniques de desenvolupament d'OMG i altres a partir d'extractes d'algues o plantes.	
Ús generalitzat dels OMG per produir en els països en desenvolupament conreus bàsics per a l'alimentació amb vitamines, major valor nutricional, etc.	Proves genètiques de baix cost per detectar riscos de patir malalties cròniques: coronàries, artritis, diabetis tipus II i alguns tipus de càncer.	
	Ús de la medicina regenerativa per millorar el tractament d'alguns efectes de la diabetis i per a la substitució o regeneració d'alguns tipus de teixits danyats.	

Font: COTEC (2010).

L'evolució de la bioeconomia tindrà un impacte important en els models de negoci biotecnològics tradicionals basats en les *empreses completament biotecnològiques*, que tracten de desenvolupar aplicacions comercials dels resultats de la R+D realitzada en universitats i hospitals, i les grans empreses integrades que realitzen la major part de les activitats necessàries per desenvolupar un producte biotecnològic (R+D, producció, distribució i màrqueting).

La figura 3.7 mostra els models de negoci biotecnològic emergents: el model col·laboratiu, que busca reduir les despeses de R+D compartint informació, i el model integrador, que busca crear i mantenir mercats.

En el context de la revolució tecnològica de les NBIC trobem també oportunitats de negoci fora de l'àmbit tecnològic i científic. A continuació apuntem algunes d'aquestes oportunitats.¹⁰

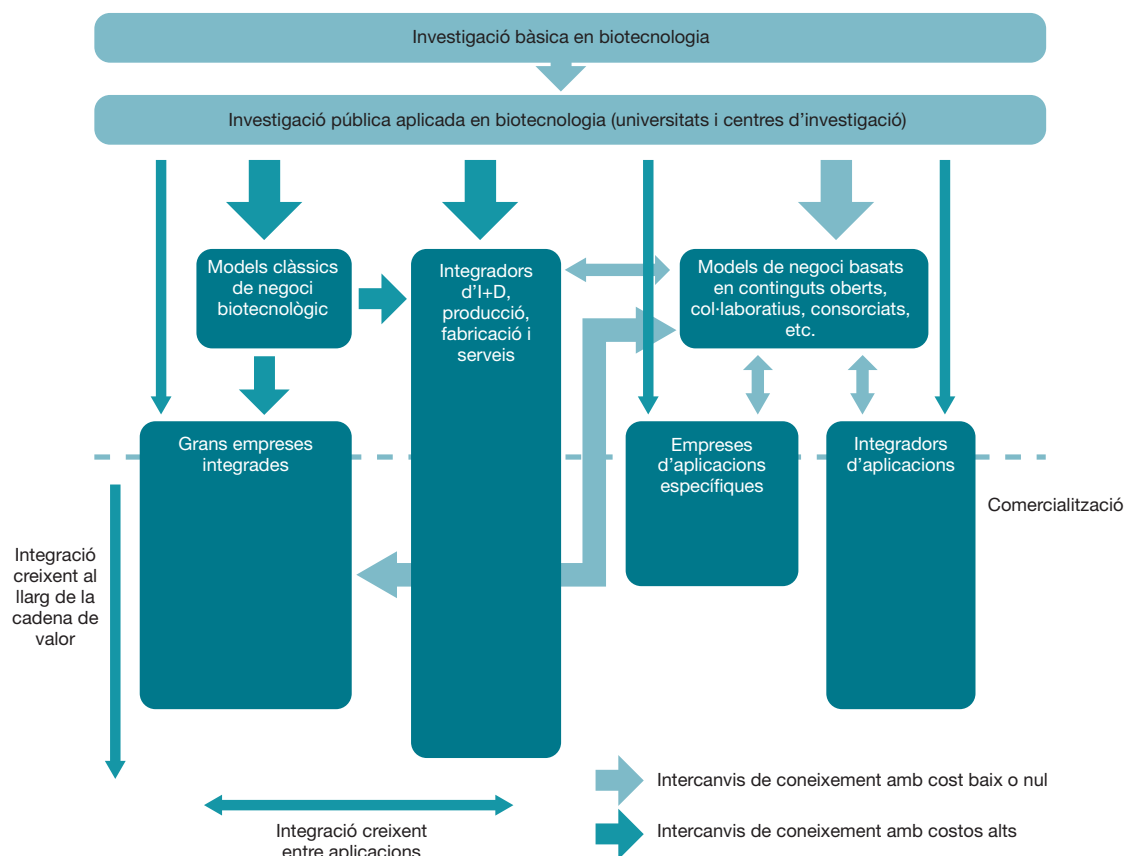
1. Deixalles/rebuig. Formem part d'un món on l'eficiència de recursos és una font de competitivitat, i la

gestió i administració de les deixalles i el rebuig es pot convertir en una oportunitat empresarial interessant. Entre aquestes aplicacions trobem el disseny de dispositius per reduir o eliminar el rebuig i millorar l'eficiència d'un sistema, o la fabricació de noves tecnologies que ens permetin obtenir valor directament del rebuig.

2. Venda de serveis, especialment en productes que costen de reciclar i que no són consumibles. Entre alguns exemples cal citar el lloguer de bicicletes i cotxes o botigues de lloguer de roba.

3. Convergència natural i digital: disseny de nous aparells tecnològics que ens relacionen amb el món natural, com per exemple ordinadors que llegeixen el contingut dels blogs (Institut de Tecnologies Creatives de la Universitat del Sud de Califòrnia) o etiquetes RFID que s'imprimeixen i sumen el preu total de la compra estalviant cues (Sunchon National University de Corea del Sud amb la Rice University de Houston).

Figura 3.7. Models de negoci biotecnològic emergents



Font: COTEC (2010).

4. Proximitat (produir energia i aliments prop del seu destí final evitant el transport). Per exemple, EcoCity Farm.¹¹

5. La natura té la solució. Utilització de bacteris, virus i plantes, entre d'altres, com a solució en diferents processos (purificació d'aigua, etc.).

Finalment, hem de tenir en compte, a l'hora d'intuir com serà la pròxima revolució, que el món avança ràpidament cap a la multipolaritat, i els països emergents participaran en el futur com a generadors dels canvis i no només com els seus receptors. No es tracta només dels nous invents que apareixeran en el món menys desenvolupat, ni tan sols de les noves disciplines, sinó del tipus d'innovacions que sorgiran d'aquests països. Les revolucions mai no han estat només *tecnològiques*, són econòmiques i socials, i el canvi de líders a nivell macroeconòmic també diferenciarà la pròxima revolució. Tractarem aquest tema amb més detall en els apartats 3.4 i 3.5.

3.2. Les noves tendències en la innovació

Les diferents revolucions tecnològiques han comportat importants avenços tecnològics i canvis substancials a nivell econòmic i social. En aquest context, el paper de la innovació ha estat clau no només pel que fa al desenvolupament de noves tecnologies, sinó també en l'aparició de nous processos i en l'adaptació de la societat a la nova realitat.

En l'actualitat trobem indicis d'innovacions en productes i processos que apunten cap a canvis econòmics, socials i tecnològics importants. Aquestes innovacions, a diferència de les anteriors, reuneixen una sèrie de característiques que les fan úniques i universals. Es tracta d'innovacions globals, que poden originar-se i estendre's a qualsevol part del món. Són innovacions democràtiques en el sentit que qualsevol persona pot innovar (no és necessari treballar en un centre de recerca d'una gran multinacional), i finalment, són innovacions relacionades —directament o indirectament— amb els principals reptes globals, és a dir, relacionades amb els canvis demogràfics, el canvi climàtic i l'escassetat dels recursos (vegeu capítol 4).

L'adaptació de les innovacions a la nova realitat econòmica i social mundial ha donat peu a noves tendèn-

cies i conceptes. A continuació comentem aquests nous termes, que encara que estan interrelacionats i es poden aplicar en situacions semblants, tenen tots les seves característiques singulars.

1. Innovació *low-cost*. En els últims anys el concepte de *low-cost* s'ha estès en el món empresarial i ha afectat també la innovació. La innovació basada en el cost és disruptiva, en el sentit que proporciona com a resultat productes o serveis que es veuen en certa manera com a inferiors als ja existents, però que són més assequibles. L'empresa General Electric, per exemple, ha dissenyat un ecògraf de baix cost que es pot trobar tant en clíniques de zones rurals en països en vies de desenvolupament com en ambulàncies de països desenvolupats (Castro, 2010).

2. Innovació inversa. La innovació inversa està relacionada amb l'alteració del flux normal amb què la innovació sorgeix dels països desenvolupats i es porta posteriorment als països en vies de desenvolupament, de manera que es produeix un important flux de productes dissenyats en els països emergents i que tenen com a destí els països desenvolupats. En l'actualitat, les grans companyies estan forçades a realitzar la innovació inversa, ja que l'èxit en les economies en desenvolupament és un pre-requisit per triomfar en els països desenvolupats (Bimbert, 2009).

3. Innovació frugal. La innovació frugal implica dissenyar productes per als habitants que formen *la base de la piràmide*, com per exemple neveres portàtils sense compressor que es venen per 60 dòlars o cervesa a partir de iuca per a països africans (Play-Marketing, 2010).

4. Innovació policèntrica. Es tracta d'una tendència on les empreses dels països desenvolupats estan situant centres de R+D en altres països (principalment emergents). La taula 3.10 recull alguns exemples d'empreses nord-americanes que han efectuat inversions de R+D en mercats emergents.

5. Innovació social: Implica la cooperació entre els sectors públic i privat per transformar la manera com els serveis públics es proporcionen mitjançant la utilització del sector privat, en especial els emprenedors socials. Un emprenedor social és una persona que desenvolupa una resposta innovadora per a un problema social (per exemple, un model de negoci per fer front a la pobresa).

Taula 3.10. Inversions en R+D d'empreses nord-americanes en mercats emergents	
Empresa	Inversió
Pfizer	Centre R+D a Xangai i diversos partenariats amb universitats xineses destacades.
Ford Motor Company	Centre d'enginyeria a Camaçari (Brasil), on es desenvoluparà completament un nou vehicle global: l'EcoSport.
Microsoft	Centres R+D a la Xina i l'Índia amb més de 1.500 empleats a cada país. El centre de l'Índia ha contribuït al registre de 270 patents en els últims cinc anys.
Boeing	Expansió R+D a l'Índia. Obertura d'un gran centre tecnològic a Bangalore el 2009.
Intel	Expansió R+D a la Xina amb anunci de noves inversions en tecnologies netes i <i>software</i> relacionat amb salut. Expansió R+D a l'Índia en àrees d'eficiència energètica i salut.
Cisco Systems	Centre global de R+D a Bangalore amb més de 1.400 empleats. Compromís d'expansió els propers tres anys per valor de més de 1.000 milions de dòlars.
IBM	Creació del Centre de Solucions Analítiques a la Xina el 2009.
Applied Materials	Obertura del centre de recerca solar més gran del món a Xian (Xina) l'any 2009.

