

PERSPECTIVES SOBRE POLÍTICA CIENTÍFICA¹

per

FRANCIS M. KINNELLY

*Agregat Científic i Tecnològic de
l'Ambaixada dels Estats Units d'Amèrica del Nord*

Resum

Mr. Francis M. Kinnelly ha discutit diversos aspectes de les missions que tenen els governs de donar suport a la ciència i a la tecnologia, i ha posat èmfasi en particular en l'experiència dels Estats Units des de la Segona Guerra Mundial. Ha indicat que cal fer una distinció entre dos amplis objectius: La promoció del desenvolupament científic i tecnològic mateix, i la promoció de les aplicacions de la ciència i de la tecnologia als objectius econòmics i socials més amplis de les societats. Ha fet notar que la ciència rep un suport intens sota l'administració Reagan. La Ciència és l'única àrea de l'activitat governamental, a part de la Defensa, que ha tingut increments reals en el pressupost d'Estats Units.

Segons Mr. Kinnelly, hi ha diversos punts importants de la política científica que exigeixen compromisos entre diferents objectius de la política pública. Aquests inclouen la qüestió dels drets de patents —sempre que es fa un descobriment dins un programa de recerca amb suport econòmic del govern, qui ha d'adquirir aquests drets, l'inventor o el govern?—. També ha analitzat aspectes relatius a la distribució de les assignacions, preguntant-se si es millor concentrar el suport per a unes quantes institucions científiques millors, o emprar els fons per tal d'ajudar les institucions més noves o més petites que calgui desenvolupar. Ha posat èmfasi en la necessitat de crear nexos entre els instituts de recerca i la indústria.

Els camps de recerca actuals més interessants, ha indicat, són els de la biotecnologia i de la microelectrònica. En la microelectrònica, una àrea especialment interessant és la del desenvolupament de la robòtica de la generació vinent, la qual donarà lloc a grans canvis de l'activitat industrial. Les aplicacions de la recerca en aquests camps ajudaran a aconseguir una millora social en el sentit d'un millor progrés en la salut i econòmic.

1. Conferència donada a l'I.E.C. el 18 d'abril de 1983 en ocasió de la presentació del llibre "Estudis i propostes tècniques per al desenvolupament de la política tecnològica i energètica de la Generalitat de Catalunya".

PERSPECTIVES SOBRE POLÍTICA CIENTÍFICA

per

FRANCIS M. KINNELLY

Em presento davant de vostès amb un gran sentiment de modèstia. Els objectius de la política científica, el paper adequat que haurien d'interpretar el govern i la política pública, la manera de promoure millor el desenvolupament científic i tecnològic, totes aquestes qüestions han estat objecte de molts estudis i debats en el món occidental. Em limitaré a citar breument aquestes qüestions, compartint amb vostès algunes de les experiències del meu propi govern i assenyalant, d'una manera molt fragmentària, algunes de les qüestions que han estat debatudes per les democràcies occidentals i algunes de les conclusions a les quals han arribat.

En la generació que segueix la segona guerra mundial, ha estat amplemment reconegut que el suport a la ciència i a la tecnologia constitueixen un aspecte molt adequat de política pública. La importància de les aportacions de la ciència al benestar de les nostres societats ha estat reconeguda indubtablement avui, i aquest reconeixement ha arribat a la conclusió que els governs haurien de tenir un paper en la promoció del desenvolupament tècnic i científic, així com —i això queda ben clar— en l'aplicació de la ciència i de la tecnologia als objectius més amplis d'un desenvolupament econòmic i social. Als Estats Units, la ciència es troba molt ben estintolada i recolzada. En el període actual de pressupostos reduïts, el capítol de defensa i el de la ciència són els únics que reben fons addicionals en termes reals. El pressupost proposat per a l'any fiscal del 1984 per a la National Science Foundation és el 18 per cent més elevat que el del 1983.

