

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
Salamanca, 1 de diciembre de 2000

Universidad de Salamanca
Diciembre de 2000

1. INTRODUCCIÓN

Hace poco más de un mes el Excmo. y Magnífico rector de la Universidad, Sr. D. Ignacio Berdugo, me llamó para invitarme a dirigirme a ustedes con ocasión de la investidura de los nuevos doctores, a hablarles de lo útil del saber y a hacerlo con una perspectiva muy general desde mi experiencia personal.

Me hace mucha ilusión hablar en esta Universidad, aunque solamente el recuerdo de quienes anteriormente han ocupado esta tribuna me produce cierta inquietud.

A Salamanca vine por primera vez a ver a Koldo Mitxelena, a quien había conocido acompañándole como guía por el Pirineo en el viaje que, junto a Joan Corominas, hizo a mi tierra natal, el Valle del Roncal, para estudiar su toponimia. Aquí vivió feliz con Matilde y sus hijos el gran maestro de Rentería, disfrutando del trato intelectual y de la amistad de figuras relevantes, Lázaro Carreter, Pascual, Martín Retortillo, Artola, Tomás y Valiente, Ruipérez, que en aquella época profesaban en las aulas salmanticenses. Solamente por su recuerdo ya es una gran honra la oportunidad que hoy me ofreceis.

Hablaré fundamentalmente de Universidad y más concretamente, me centraré en las llamadas ciencias duras y tecnológicas. A lo largo de los años he aprendido que los criterios de rigor y excelencia intelectual que compartimos con las demás disciplinas no tienen por qué ser valorados necesariamente con los mismos baremos en todo. Mi preocupación hoy aquí será la ola de utilitarismo grosero que algunos quieren imponer a las Universidades. Esa sería la forma, nos dicen, de alcanzar los niveles innovadores de los países desarrollados. Mi tesis, que adelanto, es que un eficaz servicio a la sociedad en que vivimos y al desarrollo de su economía pasa por el fomento, y no precisamente por el abandono, del pensamiento básico, del matiz, la precisión, la finura, la duda metódica, el rigor intelectual, la honradez; en una palabra por el fomento de los valores tradicionales de la Universidad.

Por respeto a la brevedad recurriré a grandes simplificaciones, no haciendo demasiada justicia a contribuciones que mentes mucho más señeras han diseñado. Estudios excelentes sobre estos problemas ya han sido realizados, alguno de ellos en Salamanca. Mis opiniones, es innecesario decirlo, y la responsabilidad que de ellas pudiera derivarse, son exclusivamente mías. Intentaré ser objetivo, es decir, atenerme a los hechos sin intentar cambiarlos para adecuarlos a mis deseos, pero no desapasionado, pues en este tema las

consecuencias que se derivan de un análisis objetivo no pueden, a los que apreciamos la Institución Universitaria, dejar de afectarnos intensamente.

1.1. Siglo XX. Ciencia y Tecnología

El siglo XX es el siglo de la aceleración. Quizás se recuerde como el siglo de las paradojas: genocidios, ingenierías sociales que han traído horror y sufrimiento a millones de personas por un lado y extensión de los derechos humanos a grupos cada vez más amplios por otro; globalización económica y fragmentación política.

Hemos sido testigos de un desarrollo económico, al menos en el mundo desarrollado, sin precedentes. En el último siglo, la población mundial se ha multiplicado por cuatro y la renta per capita también se ha multiplicado por cuatro; un factor de 16. La distribución de la riqueza dista mucho de ser uniforme. De hecho la explosión de la renta per capita mundial ha ahondado las desigualdades en la distribución. Hace 250 años la relación entre la renta per capita de Suiza y Mozambique era de 5 a 1, hoy es de 400 a 1. El capital de las 250 personas más ricas del mundo es igual al patrimonio del 47% de la población mundial.

Hemos aprendido que todo lo que hemos logrado: la libertad, el progreso (en los sitios donde se ha logrado), no es algo alcanzado ya definitivamente. No es algo que no podamos perder. Es algo que para mantenerlo debemos estar vigilantes, y actuar como ciudadanos responsables.

El siglo XX será recordado por los historiadores como el de la Revolución científica tecnológica, como el del triunfo global de la Ciencia y Tecnología.

El triunfo de la ciencia moderna es fruto de una combinación exitosa de dos realidades, la conjunción de la realidad física, testeada por el experimento y la realidad abstracta de conceptos e imágenes, surgida de la búsqueda de coherencia interna que aportan las matemáticas. En este aspecto, como en tantos otros, la ciencia moderna es griega. Esta sorprendente combinación de física y matemática es una invención griega, con Arquímedes de pionero.

Aunque hoy me centraré en su aspecto utilitario, la Ciencia es mucho más que sus aplicaciones prácticas. Es una aventura intelectual, una parte esencial de la cultura moderna que, en los últimos años, ha revolucionado nuestra concepción del mundo y de nosotros mismos. En su desarrollo, y a diferencia de otras creaciones de la Humanidad lleva implícita la idea de progreso. A mi parecer, y sin despreciar otras contribuciones, la Ciencia es la obra colectiva cultural más importante de la humanidad.

Tres logros resumen la apertura de nuevas fronteras en Ciencia y Tecnología en el siglo XX. Los sintetizo con estas palabras: átomo, gen y bit, bit de información. O, si lo quieren más sencillamente: átomo, gen y computador.

Al decir átomo quiero decir que en este siglo se ha dilucidado desde una visión microscópica la estructura de la materia, lo que ha permitido comprenderla y usarla para nuestro beneficio. Gen: el conocimiento del enlace químico permite descubrir la estructura de doble hélice del ADN, que, encierra el mecanismo de réplica" y contiene por lo tanto -en bella frase de Crick- "*el secreto de la vida*". Y el computador, la máquina omnipresente del siglo XX.

Hasta ahora hemos sido capaces de usar lo que había, pero en el futuro vamos a ser agentes activos, es decir, crearemos materia nueva, ingeniería atómica. Vamos a ser capaces de manipular la vida y hacer ingeniería génica, con las consecuencias de todo tipo que no se les ocultan. Y el propio computador nos puede ayudar a comprender el mecanismo de la inteligencia, y la inteligencia artificial.