Font: Gilman (2010).

6. Innovació social corporativa: Les empreses s'han adonat que els reptes globals com el canvi climàtic, l'aprovisionament d'aigua potable, les epidèmies i les necessitats socials constitueixen nous mercats (Lundsten, 2010).

7. Innovació rural: La idea darrera de la innovació rural és l'adaptació de productes, estratègies de venda, màrqueting i comunicació als consumidors que pertanyen a les àrees rurals. La taula 3.11 recull alguns exemples de productes i solucions per al món rural.

8. Col·laboració: Augmenta la col·laboració en el disseny i l'entrega de projectes arreu del món. Aquesta tendència està redibuixant els reptes i les oportunitats per a les empreses, la societat i la seva habilitat per aconseguir la sostenibilitat. Les empreses hauran de treballar amb altres empreses i organitzacions, i fer públics els processos d'in-

novació (als usuaris, socis, proveïdors...) per tenir accés a noves idees.

A continuació apuntem algunes de les tendències tecnològiques empresarials en matèria d'innovació (Bughin *et al.*, 2010):

a) La cocreació distributiva amplia el seu camp d'actuació. Les empreses aprofiten les comunitats web o grups de clients per realitzar tasques concretes per a l'empresa. Facebook, per exemple, ha utilitzat la seva comunitat per traduir la seva pàgina web a 70 idiomes.

b) Fer de la xarxa una organització. Les empreses hauran d'organitzar la feina al voltant de tasques crítiques i utilitzar la xarxa i les xarxes socials per augmentar l'accés a experts arreu del món o posar en pràctica simultàniament projectes en diverses unitats de negoci.

Taula 3.11. Exemples d'innovació rural	
Empresa/Sector	Innovacions
Nokia, Ericsson, Qualcomm	Tecnologia per a serveis rurals de valor afegit, com informació relacionada amb l'agricultura. Reuters també ofereix als agricultors dades sobre el temps i els preus dels productes via mòbil.
General Electric	Estudia solucions per al subministrament d'aigua potable i energia eficient.
Companyies TI	Les etiquetes electròniques en el bestiar han fet viable les assegurances, ja que el xip segueix el cicle de vida del bestiar.
Salut i farmacèutiques	Cura diabètica assequible (Aventis).

Font: Adhikari (2010).

c) Col·laboració a escala. Augmenta l'interès en tecnologies de col·laboració per augmentar l'efectivitat del personal, per exemple videoconferències i espais de treball electrònic compartit.

d) Augmenta la Internet dels objectes. Els models de negoci canvien a mesura que els sensors, actuadors i funcions de comunicació dels objectes absorbeixen i transmeten dades a escala massiva.

e) Experimentació amb grans dades. El coneixement de les dades de comportament i preferències dels consumidors permet a les empreses redefinir els seus productes i serveis de diferent manera.

f) Xarxes per un món sostenible. La utilització de les tecnologies de la informació en xarxes intel·ligents d'energia, edificis intel·ligents i plantejament logístic podria eliminar cinc vegades les emissions de carboni que produeix la tecnologia de grans dades.

g) Produir béns públics des de la xarxa. La tecnologia serà un factor decisiu en una evolució que permetrà crear nous tipus d'actius públics i ajudar-los per facilitar-ne la gestió. En aquest context, el concepte de *ciutats connectades* sembla viable, i en l'actualitat ciutats com Londres i Estocolm utilitzen actius intel·ligents per gestionar congestions de trànsit.

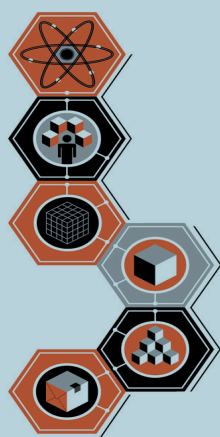
Innovacions i canvis en el sector industrial

Els nous avenços tecnològics en el disseny i la fabricació, i la flexibilització de les cadenes de producció

i subministrament global estan desencadenant el sorgiment d'un nou model de producció (OME, 2010c). Aquest model es basa en la microfàbrica que dissenya i ven productes sense cap tipus d'infraestructura ni inventari (vegeu taula 3.12). Qualsevol persona pot dissenyar productes utilitzant un ordinador, enviar el disseny a una empresa que tingui la tecnologia per modelar un prototip, fer una producció limitada a cost reduït i finalment enviar la producció directament a qualsevol part del món. L'aparició d'aquest tipus d'empreses es deu a dos factors. En primer lloc, al desenvolupament d'eines poderoses i barates de *prototipeig* que són fàcils d'utilitzar per persones que no són enginyers. En segon lloc, la crisi econòmica ha desencadenat un canvi extraordinari en les pràctiques empresarials, que s'han flexibilitzat molt i estan més obertes a feines personalitzades i més centrades a la xarxa. Aquests canvis s'han produït tant en els països avançats com en els emergents, especialment a la Xina (Anderson, 2010).

Dos dels factors que faran desenvolupar més innovacions en l'àmbit industrial són el canvi climàtic i l'escassetat de recursos (vegeu capítol 4). En aquest sentit, hi ha qui apunta que serà la demanda d'energia renovable la que desencadenarà la tercera revolució industrial. Es necessitarà, però, molta innovació per trobar solucions efectives per combatre el canvi climàtic (Da Silva, 2010). En el futur, l'energia renovable, per exemple, es compartirà a nivell global. L'energia renovable generada localment i regionalment es compartirà obertament —d'igual a igual— a través dels continents, que estaran connectats per xarxes intel·ligents (Rifkin, 2010).

Taula 3.12. La transferència d'un idea a un producte



1) INVENTAR. No et queixis més de la manca de productes atractius en el mercat. Construeix el teu somni!!

2) DISSENYAR. Utilitza eines gratuïtes (com per exemple el Blender o Google SketchUp) per crear un model digital en 3D de la teva invenció.

3) PROTOTIPEJAR. Utilitza impressores en 3D (com per exemple MakerBot) per tenir la teva visió en un plàstic ABS.

4) FABRICAR. Envia la teva idea a una fàbrica.

5) VENDRE. Ven el teu producte directament als consumidors mitjançant una botiga en línia.

Font: Anderson (2010).

La utilització de la xarxa en l'activitat industrial ha fet que la innovació en línia també s'estengui en el món laboral i apunti a importants canvis socials. Per una banda, trobem oportunitats empresarials interessants per a gent creativa i intel·ligent (petits emprenedors) que, mitjançant nous tipus d'organitzacions (la majoria són *freelance*), treballen en el desenvolupament de nous productes o processos. Per altra banda, existeixen plataformes socials¹² que reuneixen experts de tot el món i de diferents sectors, que voluntàriament proporcionen experiència i coneixement sobre diferents problemes empresarials, i empreses que busquen el coneixement i l'experiència del mercat per poder innovar i adaptar millor els productes al mercat potencial (Skibola, 2010).

Innovació en els mercats emergents

La innovació en els mercats emergents implica adaptar-se a les característiques, necessitats i prioritats d'aquests mercats. En aquest sentit, s'han de redissenyar els productes i serveis (com per exemple, reduir costos eliminant les prestacions addicionals d'un producte), modificar tot el procés de producció i distribució i utilitzar nous models de negoci. En la figura 3.8 s'apunten alguns exemples de les noves innovacions.

Pel que fa als nous models de negoci que estant emergint en aquests països trobem les següents tendències:

1. Vista l'elevada dispersió de la població i els problemes de distribució en molts d'aquests països, l'expansió del negoci mitjançant la concentració de la producció per minimitzar costos no funciona. En aquest sentit, les empreses tendeixen a externalit-

zar el procés de producció i distribució. Per exemple, l'empresa francesa Nutriset ha externalitzat la producció del seu menjar per a nens mal nodrits a franquícies locals de l'Àfrica per millorar l'accés dels productes als nens (The Economist, 2010b).

2. Vistos els ràpids canvis en la demanda d'aquests països s'estan estenent els models *pull*, on les empreses adopten estructures i xarxes més flexibles per poder adaptar-se ràpidament als canvis constants.

3. L'aplicació de tècniques de producció en massa s'està estenent als serveis sofisticats. Per exemple, l'hospital oftalmològic Aravind de l'Índia s'ha convertit en el primer hospital del món en operacions de vista (200.000 operacions a l'any), utilitzant un sistema similar al d'assemblatge en línia (The Economist, 2010b).

3.3. Els ecosistemes de la innovació

La innovació en les empreses depèn de diferents factors interns i externs. A més del coneixement científic i tecnològic, ha augmentat la importància dels factors interns en l'empresa com la motivació, l'estructura organitzativa, la qualitat del lideratge, l'adequació del personal, la cultura empresarial, les actituds per a l'aprenentatge, i la cooperació i l'estratègia de desenvolupament, entre d'altres (Sebastian, 2010). Existeixen també factors externs que poden ser decisius en els processos d'innovació com les regulacions, les oportunitats de negoci, l'existència d'incentius i instruments de foment de la innovació i d'atracció de talent, i la conjuntura econòmica i política.

Figura 3.8. Exemple d'innovacions en productes i processos

PRODUCTES	Tata (Índia), un cotxe (el Nano) per 2.200\$. Godrej & Boyce Manufacturing (Índia), una nevera que funciona amb piles per 70\$. First Energy, una estufa de llenya que consumeix menys energia i produeix menys fums. Haier (Xina) produeix una línia de rentadores molt robustes per a zones rurals.
NEGOCIS	The Future Group de l'Índia ha reorganitzat la presentació dels productes en els seus supermercats perquè els clients se sentin com a casa. Grupo Electra (Mèxic) ha passat de donar crèdit a tenir la xarxa d'oficines bancàries més gran. India Tobacco Company ha creat una xarxa de més de 5.000 botigues (quioscs) a Internet per ajudar els agricultors a comunicar-se amb la cadena de subministrament i distribució. Tata Consultancy ha instal·lat sensors en algunes àrees rurals per recollir informació sobre la terra local i les condicions meteorològiques.

Font: The Economist (2010b).

La tendència actual cap a un model d'innovació més obert i interdisciplinari, basat en l'obertura del procés d'innovació a les comunitats externes (proveïdors, clients, universitats, laboratoris públics o privats, socis estratègics, etc.), augmenta la importància de saber aprofitar les xarxes de l'organització i desenvolupar eines col·laboratives amb les quals els mateixos usuaris o la mateixa organització puguin crear nous productes o serveis a partir de les seves pròpies idees.