PERSPECTIVES ON SCIENCE POLICY

by

FRANCIS M. KINNELLY

I come before you with a great feeling of modesty. The objectives of science policy, the appropriate role which government and public policy should play. The manner in which scientific and technological development can best be promoted—all these questions have been the object of considerable study and debate in the Western World. I can do no more than touch on the issues, sharing with you some of the experiences of my own Government and pointing out, in a most fragmentary manner, a few of the issues other Western democracies have wrestled with, and the conclusions they have reached.

In the generation since the end of World War II, the support of science and technology has been broadly recognized as an appropriate aspect of public policy. The importance of the contributions made by science to the well-being of our societies is certainly recognized today, and this recognition has led to the conclusion that governments should take a hand in promoting scientific and technological development, as well as—and this is quite distinct—the application of science and technology to the wider objectives of economic and social development. In the U.S., science is being supported very well. In the present period of tight budgets, only defense and science are receiving additional funds in real terms. The budget proposed for the fiscal year 1984 for the National Science Foundation is 18 percent higher than in 1983.

While it is now generally accepted that government has a responsibi-

Si d'una banda hom accepta, en termes generals, que el govern té la responsabilitat de promoure un cos científic viable i prestar-li suport, les qüestions de *com* haurien de procedir els governs a l'hora de donar suport a la ciència, i *qui* hauria de determinar quina ha d'ésser la política científica del govern, deixen àrees obertes a debat.

En alguns països, inclosa França, hom ha constituït ministeris per tal de donar suport al desenvolupament de la ciència i determinar les direccions o orientacions referents a les prioritats que haurien d'ésser la base de les decisions sobre la recerca. Als Estats Units (i també al Reialme Unit) hom ha donat una importància considerable a la coordinació, incloent-hi la promoció de relacions entre científics i usuaris de la ciència. La responsabilitat quant a la coordinació dels programes de tecnologia i de ciència del govern és repartida entre dues oficines de la Casa Blanca: l'Oficina de Gestió i Pressupostos, i l'Oficina de l'Assessor al President sobre Ciència i Tecnologia. L'assessor científic estableix sovint uns comitès *ad hoc* de científics independents per tal que proporcionin una perspectiva informada independent sobre qüestions importants de política científica. La recerca i el desenvolupament estan descentralitzats en agències especialitzades, com el Departament d'Agricultura o el Departament d'Energia. Aquestes agències i organismes, ajuden tant la recerca aplicada com la recerca bàsica referides a llurs responsabilitats primàries. Llur interès més gran, però, radica en la recerca aplicada. La National Science Foundation té com a responsabilitat principal el suport a la ciència bàsica, tot i que també ajuda la recerca d'enginyeria i altres camps aplicats. L'Acadèmia Nacional de Ciències, amb una història que ja es remunta a mitjan segle XIX, i composta per científics americans molt importants, és un ens completament independent creat per tal de proporcionar una perspectiva científica imparcial que assessori tant l'Administració com el Congrés. L'Oficina sobre valoració de la Tecnologia fou fundada per tal de proporcionar al Congrés una sèrie de valoracions referents a les principals opcions tecnològiques amb què s'enfronta la nostra societat.

La National Science Foundation, que té un paper important en la promoció de la ciència, tingué un començament molt tempestuós en els anys que van seguir la segona guerra mundial. Fou establerta tot just després de quatre anys de debat intens que afectà la comunitat científica, el Congrés, i tota una sèrie de capdavanters del govern. Les principals qüestions que calia resoldre romanen encara avui:

lity for promoting and supporting a viable scientific establishment, the question of *how* governments should proceed in supporting science, and *who* should determine what the government's science policy should be, open up wide areas of debate.

In some countries including France, ministries have been formed to support science development and to give direction or guidance concerning the priorities that should determine research decision. In the U.S., and in the United Kingdom as well, considerable emphasis has been given to coordination, including the promotion of intercourse between scientists and the users of science. Responsibility for coordination of the government's science and technology programs is shared between two White House offices: the Office of Management and Budget, and the Office of the President's Advisor on Science and Technology. The Science Advisor frequently establishes *ad hoc* committees of independent scientists to provide an informed, independent perspective on important science policy issues. Research and development is decentralized in mission agencies such as the Department of Agriculture or the Department of Energy. These agencies support both applied and basic research related to their primary responsibilities. However, their emphasis is on applied research. The National Science Foundation has the primary responsibility for supporting basic science, though it also supports research in the engineering and other applied fields. The National Academy of Sciences, with a history going back to the mid-19th century, and composed of leading American scientists, is a completely independent body designed to provide a broad unbiased scientific perspective in advising both the Administration and Congress. The office of Technology Assessment has been founded to provide Congress with assessments concerning major technological choices confronting our society.