De forma figurada, estos progresos se han logrado a lo largo de este siglo rompiendo el objeto de estudio en bloques cada vez más pequeños, y luego recomponiendo las piezas con perspectiva global. Esta forma de enfocar los problemas se llama reduccionismo. Toda la Ciencia es en gran parte reduccionista, y exige especialistas. El reduccionismo requiere una tremenda especialización. El futuro exigirá una visión global, transdisciplinarietà. Necesitaremos generalistas que a su vez sean expertos en sus propias disciplinas.

El peligro, sin embargo, es llevar la actitud reduccionista al extremo y pretender, en el campo de las Ciencias duras, que toda la física y la química se reducen a entender las partículas elementales y que toda la biología y la medicina consisten en comprender el ADN; el resto sería cocina. Este es un punto de vista erróneo, y conlleva extrapolaciones perniciosas a campos de las ciencias blandas.

A lo largo de este siglo hemos aprendido que el conocimiento se estructura en muchos niveles, prácticamente desacoplados entre sí, aunque consistentes con el anterior. Por eso la química es mucho más que física aplicada, y la medicina es mucho más que biología molecular. En definitiva, hay muchos más niveles, hay mucha más distancia de la ética al ADN que del ADN a las partículas elementales.

La complejidad del mundo actual surge de la simplicidad de la física atómica a través de la interacción entre los constituyentes elementales de la materia. Aparecen nuevas propiedades emergentes, reducibles pero no deducibles de las de sus constituyentes. Esto es aquello que en nuestra época los marxistas, citando a Engels decían, la cantidad, se transforma en calidad. Hemingway resumía bien esta idea de transformación de la cantidad en calidad cuando, paseando en París, le decía a Fitzgerald: "*Oye, los ricos son muy diferentes a nosotros*" -calidad-. "*Sí, sí,* -contestaba el otro- *tienen mucho más dinero*" -cantidad.

Esta comprensión de la complejidad, entender como el todo es mucho más que la suma de las partes, está en el corazón del éxito de la física cuántica en la tarea de conocer la materia y usarla para nuestro beneficio. Ha producido un cambio total en la forma de producir energía, de comunicarnos, de relacionarnos, en la economía, en la cultura en una palabra.

1.2. Globalización

Los extraordinarios avances científico-técnicos en las décadas recientes han configurado un mundo cada vez más abierto, intercomunicado e interdependiente. Hace cinco años, Bill Gates gastaba 300 millones de dólares solamente en anunciar el "Windows 95" a un planeta con cien millones de ordenadores(hoy más de 300), de los que aproximadamente la mitad están ligados por Internet en una superautopista de la información. El poder de computación se duplica cada 18 meses y si en 1960, un cable telefónico transatlántico "transportaba" solamente 138 conversaciones simultáneas, hoy un cable de fibra óptica transporta más de un millón y medio. El número de móviles que se vende supera el de los automóviles, televisores y ordenadores personales juntos. En el año 2002 habrá más de 1.000 millones de móviles en todo el mundo. Pronto la industria relacionada con el electrón será un décimo del producto mundial bruto. Lo que no está nada mal para un descubrimiento básico realizado por Thompson en Cambridge cuando la reina Victoria estaba todavía en el trono de Inglaterra y los caballos conducían los carruajes en las afueras del viejo Laboratorio Cavendish.

- La globalización es el hecho económico y político dominante de nuestro tiempo.

Dos cosas parecen claras en la economía mundial. Primero: El proteccionismo no es solución a los problemas de la globalización, pero tampoco lo es el crecimiento mediante grupos financieros o ingenierías en el mercado de valores. La prosperidad, para instituciones e individuos surgirá de la creación, producción y distribución de productos y servicios reales. Del simple y antiguo trabajar duro.

La velocidad es esencial. Computadores, miniaturización, internet, fibras ópticas, tecnologías que definen el nuevo entorno empresarial se basan en velocidad. Ello conlleva el tener que repensar continuamente las claves del éxito.

Al unir nuestras economías por cables, fibras ópticas, computadores y satélites, estamos uniendo nuestros intereses. Y al unir nuestros intereses estamos uniendo como nunca anteriormente nuestro futuro.

Una de las causas que ha acelerado el proceso de globalización ha sido la aparición de Internet, el nuevo medio de comunicación y transmisión de información a escala planetaria. He aquí algunos datos que muestran su expansión:

- Cada mes 18 millones de nuevos usuarios
- El volumen de tráfico se duplica cada 6 meses
- La innovación más importante para la difusión de información desde la imprenta
- Ciberespacio. Un mundo no tanto de átomos sino de bits.

Internet es simplemente un instrumento, pero bien usado puede permitir:

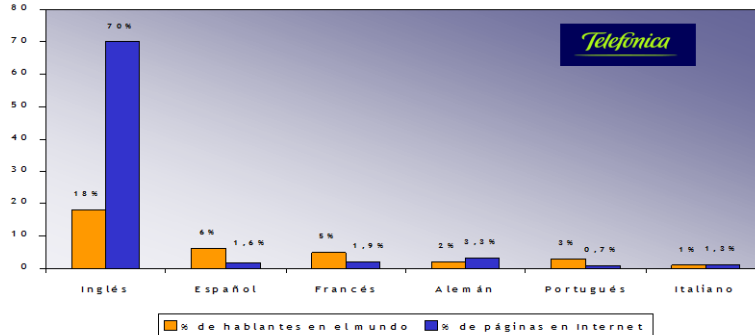
- Unirse al mundo
- Escuchar a través de dichas uniones
- Aprender de esas escuchas
- Liderar: "Si no ves Internet como una oportunidad, será una amenaza"
(Blair)

Todo ello conlleva un cambio social, un cambio cultural. ¿Estamos preparados para ello? Vean la situación del español en Internet.