Un entorn adequat per a la innovació està conformat per tota una sèrie d'elements: universitats que investiguin, emprenedors en sèrie,¹³ *business angels*, capital risc, bones infraestructures (física i social), força de treball ben preparada d'accés global i bon clima de negocis (legislació favorable, impostos), entre d'altres (Monge, 2007). En aquesta llista cal afegir també la capacitat de treball en equip, la tolerància al fracàs, la cultura de la competència, el *clustering* de sectors clau i l'actitud d'atraure i alimentar el talent. Aquests són els factors que han fet realitat, per exemple, Silicon Valley, a Califòrnia.

Una derivada de Silicon Valley la trobem en les anomenades *ciutats innovadores* (com per exemple Boston), on s'han format entorns urbans anomenats *ecosistemes innovadors* (Barceló, 2010). Es tracta de ciutats amb capacitat per atraure talent de tot el món, amb empreses i centres d'investigació que poden acollir-lo. Aquestes ciutats del coneixement són espais propicis per a la innovació on es barreja entorn urbà i estratègia econòmica al voltant de clústers connectats internacionalment.

Però, quins són els elements que calen per poder construir aquests espais? El World Economic Forum, juntament amb McKinsey, han intentat identificar els factors que tenen en comú els *hubs* innovadors d'èxit (Andonian *et al.*, 2009). En primer lloc, s'ha d'establir una bona infraestructura de base que tindrà en compte la infraestructura física (telecomunicació, electricitat, transport) i indicadors de governança (com per exemple, l'estabilitat del govern). Un cop la base s'ha establert, els *hubs* innovadors han de desenvolupar un sector en concret. Això implica en primer lloc establir-se com a actors importants a nivell mundial en un sector o especialitat en concret abans d'expandir-se. Això permet concentrar recursos limitats, com mà d'obra i capital, en desenvolupar competència i credibilitat. L'èxit d'aquests dos punts origina un *hub* petit (*innovation*

hub spring), que depèn d'un nombre reduït d'empreses, però creixent per establir-se com un jugador important en l'àmbit mundial en un sector concret. En el citat estudi s'esmenten diferents camins per iniciar aquests espais:

1. L'aposta heroica. Liderada pel govern, s'aposta pel desenvolupament d'un determinat sector via subvencions, rebaixes fiscals o inversions directes. Tanmateix, és un camí complicat, ja que es poden identificar erròniament els sectors on desenvolupar un clúster competitiu a nivell mundial.

2. Acords irresistibles. Es tracta de regions que són capaces d'atraure determinades empreses que volen capitalitzar algun avantatge local, com per exemple mà d'obra barata, abundant mà d'obra qualificada o accés a un mercat local amb enorme potencial. Per tenir èxit, cal facilitar la transferència de coneixement de les empreses al sistema local i establir processos per incrementar la capacitat de la força laboral local, per tal que aquestes empreses puguin desenvolupar en aquestes regions activitats de major valor afegit.

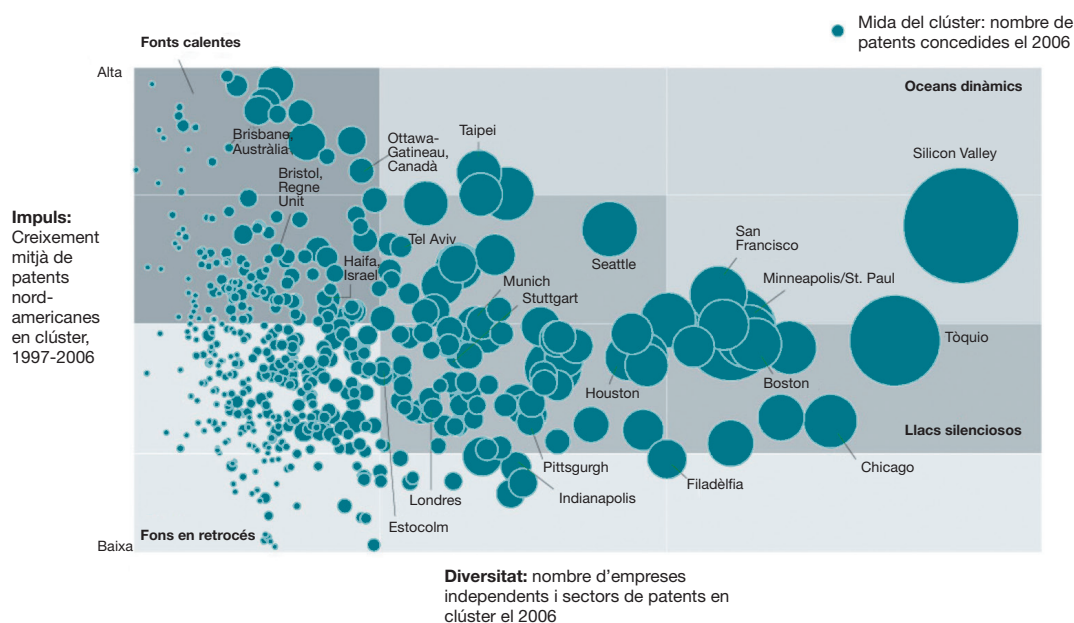
3. Oasis de coneixement. Són regions que tenen una massa crítica de talent especialitzat (universitats, centres d'investigació, etc.). Tanmateix, necessiten tenir la presència d'empreses o societats de capital risc perquè transformin aquests coneixements en empreses i productes.

A mesura que aquests *hubs* innovadors maduren, han d'ampliar la seva cartera de sectors i empreses. La diversificació és vital per poder sobreviure a llarg termini. Aquests centres innovadors poden seguir els següents camins:

1. Oceans dinàmics (*dynamic oceans*): ecosistemes innovadors grans i vibrants amb creació i destrucció contínua de noves empreses. Els innovadors líders i els sectors primaris canvien orgànicament a mesura que el *hub* es reinventa mitjançant importants innovacions revelació.

2. Llacs silenciosos (*silent lakes*): ecosistemes innovadors que es mouen a poc a poc ajudats per poques empreses ben establertes que operen en alguns sectors. Aquests clústers són freqüentment la font d'una sèrie d'innovacions evolucionàries i millores per etapes.

Figura 3.9. Mapa de clústers d'innovació



Font: Andonian, A. et al. (2009).

3. Estanys minvants (*shrinking pools*): hubs innovadors que són incapaçs d'ampliar les seves àrees d'activitat o augmentar les llistes d'innovadors, i d'aquesta manera es troben migrant lentament cap a la part baixa de la cadena de valor. A mesura que el seu sector es limita més, té menys innovació i augmenta la comodització.

L'experiència empírica, com han posat de manifest els casos d'èxit asiàtics (primerament del Japó, i posteriorment de Corea del Sud, Taiwan o Singapur), mostra que la capacitat per crear i innovar implica un esforç coordinat tant de les empreses com dels governs. Els governs i les institucions exerceixen un paper important en la dinàmica de millora de la innovació tecnològica, implementant polítiques actives per augmentar la difusió i la capacitat d'explotació del coneixement, fomentant la interrelació entre les empreses i els proveïdors tecnològics i creant xarxes institucionals per facilitar tot aquest procés interactiu (OME, 2011a). Aquests esforços són avui dia un prerrequisit per al procés d'innovació. Davant l'actual context, on les comunitats científiques i tècniques de diferents països estan més connectades que mai, i on la major sofisticació tecnològica fa necessària en molts àmbits una major adequació a les condicions de cada país, la frontera tecnològica no es pot assolir si els països no desenvolupen una potent base científica i tècnica que, a banda de desenvolupar una

R+D pròpia, els permeti estar connectats a les xarxes internacionals de coneixement. En aquest sentit, les universitats, els centres tecnològics i els laboratoris públics poden jugar un paper crucial, interactuant amb les empreses tant des d'una perspectiva de suport com de complement.

3.4. La nova geografia de la innovació i la tecnologia

Les economies avançades ocupen les primeres posicions en els diferents indicadors existents en matèria d'innovació. La taula 3.13 mostra els principals països innovadors des d'una triple perspectiva: els països amb major capacitat d'innovar (segons l'indicador de capacitat tecnològica i d'innovació OME),¹⁴ els països amb l'entorn més adequat per innovar (segons una enquesta realitzada per Boston Consulting Group) i els països que es preveuen més innovadors a curt termini (segons l'índex d'innovació de l'Economist Intelligence Unit).

Més enllà del posicionament concret en els rànquings, que s'explica per les diferències metodològiques emprades en la construcció dels diferents índexs, els resultats obtinguts coincideixen a mostrar en les primeres posicions del rànquing mundial els països escandinaus, Suïssa, Israel, Japó, Singapur, Corea del Sud, Estats Units, Holanda, Canadà, Ale-

Taula 3.13. Principals països innovadors

OME	BCG	EIU
Països amb major capacitat tecnològica i d'innovació	Països amb entorn més adequat per a la innovació	Països més innovadors previsions 2009-2013
1. Suècia	1. Singapur	1. Japó
2. Suïssa	2. Corea del Sud	2. Suïssa
3. Israel	3. Suïssa	3. Finlàndia
4. Dinamarca	4. Islàndia	4. Alemanya
5. Finlàndia	5. Irlanda	5. Estats Units
6. Japó	6. Hong Kong	6. Taiwan
7. Singapur	7. Finlàndia	7. Suècia
8. Corea del Sud	8. Estats Units	8. Israel
9. Estats Units	9. Japó	9. Holanda
10. Holanda	10. Suècia	10. Dinamarca
11. Canadà	11. Dinamarca	11. Corea del Sud
12. Regne Unit	12. Holanda	12. Àustria
13. Alemanya	13. Canadà	13. França
14. França	14. Regne Unit	14. Canadà
15. Austràlia	15. Israel	15. Singapur

Font: OME (2010b), Einhorn (2010) i EIU (2009).

manya, França i Regne Unit, països que les previsions apunten que seguiran mantenint-se en les primeres posicions a curt termini.

Des del punt de vista empresarial, els rànquings també mostren un clar lideratge dels països avançats, liderats pels Estats Units, el Japó, Suïssa, Alemanya, el Regne Unit, França i els països escandinaus (vegeu figura 3.10).

Tanmateix, s'estan observant canvis importants que apunten cap a un nou ordre mundial en la innovació en els propers anys, on els països emergents tindran un paper rellevant. De fet, en els darrers anys, països com l'Índia i, particularment, la Xina, han avançat clarament posicions en els rànquings mundials d'innovació i les perspectives per als propers anys són que aquesta millora s'acceleri, especialment en el cas de la Xina (l'EIU estima que en els propers tres anys la Xina guanyarà vuit posicions en el rànquing i l'Índia, dues).