The National Science Foundation, which plays a central role in the promotion of science, had a stormy beginning in the years just after World War II. It was set up only after four years of heated debate involving the science community, the Congress, and a number of governmental leaders. The main issues that had to be settled remain with us today:

1. *The question of patent rights:* when research supported with public funds leads to a discovery that has a monetary value, who possesses the patent rights, the scientist who has made the discovery or the

1. *La qüestió dels drets de patent:* Quan la recerca feta amb l'ajut de fons públics mena a un descobriment que té un valor monetari, qui posseeix els drets de patent, el científic que ha fet el descobriment o el govern? Ja el 1950 hom decidí que el govern, en representació de la societat en general, seria qui controlaria aquestes patents. Es perd, però, un incentiu poderós per a l'esforç que cal esmerçar en la producció de nous descobriments si l'inventor no rep els drets que es deriven dels resultats de la seva pròpia recerca. Les empreses de tecnologia no invertiran en recerca en un camp molt concret si no tenen la seguretat de gaudir dels drets exclusius de qualsevol descobriment que facin.

Aquesta qüestió és avui dia encara candent. El desenvolupament d'una vacuna contra la malària ha romàs, fins a un cert punt, ralentit pels conflictes d'interès entre l'Organització Mundial de la Salut que finança o ha finançat la recerca bàsica sobre la vacuna, i una empresa privada d'enginyeria genètica de Califòrnia que està degudament equipada per a muntar un procés de producció a gran escala per a la vacuna, que, però, vol disposar d'una llicència exclusiva per a comercialitzar la vacuna que produeixi.

2. *Distribució dels fons:* Haurien de concentrar-se els fons en les millors Universitats i Instituts de recerca científica, o bé haurien de difondre's més per a poder arribar als Instituts més petits o de més recent creació, per a desenvolupar-los i a partir d'aquí promoure una infraestructura més potent d'institucions científiques, però en canvi d'assolir potser menys avenços en el terreny de la recerca?

Després de la guerra, les Universitats estatals del Mig-oest i de l'Oest van fer una sèrie de campanyes, amb èxit, per a aconseguir una participació més gran dels fons federals dedicats a la recerca, i que abans havien estat assignats a un petit nombre d'Universitats de primer ordre a les costes de l'Est i de l'Oest del país. En part com a conseqüència d'aquest suport federal, moltes d'aquestes universitats estatals estan ara treballant a l'avantguarda de la ciència nord-americana.

Se'ns planteja el mateix problema en el desenvolupament del programa científic bilateral amb Espanya. Volem treballar amb els millors científics espanyols, però també volem poder respondre a les necessitats especials de les noves universitats i centres de recerca, especialment amb els que es troben fora de Madrid, en un establiment de contactes amb els científics nord-americans.

government? Back in 1950, we decided that the government, representing society in general, should control these patents. However, a powerful incentive for the effort required in producing new discoveries is lost if the inventor himself is not given a right to the proceeds from his research. Technology companies will not invest in research in a particular field unless they have assurance that they will have exclusive rights to any discoveries they make.

This issue remains very much alive. The development of a vaccine against malaria is being slowed by conflicts of interest between the World Health Organization, which has financed basic research on the vaccine, and a private genetic engineering company in California which is equipped to set up a largescale bacteria—based production process for the vaccine, but which wants an exclusive license to market the vaccine it produces.

2. *Distribution of funds*: should funds be concentrated in the best universities and science research institutes, or should they be more widely dispersed, thus helping small or newer institutes to develop and thereby promoting a stronger infrastructure of scientific institutions, but perhaps at the cost of fewer research break-throughs?