SITUACIÓN ACTUAL DEL ESPAÑOL EN INTERNET

Población mundial vs. presencia en Internet:

Distribución porcentual de los principales idiomas del mundo y sus correspondientes páginas Web (1998)



La entrada del conocimiento en la economía ha provocado cambios decisivos: De la división del mundo por "ideología" se ha pasado a la división del mundo por tecnología. Hoy se perciben 3 mundos:

- 1^{er} mundo: 15% de la población mundial provee el 100% de la tecnología.
- 2^o mundo: 50% de la población. Es capaz de adoptar la tecnología.
- 3^{er} mundo: 35% de la población. Está tecnológicamente desconectado.

1.3. Economía del conocimiento

El conocimiento siempre ha estado ligado a la educación pero no directamente a la economía. Lo que es diferente hoy en día es que el conocimiento determina la economía. La rapidez en la innovación es un factor económico decisivo. El 75% de lo que hoy hace Siemens no existía hace cinco años.

En el siglo XXI la capacidad intelectual, la imaginación, la invención y la organización de nuevas tecnologías serán los elementos estratégicos fundamentales.

El conocimiento es la materia prima esencial de la nueva economía. Es diferente de la tierra, trabajo e incluso capital, en cuanto que es intrínsecamente móvil y con una capacidad de expansión casi ilimitada. Información y conocimiento tienen una capacidad ilimitada de generar más conocimiento e información.

"La mitad de nuestro crecimiento económico en el último medio siglo ha venido de la innovación tecnológica y de la ciencia que lo apoya." (B. Clinton)

En su ultimo discurso del presupuesto el Presidente Clinton reitera: *"La primera cosa que quiero subrayar, lo mas claramente posible, es que la Ciencia y Tecnología se han convertido en los motores del crecimiento económico"*.

2. INVESTIGACIÓN

En la economía actual, globalmente competitiva, la ciencia y la tecnología son factores claves del desarrollo económico. Existe una profunda conexión entre un crecimiento económico sostenido, una alta calidad de vida y un avance de la ciencia y la tecnología. La conexión no es directa, no es inmediata, no es lineal y muchas veces es difícil de evaluar cuantitativamente, pero existe. Está presente.

Hasta hace muy poco, se creía que la innovación seguía una línea recta desde la investigación básica (a cargo de las universidades principalmente) hasta la actividad de Investigación y Desarrollo aplicado (realizada mayoritariamente por las empresas) y de ahí a la economía. Ahora entendemos mejor que esta se produce a través de una trayectoria mucho más sinuosa y a menudo de una forma imposible de codificar y por tanto de medir, como es el contenido de la mente de una persona. Por ello cualquier regulación debería tener presente los mecanismos sutiles que vertebran la comunidad científica: liderazgo, grupos de excelencia, creación de escuela. Como mínimo hemos de evitar dañarlos.

2.1. Burocracia

Una de las mayores dificultades contra las que se tiene que enfrentar el proceso dinámico que es y debe ser la investigación es la excesiva burocratización. Las regulaciones burocráticas conviven difícilmente con el comportamiento creativo. Muchas veces la libertad de seguir buenas ideas está limitada por una burocracia que no entiende. El resultado es promocionar proyectos que confirman lo ya existente porque es más seguro, reduciendo seriamente la probabilidad de encontrar algo nuevo.

Se cuenta de un Director de una Compañía Inglesa al que le dieron una entrada para un concierto, en el cual se iba a interpretar la Sinfonía "Inacabada" de Schubert. Como no podía ir le dio la entrada a un colega, el Director de Administración y Personal.

Al día siguiente el Director le preguntó: "¿Le gustó el concierto?" Su colega le respondió: "Mi informe estará en su mesa esta tarde". Esto dejó perplejo al director, el cual más tarde recibió el siguiente:

Informe sobre la asistencia al concierto del 18 de noviembre del año 2000:

Pieza nº 3, Sinfonía "Inacabada" de Schubert.

Durante considerables periodos de tiempo, los cuatro oboes no tienen nada que hacer. Se debiera reducir su número, y su trabajo debiera ser distribuido entre toda la orquesta, eliminando así los picos de actividad.

Los doce violines estuvieron tocando las mismas notas. La plantilla de esta sección debiera reducirse drásticamente. Si realmente se requiere mayor volumen de sonido, esto se puede lograr mediante un amplificador electrónico.

En tocar las semicorcheas se empleó mucho esfuerzo. Esto parece un excesivo refinamiento y se recomienda que todas las notas se redondeen a la corchea más cercana. Si se hiciera así, sería posible emplear personal de baja formación.

No sirve para nada la repetición con las trompas de pasajes que ya han sido tratados por la sección de cuerdas. Si estos pasajes redundantes fueran eliminados, el concierto podría reducirse de 2 horas a 20 minutos.

Finalmente: señalar que si Schubert hubiese tenido en cuenta estos asuntos, ciertamente hubiera acabado su Sinfonía.

En investigación, como en música, la burocracia ciega tiene el efecto de destruir la creatividad, la imaginación. Si verdaderamente valoramos la ciencia debemos permitir que permanezca libre de excesos burocráticos.

En el momento actual existe una tendencia a dirigir la ciencia, determinando la dirección estratégica que debe seguir la investigación, haciéndola, se dice, servir a las necesidades, siempre inmediatas, del mercado.

No se debería dirigir la investigación exclusivamente a objetivos bien definidos, a objetivos y áreas en las que uno espera los nuevos avances técnicos. La historia muestra claramente la imposibilidad de acertar. No somos suficientemente sabios para acertar.

La razón fundamental es que las consecuencias de la Ciencia y la Tecnología son imprevisibles: Imprevisibles e Impredecibles.

**WATCH WHAT YOU SAY.
IT CAN COME BACK TO HAUNT YOU**

• ***“Heavier-than-air flying machines are impossible”***
Lord Kelvin, president, Royal Society, 1895.

• ***“Airplanes are interesting toys but of no military value.”***
**Marechal Ferdinand Foch, Professor of Strategy, Ecole
Superieure de Guerre.**

• ***“Everything that can be invented has been invented.”***
**Charles H. Duell, Commissioner, US Office of Patents,
1899.**

• ***“Ya se conocen todas las leyes más importantes de la física”***
A. A. Michelson (1894)

**WATCH WHAT YOU SAY.
IT COME BACK TO HAUNT YOU**

• ***“I think there is a world market for maybe five computers.”***
Thomas Watson, chairman of IBM, 1943.