Des de la perspectiva empresarial també es comença a notar la presència d'empreses dels països emergents entre les principals companyies innovadores. Una enquesta portada a terme per Boston Consulting Group (Andrew *et al.*, 2010) situa ja quatre empreses xineses (BYD Company, Haier Electronics Group, Lenovo i China Mobile), dues d'índies (Tata Group i Reliance Industries) i una de brasilera (Petrobras) entre les cinquanta empreses considerades més innovadores a nivell mundial. Cal notar, però, el predomini en

cara d'empreses nord-americanes, japoneses i nord-europees en el rànquing mundial (vegeu taula 3.14).

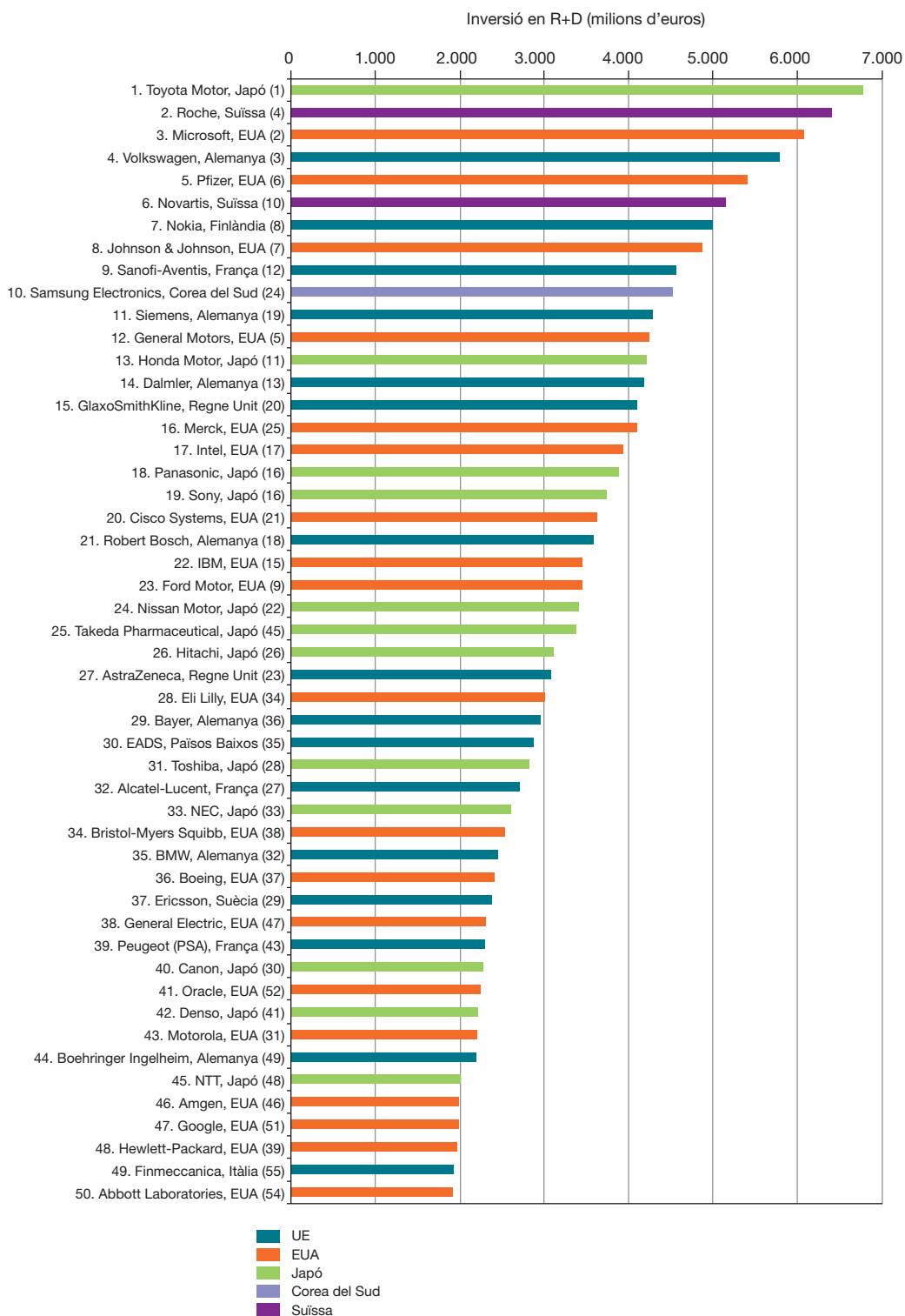
Adicionalment, les empreses dels països emergents també comencen a fer-se un lloc entre les principals companyies inversores en R+D mundials (vegeu figura 3.11 i taula 3.15). De nou, la Xina se situa al capdavant amb vint-i-una empreses entre les 1.400 companyies amb major inversió en R+D del món (de les quals destaquen Huawei, Petrochina i ZTE), i això sense tenir en compte les empreses xineses amb base a Hong Kong.¹⁵ La segueix l'Índia, amb disset empreses (de les quals destaquen Prithvi Information Solutions, Tata Motors i Polaris Software Lab), i el Brasil, amb vuit empreses (sobresurten Vale, Petrobras i Embraer). També Rússia i Turquia tenen representació dins el rànquing mundial, ambdós països amb tres empreses, tot i que la major part de la inversió es concentra en Gazprom en el cas de Rússia, i en Koc pel que fa a Turquia.

Fins fa poc la globalització era unidireccional, i les empreses d'Occident gestionaven els projectes de la resta del món. La innovació compartia aquesta unidireccionalitat, i les empreses dels països avançats gestionaven les noves idees en els seus laboratoris i després les exportaven cap al món en desenvolupament. Els països emergents, però, estan canviant aquest ordre i s'estan postulant com els motors de la innovació futura.

Nombrosos centres d'innovació s'estan implantant a l'Àsia i s'evidencia una tendència creixent de sol·licituds de patents per part d'empreses asiàtiques (el gegant xinès de les telecomunicacions Huawei va en-

capçalar l'any 2008 el registre mundial de sol·licituds de patents). L'expansió global de les empreses amb origen en els països emergents s'està accelerant. Per exemple, en tan sols tres anys (2007-2010) els BRIC

Figura 3.10. Rànquing mundial de les 50 principals empreses per inversió en R+D



Nota: el nombre entre parèntesis després dels noms de les companyies indica el rànquing de l'anterior *Scoreboard*.
 Font: The 2010 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, Comissió Europea, JRC/DG RTD.

Taula 3.14. Principals empreses innovadores

Rank	Empresa	Seu central
1	Apple	EUA
2	Google	EUA
3	Microsoft Corporation	EUA
4	IBM Corporation	EUA
5	Toyota Motor	Japó
6	Amazon.com	EUA
7	LG Electronics	Corea del Sud
8	BYD Company	Xina
9	General Electric	EUA
10	Sony Corporation	Japó
11	Samsung	Corea del Sud
12	Intel Corporation	EUA
13	Ford Motor	EUA
14	Research in Motion	Canadà
15	Volkswagen	Alemanya
16	Hewlett-Packard	EUA
17	Tata Group	Índia
18	BMW Group	Alemanya
19	The Coca-Cola Company	EUA
20	Nintendo	Japó
21	Wal-Mart Stores	EUA
22	Hyundai Motor	Corea del Sud
23	Nokia Corporation	Finlàndia
24	Virgin Group	Regne Unit
25	Procter & Gamble	EUA

Font: Andrew *et al.* (2010).

han més que doblat la seva presència en el Fortune 500, passant de tenir-hi 31 companyies a 67. Si es té en compte el total d'empreses multinacionals del

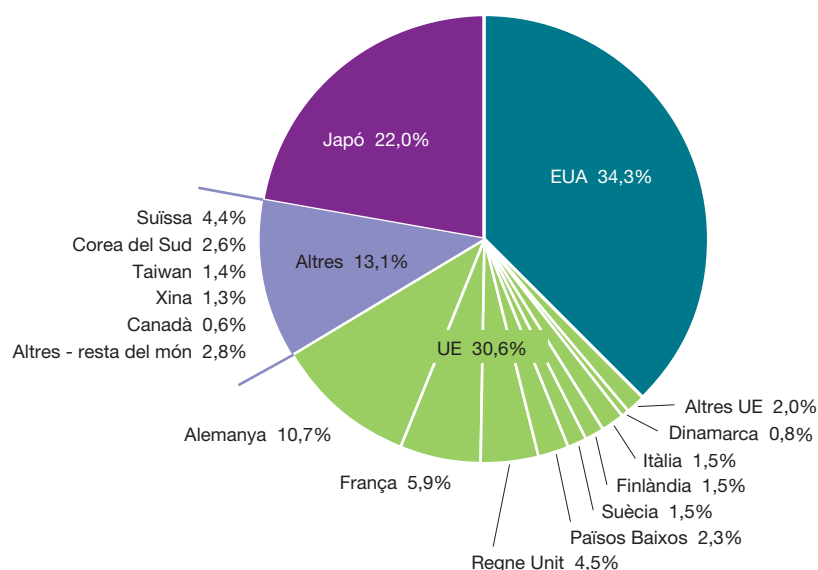
conjunt de països emergents i en desenvolupament, actualment ja suposen el 28% del total mundial, dos punts percentuals per sobre de l'any 2006 i tres vegades la participació existent a principis de la dècada dels noranta (UNCTAD, 2010). Addicionalment, com es posava en relleu en el primer capítol, aquests països no tan sols han passat a ser l'any 2010 per primera vegada els receptors de més de la meitat de les inversions estrangeres mundials, sinó que, a més, ja són l'origen de més d'una quarta part d'aquelles. La Xina i Rússia, per exemple, es troben entre els principals inversors mundials, només per sota dels EUA, França, el Japó i Alemanya (UNCTAD, 2010).

Un altre fet destacable és la creixent participació de les empreses dels països emergents en les operacions transnacionals d'adquisicions i fusions, que s'ha vist accelerada per la crisi, passant d'una participació del 26% el 2007 al 31% el 2009. Entre les principals motivacions que hi ha al darrere d'aquestes operacions es troba l'adquisició de *know-how*, marques o canals de distribució (UNCTAD, 2010).

Quins són els factors que estan contribuint a aquest canvi de tendència en el mapa mundial de la innovació i tecnologia?¹⁶

Els resultats obtinguts per un estudi del Banc Mundial (2008) constataren que l'acceleració de la difusió i el progrés tecnològic en els països emergents

Figura 3.11. Inversió en R+D de les principals 1.400 empreses per països (en % respecte al total)



Font: The 2010 EU Industrial R&D Investment Scoreboard, Comissió Europea, JRC/DG RTD.