After the war, the state universities in the Mid-West and West campaigned, with success, for a larger share of federal grants for research, which had formerly been allocated to a small number of top-ranked universities on the East and West coasts. Partly as a result of this Federal support, many of these state universities are now working at the forefront of U.S. science.

We are faced with this same conundrum in developing our new bilateral science program with Spain. We want to work with the best scientists in Spain, but we also want to be responsive to the special needs of the new universities and research centers, especially those outside of Madrid, in establishing contacts with American scientists.

3. A third question which we have encountered time and time again is that of *basic versus applied sciences*. I wonder whether we place too much emphasis on this distinction? *We do* want scientific achievements to be relevant in some fashion to the needs of society. Scientists for their part, at least those I have met in Spain and in my own country, would like to see their research leading to results that will benefit their fellowman. Louis Pasteur described this attitude:

3. Una tercera qüestió que se'n ha plantejat una i altra vegada és el de *les ciències aplicades que s'oposen a les ciències bàsiques*. Em pregunto si estem donant massa importància a aquesta distinció. Volem aconseguir fites científiques importants i que d'alguna manera estiguin relacionades amb les necessitats de la societat. Els científics, per llur banda, almenys els que he conegut a Espanya i en el meu propi país, voldrien dur a terme recerques que portessin a resultats que puguin beneficiar llurs col·legues. Luis Pasteur descrivia aquesta actitud de la manera següent:

“Per a aquell que dedica la seva vida a la ciència, res no li donarà més felicitat que augmentar el nombre de descobriments. Però la seva copa d'alegria es veu plena quan els resultats dels seus estudis troben immediatament una aplicació pràctica.”

La National Science Foundation, per la seva part, ha procurat treure importància a la distinció entre ciència bàsica i ciència aplicada. El seu interès és recolzar la *bona*, tant si es caracteritza com a bàsica o com a aplicada. A més a més, nosaltres, als Estats Units, hem procurat de reforçar l'entorn en el qual es pugui produir el descobriment científic. I els fruits d'aquest descobriment poden ésser aplicats. Cal dur a terme esforços constants per a crear aquest entorn. Per a la formació i desenvolupament de bons científics i enginyers, ens hem adonat que cal un sistema educatiu amb fortes arrels en l'ensenyament mitjà, i fins i tot a nivell d'ensenyament primari. Les capacitats cada vegada més febles dels estudiants nord-americans de High Schools de ciències i matemàtiques han estat estudiades amb greus motius de preocupació. A través d'una sèrie de programes, però concretament els cursos de formació d'estiu per a mestres, per fi anem aconseguint una millora dels nostres estudiants.

La recerca a les universitats és important en ella mateixa, naturalment, perquè aquesta recerca pot crear un rerafons de coneixements en els quals poden arribar a aparèixer noves idees. És una font d'idees fresques i noves que estimulen tant el professor com l'estudiant, fent així que el procés educatiu resulti més eficaç.

Amb massa freqüència, però, els científics que treballen en universitats es troben aïllats de les activitats més àmplies i de l'interès de la societat. Aquí a Espanya hem observat relacions molt estretes en diverses àrees de la medicina: per exemple, un nou hospital de la Seguretat Social,

“To him who devotes his life to science, nothing can give more happiness than increasing the number of discoveries. But his cup of joy is full when the results of his studies immediately find practical application.”

The National Science Foundation for its part has sought to de-emphasize the distinction between basic and applied science. Its interest is to support *good* science, whether it be characterized as basic or applied. Beyond this, we in the U.S. sought to strengthen the environment in which scientific discovery may take place, and the fruits of this discovery may be applied. Constant effort must be made to create this environment. For the training and development of good scientists and engineers, we have realized that we need an education system with strong roots going down through the secondary and into the primary level. The weakening capabilities of American high school students in science and mathematics has been treated as a serious cause of concern. Through a number of programs, but particularly summer training courses for teachers, we are finally seeing an improvement in our students.

Research in the universities is important in itself, of course, for this research helps create a background of knowledge in which new ideas can occur. It is a font for fresh sources of ideas, stimulating professor and student alike, thus making the educational process all the more effective.