• ***“There is no reason anyone would want a computer in their
home.”*** **Ken Olson, president, chairman and founder of
Digital Equipment Corp., 1977.26**

• ***“640K ought to be enough for anybody.”***
Bill Gates, 1981.

• ***“Ésta es la tontería más grande que se haya hecho nunca.
La bomba atómica nunca estallará, y hablo como experto
en explosivos”.*** **Predicción del Almirante W. Leahy al
presidente Truman (1945)**

Estas divertidas frases nos advierten del peligro de los campeones del nuevo pragmatismo: “La investigación básica no es necesaria”. “El saber es un lujo”. Nos ilustran sobre el peligro de creer que podemos anticiparnos adivinando lo que va a venir, nos advierten del riesgo de renunciar a seguir avanzando en lo desconocido.

2.2. Lo útil del saber

La investigación, el preguntarse sobre cuestiones básicas fundamentales, no necesita ninguna justificación basada en razones económicas: se justifica por

sí misma. En mi opinión, preguntarnos sobre la estructura última de la materia, sobre sus complejas interacciones, el universo, su origen y su posible futuro, por ejemplo, es algo que forma parte de lo que una sociedad desarrollada considera como calidad de vida, en pie de igualdad con la música u otra forma de arte. De hecho, todo, con distinto lenguaje, es arte.

Ahora bien, el grado de apoyo económico que necesita el avance del conocimiento científico hoy, está también justificado por su aporte, con visión a largo plazo, a la innovación tecnológica y al desarrollo económico. **Por lo útil del saber.**

El pasado nos enseña la inutilidad del nuevo utilitarismo. Creer frenéticamente en lo "útil" es inútil. La historia reivindica "*la sublime utilidad de la ciencia inútil*" (Marcelino Menéndez y Pelayo).

Los grandes avances de la humanidad han surgido de la investigación pura, abierta, donde los investigadores tiene absoluta libertad en tomar la dirección por la que su fantasía y trabajos previos les lleven. Los grandes conceptos en ciencia provienen de personas que han sabido liberar su mente de los prejuicios adquiridos y dejar volar libremente la imaginación, de Newton y Galileo a Einstein, y de Harvey a Watson y Crick.

En muchas ocasiones las aplicaciones prácticas de la ciencia han surgido de estudios de índole básica que pretendían profundizar en el conocimiento de aspectos fundamentales de la materia.

Ejemplos claros los tenemos en el transistor y la industria microelectrónica o, más recientes en la industria de anticuerpos monoclonales o en el desarrollo de la tecnología del ADN recombinante.

Otro ejemplo, dentro de la física, lo constituye la imagen por resonancia magnética, MRI (Magnetic Resonance Imaging). La imagen por resonancia magnética surgió de investigación no dirigida a objetivos, (no dirigida ciertamente a desarrollos de técnicas de observación), que originó lo que hoy se conoce como resonancia magnética nuclear. La clave fue una serie de preguntas básicas dirigidas a entender los momentos magnéticos de los espines nucleares, a comprender como esos imanes nucleares interaccionan en líquidos, cristales y moléculas, y a estudiar la estructura de moléculas que presentaban un interés químico. De esa búsqueda surgió el conocimiento que permitió la visión de una técnica de imagen.

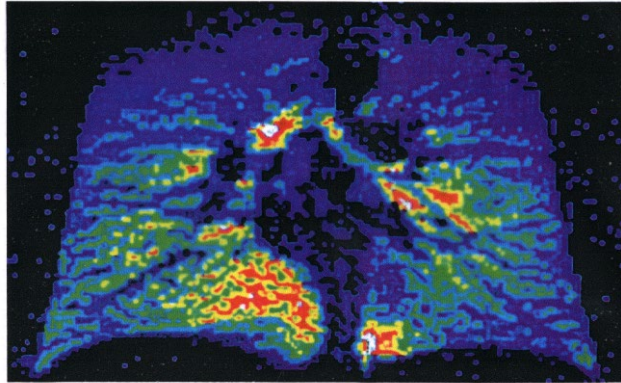


Figure 2.7. An MRI image of human lung filled with minute quantities of inhaled laser-polarized helium-3 gas, using a technique invented in 1995. Such scans will allow unprecedented imaging of the gas space and the movement of gases in the lungs, for diagnosis of ventilation disorders. (Courtesy of Princeton University).

Sin investigación básica la imagen por resonancia magnética es
inimaginable.

Imagínense ustedes que en 1946 al acabar la segunda guerra mundial, fecha en la que se publican en el "Physical Review" los resultados (obtenidos independientemente) de Purcell y Bloch, se hubiese creado un proyecto dirigido a conseguir una nueva forma de imagen en medicina como alternativa a los rayos X. ¿Quién podía haber sugerido medir los momentos magnéticos nucleares? Y si por milagro alguien lo hubiese hecho, otro milagro hubiese sido necesario para que alguien se preguntase: ¿Por qué no estudiar los diferentes tiempos de relajación para sólidos, líquidos y biomoléculas? ¿Quién hubiese añadido: "Juguemos ahora con pulsos para ver de cuantas maneras podemos inducir a la magnetización nuclear a danzar al tono de nuestra radiofrecuencia"? Y pensemos lo que dirían los comités o evaluadores celosos del concepto de investigación orientada de los informes que les irían llegando...

MRI es un testimonio irrefutable del inmenso valor de la investigación básica. Probablemente nunca se hubiese encontrado si se hubiese creado un programa millonario destinado a ello.

Durante los años setenta, la administración Nixon en Estados Unidos lanzó un programa multimillonario enfocado a resolver el problema del cáncer. No existía un conocimiento suficiente de la biología celular básica para enfrentarse a este problema y más de veinte años después el problema sigue ahí. Muchas de las perspectivas actuales del tratamiento del cáncer han derivado de otros tipos de estudios más básicos.

Viene al pelo la cita del Premio Nobel de medicina (1947), el argentino Bernardo Houssay.