Taula 3.15. Empreses inversores en R+D dels països emergents dins el rànquing mundial Top-1.400						
2004				2009		
	Nombre empreses	Inversió R+D (milions euros)	% total	Nombre empreses	Inversió R+D (milions euros)	% total
Xina	3	591,18	0,2%	21	5.371,3	1,3%
Brasil	2	304,34	0,1%	8	1.500,4	0,3%
Índia	1	68,7	0,0%	17	1.366,8	0,3%
Rússia	2	116,1	0,0%	3	768,9	0,2%
Turquia	0			3	272,5	0,1%

Font: Elaboració OME a partir de les dades de *The EU Industrial R&D Investment Scoreboard* (2005, 2010), Comissió Europea, JRC/DG RTD.

s'ha produït, per una banda, gràcies als canvis regulatoris i institucionals en molts d'aquests països, i, per l'altra, a la naturalesa de les noves tecnologies com Internet, la telefonia mòbil o els ordinadors, molt menys subjectes a les restriccions pressupostàries dels governs i més obertes al capital privat que les infraestructures tecnològiques *tradicionals*, com la telefonia fixa o els transports.

No obstant això, si bé s'aprecia una millora general en els nivells d'educació, governança o clima de negocis, cal advertir que persisteixen diferències entre països que expliquen els seus diferents graus d'assoliment tecnològic. Per exemple, els països asiàtics estan assolint una major capacitat tecnològica que els països de l'Amèrica Llatina pels seus majors avanços en l'educació i la qualitat institucional, la major disponibilitat de capital risc i l'efecte *brain recovery* (OME, 2011a). Destaquen els forts progressos en la capacitat d'innovar de la Xina, que s'està convertint en un clar candidat per situar-se en la frontera tecnològica en relativament poc temps. En aquest sentit, el paper del govern xinès ha estat clau, tant en el foment de la transferència tecnològica i la xarxa d'aliances estratègiques internacionals com en la potenciació de les universitats i centres de recerca i la contribució financera directa en innovació tecnològica (especialment en el cas dels grans conglomerats). Per la seva banda, l'Índia mostra una menor col·laboració universitat-empreses i una menor participació privada en R+D que la Xina, la qual cosa, malgrat la qualitat dels seus centres de recerca i la disponibilitat de científics i enginyers, li confereix de moment una menor capacitat d'innovació (OME, 2011a). Tanmateix, l'Índia està canviant la seva estratègia d'innovació, potenciant les xarxes internacionals i la connexió amb el talent indi ubicat fora de les seves fronteres. En clau de futur, la competitivitat tecnològica de l'Índia mostra un enorme potencial de millora.

En el cas dels països llatinoamericans, la seva capacitat d'innovació és encara baixa, amb problemes importants pel que fa al capital humà, la qualitat institucional i el sistema financer local. Contrasta, però, el procés de millora del Brasil en tots aquests aspectes. Els canvis recents en el seu sistema nacional d'innovació cap a una estratègia de major col·laboració públic-privada, amb la provisió de grans xarxes per facilitar la transmissió de coneixement de la recerca bàsica provinent de les institucions públiques i les universitats federals cap a l'aplicació tecnològica per les empreses pot permetre al país avançar en la seva capacitat d'innovació els propers anys (OME, 2011a).

Per la seva banda, els països de l'Europa de l'Est i Rússia, tot i la seva base científica destacable, han estat víctimes de la rêmora dels sistemes d'innovació soviètics, amb una estratègia de R+D *de dalt a baix* que ha comportat una recerca allunyada de l'economia de mercat i una baixa participació del sector empresarial, poc connectat amb les universitats. Això ha comportat, a la vegada, una diàspora de talent, que ha afectat de manera especial Rússia. Tanmateix, la potencialitat del capital humà i la base científica són molt elevades. Països com Polònia han començat a millorar la seva capacitat d'innovació sobretot a partir del seu ingrés a la UE, exercint-hi un important paper les entrades d'inversions directes estrangeres. A Rússia, en canvi, li queda més camí a recórrer, ja que té altres handicaps, com les deficiències en la qualitat institucional.

També s'evidencien diferències intrapaís, com el cas de la Xina o l'Índia, on l'alt nivell tecnològic assolit en algunes ciutats contrasta amb les vastes àrees rurals poc desenvolupades. Per aquesta raó, els indicadors d'innovació d'aquestes economies des d'una perspectiva nacional segueixen distant força de les avançades. Si bé és necessari que es redueixin aquestes desigualtats

intrapais (manca de difusió interna de la tecnologia), això no pot fer perdre de vista l'emergència de nous pols tecnològics en certs territoris de les economies emergents, especialment asiàtiques, que poden adquirir un creixent protagonisme en el futur (veure figura 3.12).

Un altre factor important és el mercat potencial dels països emergents i la conformació d'una nova classe mitjana (vegeu apartat 1.9). La crisi financera, a més, ha accentuat el diferencial de creixement entre els països avançats i les economies emergents, que creixeran a un ritme molt més ràpid en els propers anys. Aquest creixement es traduirà en una major capacitat per finançar la R+D i les innovacions, la qual cosa accentuarà la millora del posicionament tecnològic d'algunes regions emergents, especialment asiàtiques. De fet, la Xina s'ha convertit ja en la tercera economia mundial en volum d'inversió en R+D del món, darrere dels EUA i el Japó, i països com l'Índia o Turquia en tan sols deu anys han més que triplicat el seu volum d'inversió en R+D (OME, 2011a).

També mereix especial consideració la potencialitat del capital humà en les economies emergents, especialment rellevant en el cas dels BRIC. El nombre

d'estudiants inscrits en programes de tercer grau a la Xina supera ja els 25 milions, molt per sobre dels quasi 18 milions dels EUA. L'Índia arriba als 15 milions, Rússia supera els 9 milions i el Brasil els 5 milions, xifres totes elles molt superiors a les del Japó, el següent país en el rànquing mundial per nombre d'inscrits en programes d'educació terciària (OME, 2011a). A més, el ritme de creixement de graduats universitaris en aquests països és cinc vegades superior al dels països avançats. En carreres de ciències, tant la Xina com l'Índia ja superen els EUA en nombre d'estudiants. En una escala diferent a la dels dos gegants asiàtics, altres economies emergents també mostren pesos rellevants. Per exemple, el Brasil, amb més de 400.000 alumnes en carreres de ciències, supera ja el Regne Unit (OME, 2011a).

Una de les conseqüències de la millora educativa és l'ampliació de la base científica i tècnica d'aquests països. El nombre d'investigadors a la Xina, per exemple, s'ha quasi triplicat en poc més de deu anys, i s'acosta ja al milió i mig de persones, situant el país al mateix nivell que els EUA en termes absoluts. El context de fort creixement als països emergents respecte als avançats està provocant unes majors

Figura 3.12. Pols de talent i tecnologia



Font: OME (2008).

taxes de retorn del talent als països d'origen (*brain recovery*), on les perspectives professionals milloren pel desenvolupament d'un sector privat que demana cada cop més personal qualificat i ofereix millors salaris. De fet, alguns governs, com el xinès, estan oferint incentius especials per atraure la diàspora, premiant el talent científic, finançant la recerca bàsica i donant suport a la innovació tecnològica. Un aspecte a considerar com a clau en el salt tecnològic de les economies emergents, i en especial dels dos gegants asiàtics, són dos factors que interactuen: per una part el capital humà que torna és un *input* clau per la seva aportació de coneixement, capacitat *managerial* i xarxa al país d'adopció; per l'altra, els estudiants que es queden al país d'adopció creen xarxa amb el país d'origen, facilitant la transmissió de coneixement, idees i finançament. Un exemple en aquest sentit és la interconnexió de les empreses de Silicon Valley creades per indis o xinesos amb els seus països d'origen, a través de centres de R+D o partenariats, intercanvi d'idees, capital i *know-how* (Rediff Business, 2009).

3.5. Els camps tecnològics en els principals països emergents¹⁷

L'observació conjunta dels diferents resultats o *outputs* tecnològics permet veure en certa forma els camps tecnològics on els principals països emergents estan abocant més esforços. Tot i la dificultat de mesurar els *outputs* tecnològics, hi ha una sèrie d'indicadors que poden ser utilitzats com a *proxies*, entre els quals destaquen els relacionats amb les patents, que reflecteixen les invencions i innovacions registrades principalment amb fins comercials, i que es troben fortament correlacionades amb la inversió en R+D privada; les publicacions científiques, que mesuren la innovació científica, fonamentalment fruit de l'activitat de la comunitat acadèmica, predominantment finançada per fons de R+D públics; i les quotes mundials d'exportacions *high-tech*, que mesuren la competitivitat tecnològica i l'habilitat de comercialitzar els resultats de la R+D i la innovació en els mercats internacionals.

A continuació s'exposa una síntesi de resultats (extreta de l'estudi OME, 2011a) sobre els principals camps d'especialització tecnològica dels BRIC.

Xina

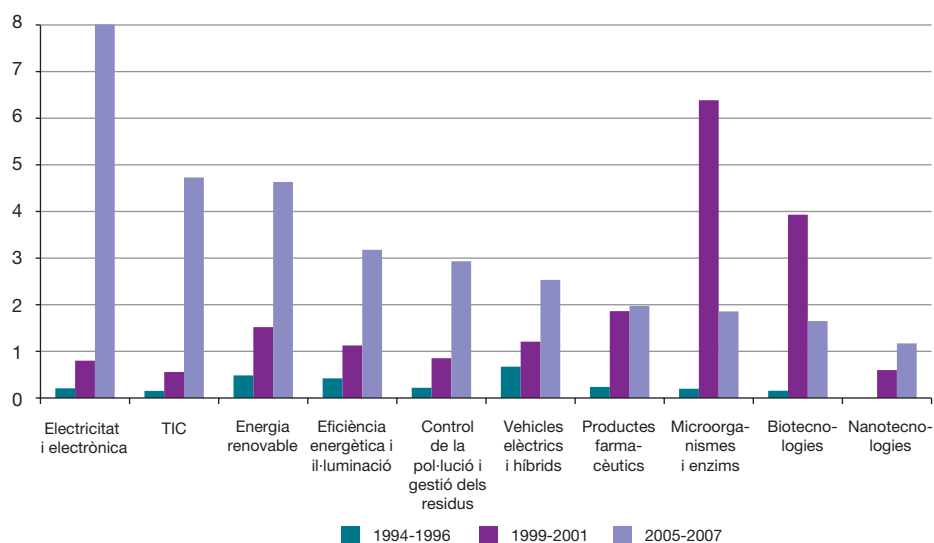
La Xina ha passat a ser el tercer país del món en registre de patents efectuat per residents, darrere dels EUA i el Japó, desplaçant Corea del Sud d'aquesta posició. (Tanmateix, cal fer notar els forts incentius existents en l'oficina xinesa de patents per acceptar patents, la qual cosa fa que en moltes ocasions es registrin invencions o innovacions irrelevants.) En patents registrades internacionalment (PCT) la Xina també s'ha situat ja entre els principals països del món, darrere dels Estats Units, el Japó i Alemanya.