Yet all too often the scientists working in universities find themselves isolated from the wider activities and interest of society. Here in Spain I have seen close linkages in the areas of medicine: a new Social Security hospital built beside a medical school, with plans in hand to have close interchanges at both the student and professional level; the department chairman in a university also maintaining active practice in a clinic.

Although I have witnessed similar ties between research institutes and industry, the overall impression I have received is that these linkages need to be developed much more extensively. The connection with engineering schools should be numerous, and relatively straightforward. More difficult is the task of building links between industry and science departments of universities. Part of the problem lies in having industries that possess an interest in research, in the development and application of advanced technologies, and thus in what the universities for their part are doing. A number of models are available, from my

construït prop d'una Facultat de Medicina, i ara es planteja la possibilitat d'establir intercanvis molt estrets, tant a nivell d'estudiants com a nivell professional; el cap de departament d'una universitat pot mantenir també una pràctica activa en una clínica.

Encara que hem estat testimonis de llaços semblants entre instituts d'investigació i la indústria, la impressió global que he tingut és que aquests llaços s'han de desenvolupar d'una manera molt més intensa. La connexió amb les escoles d'enginyers haurien d'ésser més nombroses i relativament directes. Més difícil resulta la tasca d'establir llaços entre la indústria i les universitats. Part del problema rau en la possibilitat de crear una indústria que tingui un interès per la recerca, pel desenvolupament i per l'aplicació de tecnologies avançades i, a més a més, en allò que, per la seva banda, estan fent les universitats. Disposem d'una sèrie de models del meu país, de França, d'Alemanya; en absència, però, d'un interès *real* per part de la indústria i de la universitat, aquests models no tindran un gran valor.

Pel que fa a les prioritats per a la recerca també es plantegen tota una sèrie de perspectives. Els governs volen assegurar-se que els fons que proporcionen per a la recerca es dirigeixen a activitats que donin suport a objectius més amplis de desenvolupament industrial o de benestar social. La situació de la ciència, per la seva banda, ofereix oportunitats en moments concrets per a descobriments concrets i l'aplicació en camps concrets. Dos dels camps més apassionants de la ciència avui són la biotecnologia i la microelectrònica, amb una gran varietat d'aplicacions que queden obertes en ambdós camps. Els descobriments genètics dels darrers 10 anys ens han proporcionat visions d'aspectes fonamentals de les causes del càncer i la millor comprensió de moltes malalties hereditàries. Hem trobat tècniques per a fabricar molècules com l'hormona del creixement i l'interferó, que d'altra manera haurien resultat molt cares o impossibles.

La genètica de les plantes ha quedat una mica més enrera, però constitueix una de les àrees més apassionants de la ciència i, per tant, tenim davant nostre un gran potencial. Amb aquests coneixements hem fet grans avenços per a accelerar el cultiu de plantes, bo i augmentant-ne els rendiments, millorant la qualitat de les plantes resistents a les malalties, i trobant també utilitzacions per tota la biomassa de les plantes.

En la microelectrònica, una àrea particularment interessant és la pròxima generació de robots. Amb l'aplicació de nous llenguatges d'informà-

country, from France, Germany, but in the absence of *real* interest on the part of industry and university, these models will not count for much.

On the question of priorities for research, there are a host of perspectives. Governments want to ensure that funds provided for research are directed to activities that will support wider goals of industrial development or social well-being. The state of science, for its part, offers opportunities at particular times for discovery and application in particular fields. Two of the most exciting fields in science today are biotechnology and microelectronics, with the great variety of applications that are opening up for both fields. The genetic discoveries of the past ten years have given us insights into fundamental aspects of the causes of cancer and into the understanding of many inheritable diseases. We have found techniques to manufacture such molecules as growth hormones and interferon which would otherwise have been extremely expensive or unavailable.

Plant genetics has lagged behind, but this is now one of the most exciting areas in science, and an enormous potential stands before us. With this knowledge, we have made great strides in quickening the breeding of new plants, raising yields, improving disease-resistant plants, finding uses for all of the biomass of plants.