"Es muy común en los países atrasados una desmedida preocupación por las aplicaciones inmediatas, y por ello se suele alardear de criterio práctico y pedir que se realicen exclusivamente investigaciones de aplicación inmediata y útiles para la sociedad. Esta es idea propia de personas incultas y de ambientes atrasados, o bien es signo y factor de decadencia en los ya adelantados. Quienes expresan tales criterios ignoran -y esta ignorancia es muy grave y dañina- que todos los grandes adelantos prácticos provienen de la investigación científica fundamentalmente desinteresada. Debido a ella, Pasteur halló el papel de los microbios, las reglas de la asepsia y antisepsia, las vacunaciones, y dio bases que permitieron desarrollar la higiene y la cirugía modernas. Por ella Galvani y Volta nos dieron el conocimiento de la electricidad, Maxwell los fundamentos de la radiotelegrafía, Oersted los del telégrafo, Faraday los de los motores eléctricos, Fleming los de los antibióticos. La ciencia pura es sin duda la fuente que alimenta incesantemente las técnicas aplicadas; si aquélla se detiene, éstas languidecen o desmejoran pronto. Aconsejar a un país o universidad que no haga investigaciones fundamentales, no aplicadas inmediatamente, es como invitarlo a empobrecerse o suicidarse, como resultado de la grave y trágica ignorancia de sus dirigentes".

La investigación básica, además de los resultados directos que produce, ayuda al desarrollo tecnológico de tres maneras:

- **Formación de personal**, condición indispensable para emprender acciones posteriores de Investigación y Desarrollo.
- Constituye un **vivero de ideas** que son las que posteriormente dan lugar a acciones de investigación y desarrollo.
- Mediante **la creación de un clima de calidad, de una exigencia** de excelencia en el enfoque de los problemas, que afecta como por ósmosis a todas las demás actividades creando un estilo de enfocar y afrontar las cuestiones. Este último aspecto, que habitualmente no se menciona, bastaría para justificar el apoyo económico a la investigación básica.

La legítima preocupación de algunos poderes públicos por fijar prioridades debe ser compatible con dejar un campo suficiente a la iniciativa de los que viven y trabajan en el mundo de la tecnología. **Más importante y sobre todo más rentable que intentar dirigir la investigación hacia fines prefijados**

es crear un entorno, un caldo de cultivo, en el que la ciencia pueda desarrollarse.

Un ejemplo claro de la utilidad a largo plazo de la investigación básica lo tenemos en los Estados Unidos.

El desarrollo tecnológico de la industria americana depende grandemente de la investigación básica que, financiada con fondos públicos, se realiza en las universidades y centros públicos.

El "New York Times", el 13 de Mayo de 1997, publicaba los resultados de un estudio mostrando que la Ciencia Pública es el pilar de la industria. El estudio realizado por la Fundación Nacional de la Ciencia muestra que **más del 73% de los artículos científicos citados en las patentes industriales norteamericanas proviene de la ciencia pública.** Asimismo demuestra que esta dependencia está creciendo rápidamente.

Los líderes de la Industria Americana son conscientes de la necesidad de una investigación básica y apoyan fuertemente el apoyo federal a la investigación universitaria. El 13 de Marzo de 1995 los CEO (Chief Executive Officers) de quince de las compañías más grandes de los Estados Unidos con una fuerte base tecnológica escribieron un manifiesto al Congreso Norteamericano titulada "El momento de la verdad para América". Su carta concluye de la manera siguiente:

“EL MOMENTO DE LA VERDAD PARA AMÉRICA”



Extracto de la carta “El momento de la verdad para América” dirigida al Congreso de los Estados Unidos por los responsables de quince de las compañías de más fuerte base tecnológica del país (13 de marzo de 1995)

“...Nuestro mensaje es simple. Nuestro sistema educativo y sus programas de investigación juegan un papel crítico y central en el avance de nuestro conocimiento. Sin el apoyo federal adecuado el nivel de la investigación universitaria se deterioraría. La industria americana dejaría de tener acceso a tecnologías básicas y a científicos e ingenieros bien educados que han servido tan bien a los intereses de América. Por lo tanto, respetuosamente, solicitamos que mantengan el apoyo a un vibrante programa de investigación universitaria con visión de futuro.”

Esta idea es compartida por los poderes públicos. En su discurso de 18 minutos en Caltech (1999), Clinton dijo que su nuevo presupuesto:

“convierte la investigación en las universidades americanas en alta prioridad...La investigación universitaria proporciona el tipo de ideas fundamentales que se convierten en el soporte principal de cualquier nueva tecnología o tratamiento. Además, ayuda a producir la siguiente generación de científicos, ingenieros y empresarios. Vamos a dar un empuje a la investigación universitaria”.

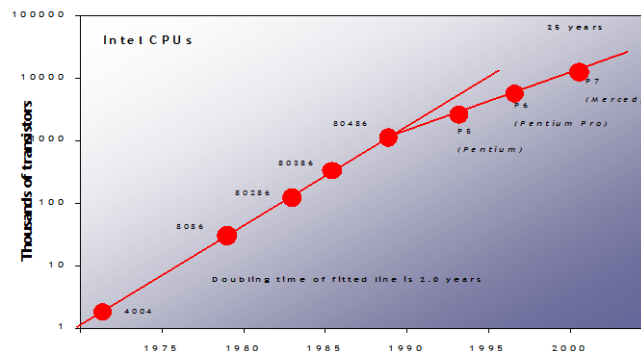
2. 3. Nanotecnología

Hay algo que considero especialmente importante. Casi todas las ramas de las tecnologías más importantes están todavía muy alejadas de sus límites físicos. Por ello es razonable esperar que cambios profundos e inesperados ocurrirán en el futuro, cambios que afectarán decisivamente al sistema económico y a nuestra calidad de vida. Por citar alguno: la nanotecnología o ingeniería a escala atómica. Tenemos ante nosotros un recorrido de ida y vuelta fascinante. Ir a la miniaturización de los componentes y las tecnologías futuras: Hacia la electrónica molecular, para luego volver a la tecnología post-miniaturización: De las estructuras moleculares hacia lo complejo.