El creixement de les patents a la Xina es basa en el fort pes dels sectors TIC i elèctric/electrònic (vegeu figura 3.13). També ressalta el fort avanç en tecnologies *verdes*, com les relacionades amb les energies renovables i la gestió i control dels residus sòlids i líquids. En canvi, en els camps relacionats amb les nanotecnologies i les biotecnologies, de moment els nivells no són significatius.

La Xina ocupa ja la segona posició mundial, darrere dels EUA, quant a publicacions citables mundials. El país mostra una clara especialització en publicacions relacionades amb l'enginyeria, on ocupa ja la primera posició del rànquing mundial, amb una quota de quasi el 27% del total de documents citables mundials, quasi doblant la proporció dels EUA. El progrés en les publicacions científiques ha estat generalitzat, guanyant quota en tots els camps. De fet, la Xina ja és líder mundial en quatre camps científics: la mencionada enginyeria, energia, enginyeria química i ciències dels materials. Convé matisar, però, que en energia el pes de les publicacions relacionades amb les energies renovables és encara baix, essent en les tecnologies d'electricitat i combustibles on es concentra el gros de la investigació local. En enginyeria química, encara està endarrerida en subcamps com la bioenginyeria química. En ciències de materials, el país mostra més capacitat en les tecnologies més tradicionals, com polímers i plàstics o metalls i aliatges, i menys en materials electrònics, òptics i magnètics i els biomaterials. També s'ha situat al capdavant, junt amb els EUA, en ciències informàtiques, amb un 15% de les publicacions mundials.

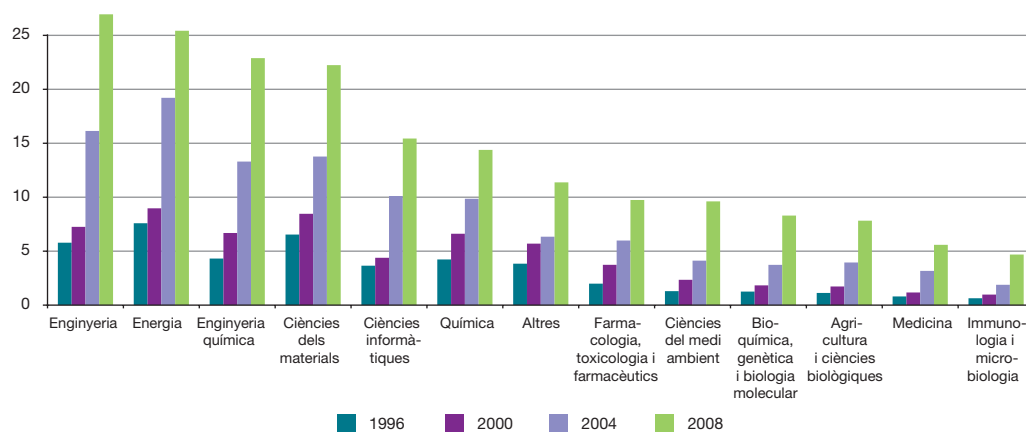
La Xina ha passat a liderar les exportacions mundials de tecnologia avançada, amb el 18% del total mundial exportat. No obstant això, s'ha de tenir en compte el pes de les activitats d'assemblatge en aquestes

Figura 3.13. Xina, pes de les patents PCT sobre el total mundial per camp tecnològic (%)



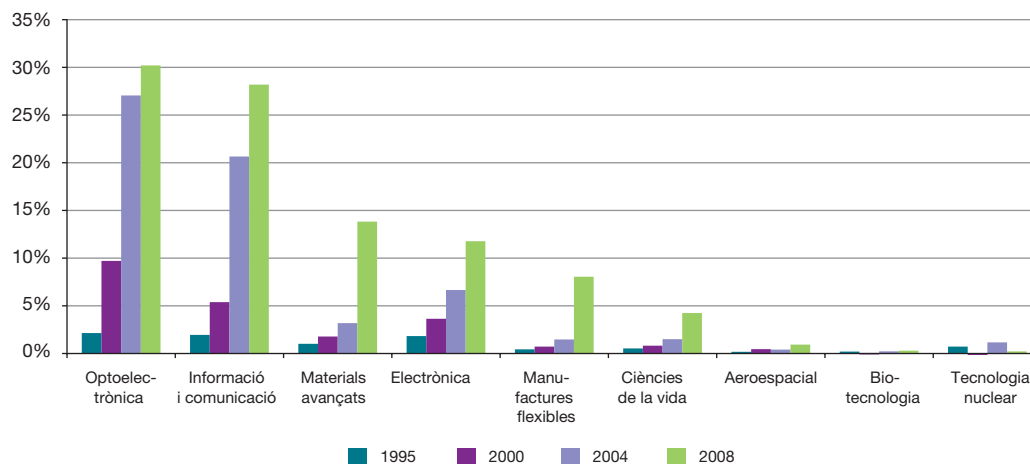
Font: OCDE *patent databases*; càlculs OME.

Figura 3.14. Xina, quota mundial de publicacions per camp tecnològic (%)



Font: SCImago (2010).

Figura 3.15. Quota mundial de les exportacions de Xina per camps de tecnologia avançada (% sobre el total mundial exportat)



Font: OME a partir de la base de dades de Nacions Unides-Comtrade i segons classificació *advanced technology* de la U.S. Census Bureau.

xifres. Es concentren principalment en les TIC i els productes electrònics i optoelectrònics. Tot i aquesta clara especialització exportadora, el país mostra també increments importants de quota en materials avançats. El repte del país depèn d'incrementar la quota exportadora en sectors com les biotecnologies i l'aeroespacial, on no es troba posicionat entre els principals actors mundials.

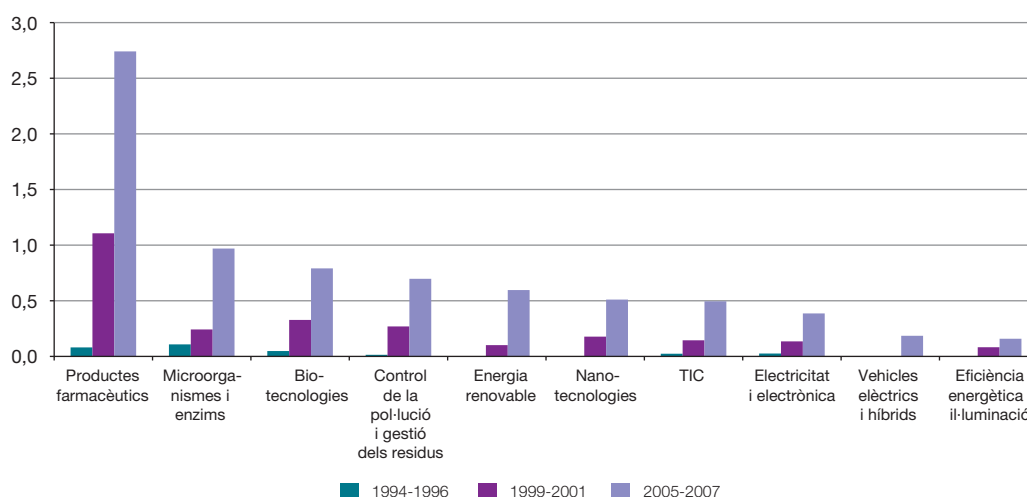
Tanmateix, el govern xinès ha adoptat recentment mesures i programes d'incentius per tal de desenvolupar la innovació local en sectors com les nanotecnologies, les biotecnologies i l'aeroespacial, on la Xina presenta encara una elevada dependència tecnològica externa (Segan, 2010). També el govern té l'objectiu de convertir el país en un dels més avançats en el sector de la ciència i tecnologia agrícola per tal d'assegurar la seguretat alimentària.

Índia

L'Índia és un altre dels països emergents on s'ha produït un augment important en el registre de patents efectuat per residents, situant-se entre les deu principals economies (novena posició), al darrere de França. També s'observa un augment destacable del nombre de patents registrades internacionalment, tot i que els nivells es troben força allunyats dels països avançats o de la mateixa Xina.

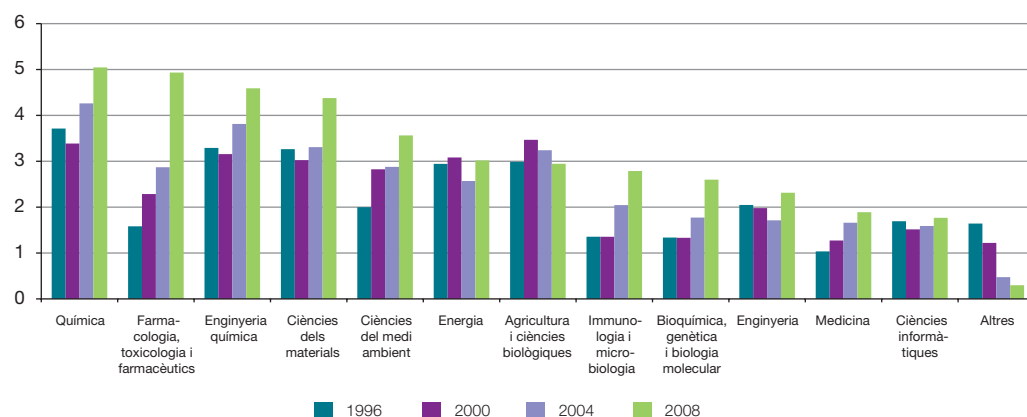
L'evolució de les patents per camp tecnològic a l'Índia divergeix de la Xina o d'altres veïns asiàtics com Corea. És en el sector farmacèutic i les biotecnologies on l'Índia ha assolit quotes significatives respecte al total mundial de patents. Per contra, tot i els progressos, l'activitat de patents PCT de l'Índia en les tecnologies *verdes* i TIC és encara baixa.