In microelectronics, a particularly-interesting area is the next generation of robots. With application of new computer languages, there will be quicker, more precise communication between people and robots. With new sensors, robots will be able to see, feel, walk, and recognize commands. This new generation of robots will be very good at tactile sensing. They will be able, for example, to pick a specific piece out of a bin of jumbled parts of equipment. These robots are certain to bring about great changes in industrial activity. In many industries, they will be the cutting edge of future strides in productivity. They will also benefit overall social well-being by freeing humans from dangerous work, and from repetitious work.

Microelectronics, particularly the rapid miniaturization of integrated circuitry, has also provided the incentive for research in surface chemistry. We are finding a rich range of other applications for the discoveries being made in surface chemistry: improved chemical processes relying on catalysts, corrosion-resistant materials and corrosion-preventing coatings, better understanding of embrittlement and structural failures, even soil chemistry.

tica, hi podrà haver una comunicació més ràpida i més exacta entre les persones i els robots. Amb nous sensors, els robots podran veure, sentir, caminar i identificar les ordres. Aquesta nova generació de robots tindrà una sensibilitat tàctil excel·lent. Podran, per exemple, agafar una peça específica de tot un munt de peces d'equip. Aquests robots contribuiran sens dubte a introduir grans canvis en l'activitat industrial. En moltes indústries seran els qui marcaran els nous passos que hom farà en la productivitat. També beneficiaran el benestar social deslliurant els humans de les feines que puguin resultar perilloses o bé repetitives.

La microelectrònica, concretament la miniaturització ràpida dels circuits integrats, ha proporcionat un incentiu en la recerca de la química a la superfície. Estem trobant tota una gama amplíssima d'aplicacions per als descobriments que hom duu a terme en aquest camp: millora dels processos químics que utilitzen catalitzadors com a materials resistents a la corrosió, i revestiments per a la prevenció d'aquesta corrosió, una millor comprensió de les falles d'esmicolament i estructurals i fins i tot la química del sòl.

Hi ha, naturalment, molts altres camps apassionants de l'activitat de recerca que s'estan desenvolupant en l'actualitat. Hom està fent grans avenços en astronomia, per exemple. Quan el telescopi espacial serà posat en òrbita l'any vinent, el camí dels descobriments quedarà encara més obert.

Tots nosaltres som testimonis del paper important que tenen la ciència i l'enginyeria en la societat contemporània. L'alta tecnologia ha estat un dels grans pilars de la nostra societat industrial i ens permet d'avançar vers noves societats orientades cap als serveis i que recolzin en sistemes avançats d'electrònica, amb llurs múltiples aplicacions en el camp de la informació, les comunicacions i els processos industrials. L'alta tecnologia ens ha proporcionat els mitjans per a contaminar el nostre entorn en major grau que en generacions passades, però també ens ha proporcionat l'experiència necessària per a netejar el nostre aire i les nostres aigües.

Hem observat que la tecnologia i la ciència subjacent són massa importants per a permetre que l'impacte en la nostra societat es produeixi sense cap mesura de direcció.

Quins haurien d'ésser els objectius a l'hora de promoure la ciència i la tecnologia? Per a alguns països, com el meu, la seguretat militar hi ha d'ocupar un lloc molt important. Tots els països desenvolupats desitgen aprofitar-se dels llaços tan estrets que hi ha entre la tecnologia i el

There are of course many other exciting fields of research activity taking place today. Great advances are being made in astronomy, for example. When the space telescope is placed in orbit next year, the pace of discovery will be spurred even further.

We are all witness to the pervasive role that science and engineering play in contemporary society. High technology has been the underpinning of our industrial society, and it is now enabling us to advance to new service-oriented societies relying on advanced systems of electronics, with manifold applications in information, communications, and industrial processes. High technology has given us the means to pollute our environment to a far greater extent than in past generations, but it has also given us the expertise needed to cleanse our air and waters.

We have found that technology, and the underlying science, are too important to permit the impact on our society to proceed without some measure of direction.