La revolución electrónica domina nuestras vidas. Desde que se inventó el transistor hace poco más de 50 años (el 16 de diciembre de 1947 Bardeen Brattain y Shockley consiguieron que un trozo de germanio amplificara una pequeña corriente eléctrica), los componentes electrónicos han ido disminuyendo de tamaño y precio, y aumentando en número por unidad.

LEY DE MOORE

“El número de transistores en un circuito integrado se dobla cada dos años”



El cofundador de Intel, Gordon Moore, profetizó en 1961 que el número de transistores por microprocesador se duplicaría cada 18 meses. Así ha sido

durante tres décadas: en 1971 se disponía del microprocesador Intel 4004, con 2300 transistores, y ahora se usan los Pentium 3, con 28,7 millones de transistores (12.000 veces más que en el 4004). Se prevé que para el 2011 las nuevas técnicas basadas en litografía con ultravioleta extremo (EUV) darán microprocesadores con 1000 millones de transistores (un factor 40 sobre el Pentium 3) que trabajarán a 10 GHz.

Hoy un Ford Taurus tiene más poder de computación que los grandes ordenadores que costaron millones de dólares del Programa Apolo.

En 1985 Ford gastaba 60.000 dólares cada vez que estrellaba un coche en una pared para encontrar qué ocurriría en un accidente. Ahora el choque se simula en un computador con un coste de 100 dólares.

Industria. Semiconductores.

SEMICONDUCTOR PRODUCTION			
Aspect	1968	1980	1996
Transistors Shipped pa.	109	1013	2×10^{16}
Transistors / Chip	2×10^4	105	108
Min. Feature Size (μm)	10	2	0.2
Oxide Thickness (\AA)	200	100	20
Average Transistor Price (\$)	1	0.01	5×10^{-6}
Revenue (\$)	2×10^9	8×10^9	1011

Nanotecnología, Ingeniería a escala atómica.

Cuerpo humano		
Ingredientes		Nanoingeniería
Tres cajas:	<ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno - Hidrógeno - Nitrógeno 	Transforma esos ingredientes inanimados en <u>algo</u> autogenerador consciente, creativo, que anda, nada, tose, ve, piensa y sueña.
Pequeños montones	<ul style="list-style-type: none"> - Carbono - Calcio - Sal 	
“Pinches”	<ul style="list-style-type: none"> - Azufre - Fósforo - Hierro - Magnesio 	
“Puntos”	Otros veinte elementos	
Valor: NADA		Valor: INCALCULABLE

DISCOVERY: 1940s

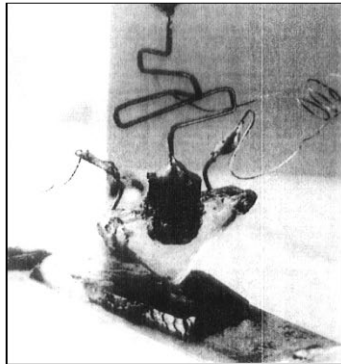


Figura 1.1. The world's first transistor, developed in 1947. It was a point-contact device roughly one centimeter across. (Courtesy of Lucent Technologies Bell Laboratoires)

APPLICATION: 1990s

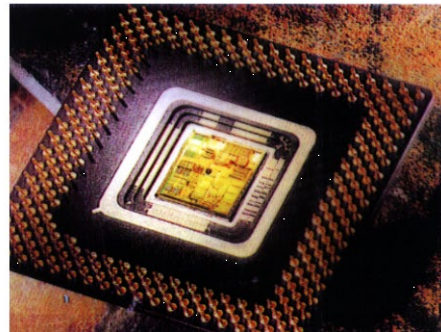


Figura 1.2. A Pentium® chip with 3,3 million transistors. Such micro-processors are at the heart of today's personal computers. (Courtesy of Intel Corporation)

RESEARCH: 1990s

APPLICATION: 2020?

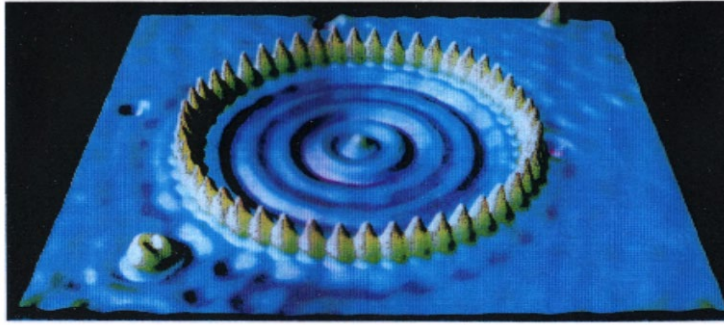


Figura 1.3. A scanning tunneling microscope (STM) image that shows the wave nature of electrons confined within a "quantum corral", 14 nanometers in diameter, made up of 48 individually positioned iron atoms on a copper surface. Devices formed by precise positioning of atoms or molecules may one day play an important role in ultrahigh-performance computer chips. (Courtesy of IBM Research).

2.4. Innovación. Riqueza

Quizás una de las grandes debilidades del sistema Europeo de Ciencia y Tecnología es que no hemos sido capaces, al menos no en el mismo grado que nuestros competidores, de transformar ideas en productos y en éxito comercial.

El crecimiento económico de Europa va a depender decisivamente del grado con que la innovación se instale en el sector industrial y de servicios. El desafío real que tiene Europa es sacar la tecnología del laboratorio y llevarla al mercado lo más rápidamente posible. Ello será necesario si se quiere cumplir el objetivo estratégico del Consejo Europeo para la próxima década, fijado en su reunión de Lisboa, el 23 y 24 de marzo del año 2000: *"Convertirnos en la economía del conocimiento más dinámica y competitiva del mundo, capaz de un crecimiento económico sostenido, acompañado de una mejora cualitativa y cuantitativa del empleo y con una mayor cohesión social"*.