Figura 3.16. Índia, pes de les patents PCT sobre el total mundial per camp tecnològic (%)



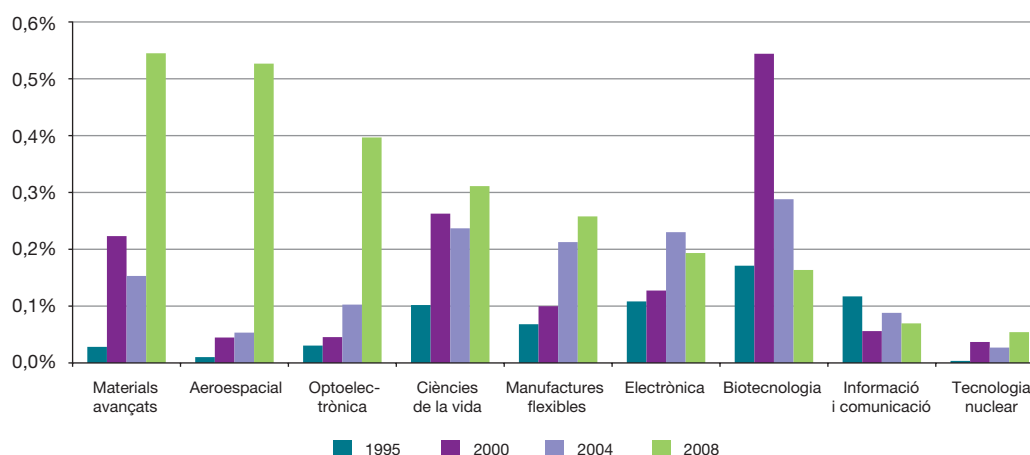
Font: OCDE *patent databases*; càlculs OME.

Figura 3.17. Índia, quota mundial de publicacions per camp tecnològic (%)



Font: SCImago (2010).

Figura 3.18. Quota mundial de les exportacions de l'Índia per camps de tecnologia avançada (% sobre el total mundial exportat)



Font: OME a partir de la base de dades de Nacions Unides-Comtrade i segons classificació *advanced technology* de la U.S. Census Bureau.

Respecte a les publicacions citables, l'Índia mostra un guany en les quotes mundials de pràcticament tots els camps tecnològics, però on n'assoleix de significatives és precisament en les publicacions relacionades amb els productes farmacèutics i la química. Convé notar que l'empenta dels últims anys en un altre dels camps forts al país, la bioquímica, genètica i biologia molecular, s'ha traduït en un salt molt important en la quota de publicacions internacionals. A més, en agronomia i ciències dels cultius és ja quarta potència mundial. Addicionalment, val la pena fer ressaltar el pes de l'Índia en publicacions relacionades amb l'enginyeria química, les ciències dels materials i les energies renovables.

Per contra, l'estructura exportadora de l'Índia no està centrada en els béns de tecnologia avançada i té encara un pes relativament baix en les exportacions mundials (un 0,20%). Tanmateix, l'evolució està sent positiva, sobretot en camps com l'aeroespacial, els materials avançats, les ciències de la vida o l'optoelectrònica.

Rússia

Rússia es troba entre els principals països en el rànquing mundial de registre de patents efectuat per residents (6a posició), per sobre del Regne Unit. En canvi, en relació amb el nombre de patents registrades internacionalment presenta una evolució molt moderada. Aquesta baixa ràtio d'internacionalització de patents estaria en consonància amb l'elevat pes del sector públic en la R+D i el proble-

ma de la manca de connexió amb el mercat (vegeu apartat anterior).

Les deficiències en la recerca del país, tant quant a infraestructura com per la diàspora dels científics (*brain drain*) es manifesten clarament en la pèrdua de quota mundial, tant en patents internacionals com en publicacions. El país ha sofert significatives caigudes de quota en patents relacionades amb la pol·lució i gestió de residus i les nanotecnologies, mostrant la dificultat de Rússia per explotar el seu potencial científic. Com a contrapunt positiu, però, s'han produït augments relatius en el camp farmacèutic i biotecnològic. Cal dir que els sectors de noves tecnologies representen només un 60% del total de patents del país, lluny de la mitjana mundial del 75%. Aquest fet es deu al pes que tenen altres sectors de tecnologia més tradicional, com el químic o l'enginyeria mecànica.

A més, a diferència de la resta de països emergents, els camps que lideren la llista de publicacions són els relacionats amb la física, l'astronomia i les matemàtiques (inclosos en el grup «Altres» en la figura 20). Tot i que en aquests camps Rússia també ha perdut quota, segueix sent un referent mundial. En canvi, on la caiguda de quotes s'ha fet més palesa és en les publicacions relacionades amb la química, les ciències dels materials, l'enginyeria i l'energia. No obstant això, hi ha alguns segments dins aquests camps on Rússia continua sent referència mundial, com són l'enginyeria espacial i la tecnologia dels combustibles.

Figura 3.19. Rússia, pes de les patents PCT sobre el total mundial per camp tecnològic, (%)

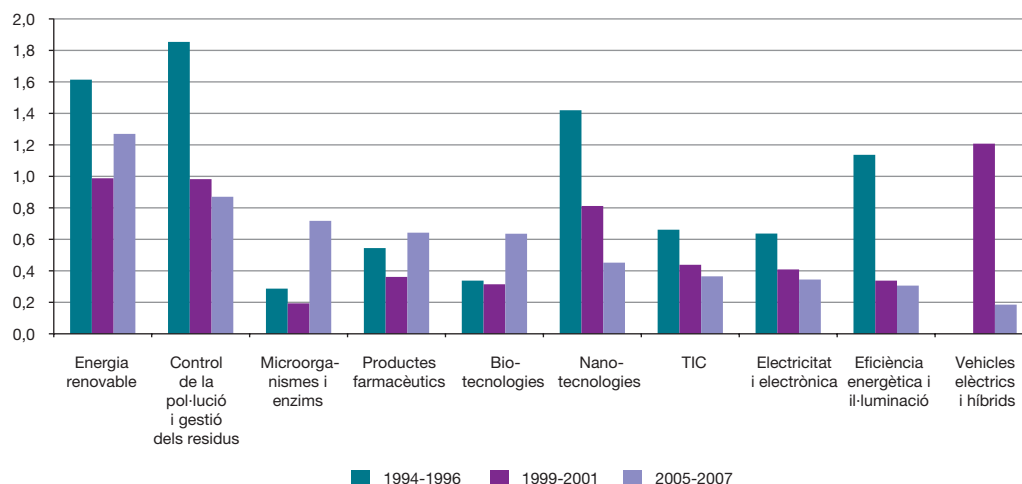
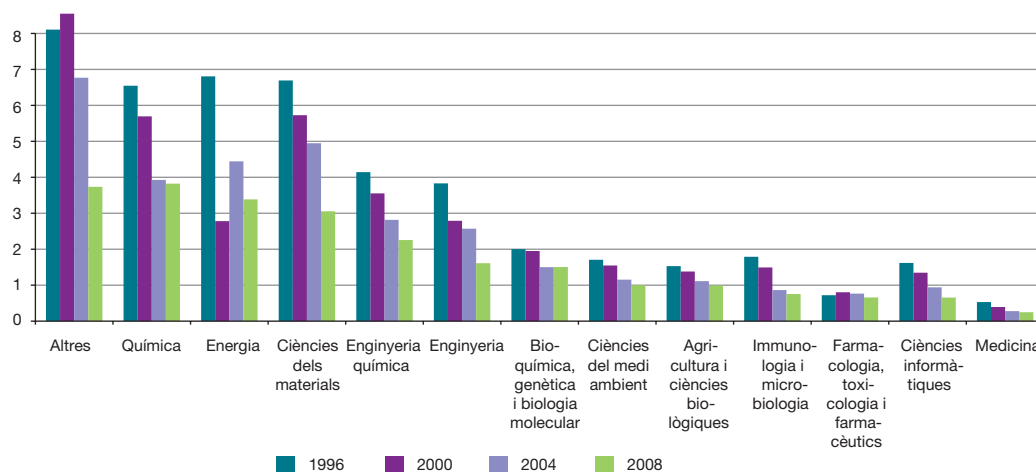
Font: OCDE *patent databases*; càlculs OME.

Figura 3.20. Rússia: quota mundial de publicacions per camp tecnològic (%)



Font: SCImago (2010).

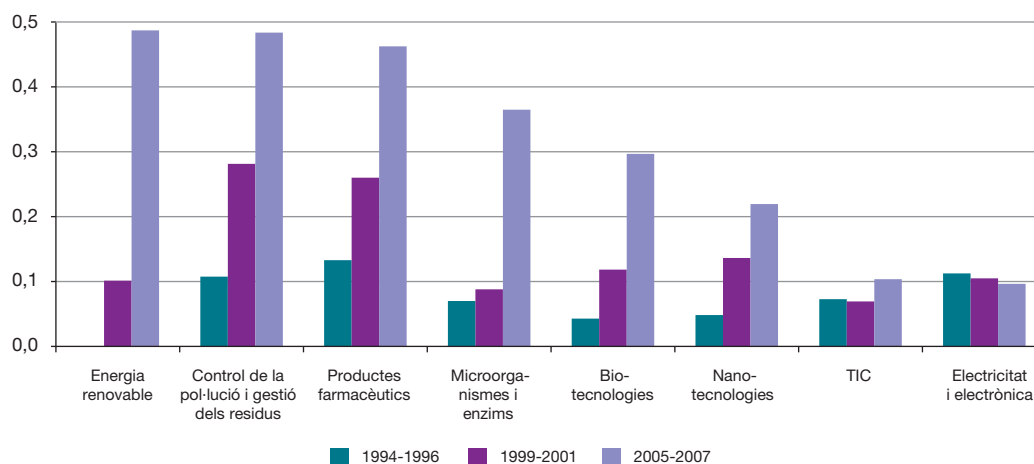
Com a resultat de les deficiències mencionades, a Rússia no s'ha produït una millora destacada de l'estructura exportadora cap a una major sofisticació tecnològica. De fet, les exportacions de tecnologia avançada només representen el 0,9% de les seves exportacions totals (un 2,7% si no tenim en compte les exportacions de petroli i gas). Tot i això, gaudeix de certa especialització a nivell mundial en l'exportació de tecnologia nuclear i aeroespacial, i està guanyant certa quota de mercat en les exportacions de materials avançats i instruments i aparells de control.

Brasil

El Brasil s'ha situat en l'onzena plaça del rànquing mundial per registre de patents efectuats per residents, just darrere del Canadà. Destaca, a més, l'augment substancial en els darrers anys del nombre de patents registrades internacionalment, tot i que els nivells assolits encara es troben força allunyats dels països avançats.