What should be the objectives in promoting science and technology? For some countries such as mine, military security must take a very important place. All developed countries desire to take advantage of the close links between technology and industrial development. Advances in technology are coming so rapidly at this point that they enable industry in some cases to leap frog over the present generation of technology in preparing to compete more strongly in the next. Here in Barcelona, as I understand, you are attempting to do just this in microelectronic applications, especially in the field of smart robotics. But wider economic development goals cannot be excluded. Again here in Barcelona, very interesting research is being initiated on the food chain for marine life, and the genetic research being conducted on maize is at the forefront of international research.

Beyond these goals of economic development lie the broader objectives of social well-being. Health and a clean environment are two of the most basic of these goals. The U.S.-Spain bilateral agreement for cooperation in science and technology reflects similarly-broad objectives. The agreement states that the science and technology cooperation between the two countries should be designed to achieve "The economic modernization and social well-being of the peoples of the United States and Spain."

As soon as objectives such as these are listed, the question must be posed: what are the trade offs? In the past several years, many industrial societies faced with stagnating economies and high unemployment have

desenvolupament industrial. Els avenços de la tecnologia es produeixen tan ràpidament en aquest moment, que permeten a la indústria, en alguns casos, de fer grans salts per damunt de l'actual generació de tecnologia i preparar-se per competir més fortament en la pròxima etapa. Ací a Barcelona, si ho he entès bé, hom intenta precisament això en les aplicacions microelectròniques, especialment en el camp de la robòtica intel·ligent. Però tampoc no es poden excloure uns objectius de desenvolupament econòmic més amples. També ací a Barcelona hom inicia una recerca molt interessant sobre les cadenes alimentàries per a la vida marítima, i la recerca genètica que hom està fent amb el moresc és a l'avantguarda de la recerca internacional.

Més enllà d'aquestes fites de desenvolupament econòmic radiquen els objectius més amplis del benestar social. La salut i l'entorn net constitueixen dues de les més bàsiques d'aquestes fites. L'acord bilateral entre Espanya i els Estats Units per a la cooperació en la ciència i en la tecnologia reflecteixen també aquests objectius més amplis. L'acord estableix que la cooperació científica i tecnològica entre ambdós països hauria d'ésser projectada per a assolir "la modernització econòmica i el benestar social dels pobles dels Estats Units i d'Espanya".

Tan aviat com són establerts objectius com aquests, hom s'ha de plantejar la qüestió següent: Quin és el preu que cal pagar?

En els darrers anys, moltes societats industrials que s'han vist enfrontades a l'estancament de llurs economies i a una tasca elevada d'atur han sentit la temptació de dirigir els seus recursos envers programes que portessin a avenços en la productivitat, fins i tot a costa de la qualitat del medi. Opcions com aquesta suposen decisions *polítiques*. Les qüestions de *qui* determina les prioritats per a ciència i tecnologia, i de *com* són determinades aquestes prioritats, els porta certament al terreny polític. Els científics i els enginyers haurien d'ésser representats en aquest procés de presa de decisions, ja que llur consell constitueix un pre-requisit clar per a una presa de decisions degudament informada. En termes més amples, les nostres societats no tenen obligació d'assegurar-se que els ciutadans particulars estiguin preparats a participar en la formulació de la política sobre el canvi tecnològic? Aquesta obligació suposa el suport a uns sistemes educatius dissenyats no només per a desenvolupar bons científics i enginyers, sinó per a aconseguir uns ciutadans educats, capaços de prendre decisions ben formades sobre política científica i tecnològica.

been tempted to direct their resources into programs that will lead to advances in productivity, even at the sacrifice of environmental quality. Such trade-offs as these entail *political* decisions. The questions of *who* determines the priorities for science and technology, and of *how* these priorities are determined certainly lead us into the political realm. Scientists and engineers ought to be represented in this decision-making process, for their advice is clearly a pre-requisite for informed decision-making. More broadly, do not our societies have an obligation to ensure that the individual citizen is prepared to participate in the formulation of policies on technological change? This obligation entails the support of educational systems designed not only to develop good scientists and engineers, but to build an educated citizenry able to take informed decisions on science and technology policy.