La transferencia de gente e ideas desde el mundo académico al mundo de los negocios, que rara vez sucede en Francia o Japón, es de hecho algo totalmente natural en el MIT. Un estudio reciente, a cargo de "Bank Boston", revela que si las alrededor de las 4.000 empresas fundadas por los licenciados y el profesorado del MIT fueran agrupadas en un estado independiente, los ingresos que generan convertiría a éste en el vigésimo cuarto país más rico del mundo.

Nuestra debilidad innovadora es un problema global, de difícil solución y de índole fundamentalmente cultural. Hemos de empezar por modificar nuestros mecanismos mentales de valoración del éxito y apreciar más a los que se arriesgan. Una sociedad que considera un fracasado a alguien que intenta algo y no le sale bien no será nunca innovadora. Estigmatizar el llamado

"fracaso" o exigir la certeza del éxito para apoyar algo es un mal camino para el logro de una sociedad innovadora.

Es una tarea de todos. Es un problema cultural y de todo el conjunto social. No es un proceso que pueda ser planificado y dirigido desde los centros típicos del poder.

¡Ojo! ¿Qué se oye en los restaurantes de?: Washington – Protocolo – Políticos

N. York – Wall Street – Fusiones

Silicon Valey – Innovación

¿Y aquí?

3. SISTEMA EDUCATIVO INVESTIGADOR

3.1. Educación y Economía

Robert Reich, ministro de trabajo del Gobierno Clinton, en su libro, "El trabajo de las naciones", escribía que en la economía globalizada actual lo único que es nacional es la calidad de las gentes.

Calidad y habilidad de las gentes, junto con infraestructuras adecuadas, convierten a una nación en atractiva dentro de la economía mundial.. **Inversiones en salud, educación, formación en el trabajo e infraestructuras de todo tipo deberían constituir el eje vertebral de una política económica pública eficaz, competitiva y solidaria.**

Japón, por otro lado, se pregunta si la educación que tan bien le ha servido en el pasado, es lo que necesita para el futuro. Durante años el sistema educativo japonés se ha dirigido a transmitir un sistema de conocimientos pero no a despertar la creatividad, a ser fuente de innovación. Se respeta demasiado a la jerarquía del puesto, de la edad. Se prepara muy bien para responder a las preguntas que esperamos, pero no tanto para estar preparado a responder a lo inesperado. La mayoría de lo realmente importante que nos sucederá en el futuro, puede que no sea lo esperado.

Lo que más necesitamos no es gente que sea capaz de responder adecuadamente a preguntas antiguas, de claro enunciado, sino gente capaz de proponer nuevas preguntas. La mejor manera de prevenir el fin de la ciencia es dar numerosas oportunidades a nuestros jóvenes más creativos y originales. Esto no está ocurriendo. Pero necesitamos que ocurra. (P.W.Anderson).

El 50% de los profesores Europeos son mayores de 45 años!.

Como decía el Premio Nobel **Gary Becker** (1997), **la educación de la población es el mejor salvavidas de una economía**. Una población educada constituye el mejor seguro para el correcto funcionamiento, y la continuidad, de la democracia. Que es, a su vez, un requisito para el funcionamiento de las economías modernas. En otras palabras, **sin una ciudadanía culta no hay futuro**, al menos en una sociedad avanzada. (A. Cornella).

El sistema educativo debe producir individuos bien formados con unos conocimientos y aptitudes amplios, **capaces de aprender a aprender y convencidos de la necesidad de seguir aprendiendo siempre. Educación de la cuna a la tumba**. Deberá poner especial énfasis en ayudar al ciudadano a **descubrir sus capacidades, sus activos de creatividad**. En fomentar **habilidades informacionales**. La información hoy es un recurso superabundante. En el pasado la falta de conocimiento era muchas veces falta de información, hoy lo es el exceso de información. Es necesario saber analizar la información y **saber utilizar el tiempo**, el verdadero recurso escaso en la sociedad del conocimiento, **para aprender constantemente**.

3.2. Especialización

La formación del futuro debe colaborar a crear hábitos, formas de pensar, estructuras flexibles que permitan una adaptación rápida a futuros cambios. Debe consistir en una educación excelente en lo realmente básico de las disciplinas, que luego permitirá la diversificación, la adaptación y la capacidad de afrontar nuevos problemas. La especialización excesiva, impulsada por las necesidades del momento, puede ser la mejor solución para un aspecto industrial específico en un momento histórico dado, pero no es conveniente en un proceso de cambio y avance del conocimiento acelerado.

La rapidez del cambio acerca, no aleja, lo básico a lo aplicado, la Ciencia a la Tecnología, incluso, diría yo, el humanismo tradicional a los problemas económicos reales.

Hoy es más necesario que nunca acertar en un tronco básico común, flexiblemente adaptable a los imprevisibles cambios futuros. El conocimiento de los principios básicos y la aptitud y actitud para adaptarlos creativa y productivamente es más útil que el dominio de materias especializadas, por importantes y urgentes que éstas parezcan, o lo sean, en un momento concreto.

Esto no quiere decir que no sean necesarios los especialistas, cada vez serán más necesarios, lo que quiere decir es que habrá que especializarse muchas veces a lo largo de la vida. Asistiremos a un cambio de profesión varias veces a lo largo de nuestra vida. La vuelta a la Universidad a reciclarse será cosa normal. Necesitamos un sistema educativo menos rígido, gente que entra y sale, flexibilidad.

En este contexto permítaseme decir que no considero buena la tendencia a eliminar materias relacionadas con el humanismo tradicional de los currícula científicos de nuestros jóvenes estudiantes.

Propongo enseñar la ciencia a cualquier nivel, desde el inferior hasta el superior, de forma humanista. Debería enseñarse con una cierta perspectiva histórica, con una cierta perspectiva filosófica, con perspectiva social y con perspectiva humana, en el sentido de biografía, de la naturaleza de la gente que contribuyó a su construcción, sus triunfos, sus ensayos, sus tribulaciones" (I.I. Rabi). Solamente así conseguiremos transmitir una visión completa de la ciencia como algo estéticamente atractivo, técnicamente útil y culturalmente importante.