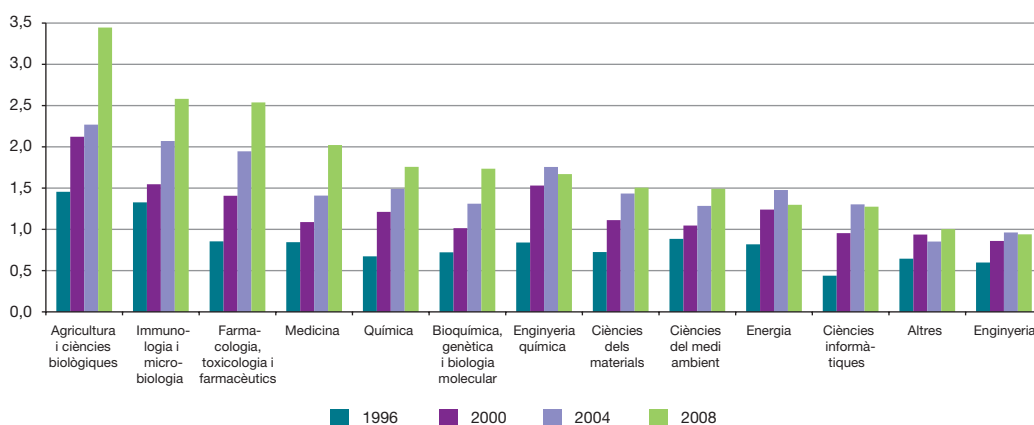
El Brasil ha augmentat la seva quota mundial de patents PCT en una bona part dels camps, destacant les energies renovables, la gestió de residus i les biotecnologies. L'excepció es troba en les TIC i l'electrònica, on els forts creixements en els països asiàtics han limitat la importància relativa del Brasil

Figura 3.21. Brasil, pes de les patents PCT sobre el total mundial per camp tecnològic (%)



Font: OCDE *patent databases*; càlculs OME.

Figura 3.22. Brasil: quota mundial de publicacions per camp tecnològic (%)



Font: SCImago (2010).

en el context mundial. Tanmateix, aquests augments es basen en uns nivells de partida molt baixos, que situen el país encara a una gran distància respecte als països líders.

El creixement en les publicacions també ha estat generalitzat (gairebé triplicuen la mitjana de creixement de les publicacions mundials), amb clara supremacia de les ciències de la vida, destacant els camps de l'agricultura i les ciències biològiques, la immunologia i microbiologia i la farmacologia. Seguint l'exemple de l'Índia i la Xina, el país se situa al grup capdavanter del món en publicacions relacionades amb l'agronomia i la ciència dels cultius, atesa l'alta dependència del sector primari. A més, el Brasil és el segon país del món en ciències dels animals i zoologia, el tercer en parasitologia i el quart en veterinària. Addicionalment, també està avançant en les biotecnologies.

L'altra cara de la moneda és el relativament baix desenvolupament dels camps relacionats amb les ciències físiques.

En exportacions de productes de tecnologia avançada, el Brasil ha més que doblat la seva quota mundial en poc més de deu anys, assolint el 0,4%, on destaca sobretot el camp aeroespacial. En aquest sentit, el Brasil és el quart exportador mundial d'avions i altres aeronaus de pes superior a 15.000 kg. En la resta de camps tecnològics el Brasil no disposa de molta presència, exceptuant productes TIC de telefonia i vacunes d'ús veterinari.

En síntesi, la Xina presenta una orientació clara d'especialització en enginyeria, TIC i electrònica, energia i medi ambient, tot i que cal tenir en compte l'objectiu del govern per als pròxims anys de desenvolupar

Taula 3.16. Síntesi de resultats tecnològics dels BRIC									
	CAMPS TECNOLÒGICS								
	TIC i electrònica			Ciències de la vida			Medi ambient, energia i energies renovables		
	Exports. alta tecnologia	Patents	Publicacions	Exports. alta tecnologia	Patents	Publicacions	Exports. alta tecnologia	Patents	Publicacions
XINA	Ordinadors personals	Equips de comunicació digital	Enginyeria elèctrica i electrònica	Compostos orgànics	Productes farmacèutics		Semiconductors fotosensibles o fotovoltaics	Tractament de residus	Energia
	Màquines de processament de dades i parts	Telecomunicacions	Software	Estrògens i progestògens				Energies renovables	Tecnologies d'electricitat
	Telèfons mòbils, altres aparells sense fils i parts	Electrònica	Sistemes d'informació						Tecnologia combustible
	Aparells transmissió veu, imatge		Xarxes informàtiques						Enginyeria del medi ambient
	Càmeres de TV, fotografia, videocàmeres								
	Aparells de vídeo								
	Circuits electrònics integrats								
	Processadors i controladors								
	Circuits impressos								
	Memòries								
	Aparells òptics i de cristall líquid								
	Processadors i controladors								
ÍNDIA				Instruments i aparells de medicina	Bioteconologia	Productes farmacèutics	Semiconductors fotosensibles o fotovoltaics		Enginyeria i química del medi ambient
				Aparells de raigs X	Productes farmacèutics	Bioquímica, genètica i biologia molecular			Recollida i tractament de residus
				Tubs de raigs X	Microorganismes i enzims	Medicina			Energies renovables
						Agronomia i ciències dels cultius			
BRASIL	Telèfons mòbils, altres aparells sense fils i parts			Vacunes per a ús veterinari	Genòmica	Agricultura i ciències biològiques		Biocombustibles	
					Productes farmacèutics	Immunologia i microbiologia		Tractament de residus	
					Microorganismes i enzims	Farmacologia			
						Agronomia i ciències dels cultius			
						Ciències dels animals i zoologia			
						Veterinària			
						Parasitologia			
RÚSSIA	Suports òptics			Elements i isòtops compostos, radioactius	Instruments d'anàlisi de materials biològics	Bioquímica	Elements combustibles sense irradiar		Tecnologies d'electricitat
					Productes farmacèutics				Tecnologia combustible
					Química d'aliments				
					Microorganismes i enzims				



Taula 3.16. Síntesi de resultats tecnològics dels BRIC (continuació)

CAMPS TECNOLÒGICS							
Nanotecnologia i materials avançats			Robòtica i aparells de control		Aeroespacial		
	Exports. alta tecnologia	Patents	Publicacions	Exports. alta tecnologia	Publicacions	Exports. alta tecnologia	Publicacions
XINA	Compostos químics per a ús electrònic			Aparells elèctrics amb funció pròpia	Enginyeria mecànica		
	Cables de fibres òptiques				Enginyeria de control i de sistemes		
ÍNDIA	Cables de fibres òptiques		Química dels materials	Parts d'aparells mecànics amb funció pròpia		Parts d'avions i helicòpters	
				Aparells de mesura i control			
				Aparells per a regulació o control automàtic			
BRASIL						Avions i aeronaus superiors a 15.000 kg	
						Avions i aeronaus entre 2.000 i 15.000 kg	
RÚSSIA	Compostos químics per a ús electrònic			Aparells de mesura i control		Aparells de navegació aèria o espacial	Enginyeria espacial
				Aparells elèctrics amb funció pròpia			

Font: OME (2011a).

també altres camps com les nanotecnologies i les biotecnologies. Per contra, l'Índia s'està especialitzant en medicina, biofarma i energies renovables. Rússia manté certa especialització en el camp aeroespacial i energia (tecnologia nuclear i dels combustibles),

i sembla orientar-se cap a la biofarma. El Brasil, per la seva banda, s'està especialitzant en energia (renovables i biocombustibles), biofarma, agricultura i aeronàutica.

Notes

1. Conclusions extretes de l'estudi OME (2011a), *El procés de convergència tecnològica en els principals països emergents*. Disponible a: www.anella.cat.
2. L'Índex eEspanya sintetitza el procés de convergència del grau de desenvolupament de la societat de la informació d'Espanya amb el de les societats de la informació de la resta dels països de la UE. Aquest índex es divideix en Entorn TIC (penetració de les telecomunicacions, inversió TIC i innovació TIC), Accés TIC (accés d'empreses i individus als ordinadors, a Internet o a connexions de banda ampla) i Ús TIC (nivell d'ús que les empreses i els individus fan dels diferents serveis de la societat de la informació).
3. En aquesta mateixa línia, cal citar també les aportacions de l'economista Carlota Pérez, que, a diferència d'altres investigadors, mesura la duració de les revolucions tecnològiques, i no el cicle llarg de Kondratieff. Carlota Pérez examina el cicle a partir del seu origen —un primer desenvolupament, un punt d'inflexió—, i una segona etapa de la revolució tecnològica que madura i s'esgota.
4. Allianz Global Investors (2010). «The sixth Kondratieff – long waves of prosperity». Disponible a: http://www.allianzglobalinvestors.de/mp3/docs/AnalysenTrends_Kondratieff_eng.pdf.
5. Una altra proposta és l'edat de les tecnologies netes i la biotecnologia, que estan incloses dins el concepte més ampli de NBIC.
6. Ciències òmiques: genòmica, transcriptòmica, proteòmica, interactòmica, metabolòmica i separació cel·lular.
7. Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (2006). *Avaluació tecnològica de les tecnologies convergents. Les NBIC: sinergies entre Nanotecnologia, Biotecnologia, tecnologies d'informació i comunicació (TIC) i ciències del Co-neixement*. Disponible a: http://www.fcri.es/images/home/Informe%20STOA_catala.pdf.
8. Siemens (2010). «Learning to read the brain. Picture of the Future». Tardor 2010. *The magazine for Research and Innovation*. Disponible a: http://www.siemens.com/innovation/en/publications/pof_fall_2010/demographic_change/brain.htm.
9. Informació addicional disponible a: <http://pinktentacle.com/2006/12/roomrender-renders-rooms-intelligent/>.
10. Informació disponible a: www.sixthwave.org.
11. EcoCity Farm. Informació addicional disponible a: <http://www.abc.net.au/tv/newinventors/txt/s1776276.htm>.
12. Per exemple, Million Brains: <http://www.millionbrains.com> i innoCentive: <http://www.innoCentive.com>.
13. Emprenedors que insisteixen a fundar noves empreses una darrere l'altra.
14. L'Observatori de prospectiva internacional de Mercats Exteriors (OME) inicià l'any 2007 l'elaboració de l'*Indicador d'Atractivitat dels Mercats Exteriors*, amb l'objectiu principal d'oferir a l'empresa catalana una visió sintètica de 55 països pel que fa a la seva capacitat potencial d'oportunitats de negoci en termes d'exportacions i inversions. Per a la construcció de l'indicador s'identifiquen 64 variables agrupades en set dimensions: entorn macroeconòmic, costos i preus, entorn de negocis, condicions de vida i laborals, mercat potencial, capital humà i capacitat tecnològica. Aquestes dues últimes dimensions conjuntament constitueixen un subindicador compost que permet mesurar la capacitat tecnològica i d'innovació, de manera similar als instruments de mesura utilitzats per altres organismes internacionals. Per conèixer en detall la metodologia i construcció de l'indicador vegeu OME (2010b).
15. Hong Kong compta amb vuit empreses dins el rànquing mundial de les Top-1.400, entre les quals destaquen Dongfeng Motors, Lenovo i Shanghai Electric.
16. Conclusions extretes de l'estudi OME (2011a), *El procés de convergència tecnològica en els principals països emergents*. Disponible a: www.anella.cat.
17. Conclusions extretes de l'estudi OME (2011a), *El procés de convergència tecnològica en els principals països emergents*. Disponible a: www.anella.cat.