3.3. Valores

Preparar el sistema educativo para la competencia económica no nos debe hacer olvidar que la educación es un derecho fundamental, y que toma parte de un conjunto social con objetivos, valores y problemas. Los aspectos económicos de la educación no pueden oscurecer ni ocultar los aspectos culturales y de valores, que no deben ser ignorados ni menospreciados en cualquier política educativa. Es apropiado recordar a Elliot: "*¿Dónde está la sabiduría que hemos perdido con el conocimiento?*" "*¿Dónde está el conocimiento que hemos perdido con la información?*" (T.S. Elliot, Choruses from "The Rock")

3.4. Investigación al estilo americano

¿Qué podemos aprender del sistema americano?

Sintetizando, y perdiendo por lo tanto muchos matices, quizás las características esenciales del estilo americano de investigación sean:

THE AMERICAN WAY OF DOING RESEARCH

- Flexibility and heterogeneity of its institutions and disciplines.
- Intense competitions for research funds.
- Independence and creativity of individual scientist and engineers.

Organisation that has relied on an abiding faith in the **superiority of a free market** in ideas and interpreneurial competition over **top-down decision-making** in ensuring the quality and efficiency of research efforts.

3.4.1. Flexibilidad y heterogeneidad de las instituciones

No olvido la debilidad del sector industrial propio (dos de cada tres dólares que se gastan en USA en I+D los pone la empresa y tres de cada cuatro se gastan en la empresa).

Sin embargo **mi preocupación** hoy aquí es **la debilidad de la arquitectura institucional de nuestro sistema universitario e investigador**. Tenemos una deficiente arquitectura organizativa comparada con el sistema americano en lo referente a currícula, asignación de plazas, selección del profesorado, relación con la empresa, etc. que hace que el modelo americano transmita más eficazmente conocimiento, valores y actitudes innovadoras.

Quizás lo más impresionante del sistema americano de transferencia de tecnología, tal como indicaba un editorial reciente de la revista Nature (2 Septiembre 1999) sea el sistema universitario. Universidades públicas y privadas compiten libremente en un entorno con movilidad del profesorado, del cual departamentos fuertes pueden emerger - o declinar - dependiendo de la calidad de su trabajo.

Creo que fue Harriman quien, al ser preguntado por dónde estaban las cien mejores universidades del mundo, contestó: *"No lo sé, muchas son americanas. Ahora bien las cien peores todas son americanas"*.

Una educación universitaria generalizada es buena, es justa socialmente e incluso es una ventaja competitiva.

Sería demasiado simplista concluir que "más" debe significar "peor". Existen efectivamente muchos ejemplos en sentido contrario. Los Estados Unidos han avanzado más que muchos otros países hacia la "masificación" de

su sistema de enseñanza superior y, sin embargo, su cincuentena de grandes universidades de investigación están consiguiendo altos niveles académicos nunca alcanzados anteriormente. (Economist)

"Más" está unido a "peor" únicamente cuando se intenta que todas las universidades sean iguales. Es en eso donde se han equivocado Francia y otros muchos países.

A diferencia de Francia, sin embargo, California estaba decidida, desde un principio, a asegurar la diversidad y creó una jerarquía de instituciones de tres niveles: la universidad de California (University of California) (9 campus)12%, unas 160.000 personas, la Universidad del Estado de California (California State University) que también agrupa a múltiples campus y alrededor de 340.000 estudiantes; el nivel inferior reúne a unos 1,4 millones de estudiantes repartidos en la centena de "community colleges"(Establecimientos de enseñanza superior con ciclos de estudios de dos años) del estado.

3.4.2. Intensa competición. Sistemas de incentivos.

Un sistema funcional, sin incentivos incapaz de negociar mejoras individuales, dificulta en la práctica actitudes de riesgo e innovación. Cambiarlo exige un **Reconocimiento de las diferencias**.

Conseguir que en todos los niveles sea rentable, tanto personal como institucionalmente hacerlo bien, puede parecer una sugerencia trivial pero traería un cambio drástico de tendencia. Flexibilidad y heterogeneidad son más eficaces y más justas que uniformismo e igualitarismos demagógicos.

La igualdad de oportunidades, en la línea de salida, no tiene nada que ver con una extensión irracional de la política a ámbitos que no le son propios. No se decide por votación igualitaria quién pilota un avión e igualmente no deberían trasladarse fórmulas políticas válidas para otros ámbitos a todas las cuestiones de la vida universitaria. **En la Universidad existe una jerarquía, la de la creatividad, la competencia y el saber; jerarquía que no debe ser sepultada por un igualitarismo demagógico.**

Como corolario de lo anterior se deduce la necesidad de fomentar una actitud exigente y elitista en la selección del profesorado de nuestras universidades. Todavía hoy, con demasiada frecuencia, el hablar de élites en nuestras universidades es considerado reaccionario o de mal gusto. Mientras que se buscan deportistas de élite, cine de élite, no se detecta esta búsqueda en muchos de los comportamientos universitarios. ¿Qué esfuerzo estamos

haciendo, qué mecanismos tenemos en nuestra Universidad para atraer o recuperar gente buena?

No pensemos que la causa de muchos de estos problemas puede resolverse con leyes. La integridad profesional y la competencia, y perdonen ustedes la obviedad de esta reflexión en voz alta, suelen ir unidos. No pueden imponerse por decreto. Dependen de la responsabilidad individual. (C. Iglesias)

Un aspecto esencial, a incorporar más decididamente, es el reconocimiento de las diferencias y, por tanto, el tratamiento diferenciado de proyectos y personas. **No debe confundirse el noble principio democrático de combatir desigualdades impuestas, con el rechazo a la diferencia fundada en el trabajo y el mérito personal.** No hay nada más discriminatorio que la no discriminación. **Ni nada que atente más contra la igualdad de oportunidades que el llamado café para todos.**

Permítaseme una cita del gran matemático e intelectual socialista francés Laurent Schwartz en la que crítica medidas uniformizadoras, tan queridas a algunos de sus correligionarios.

"Es necesario cultivar la diferencia, la competición. Sólo ello puede permitir la evolución. La democracia supone esencialmente el reconocimiento de las diferencias. La mejor fórmula válida para nuestras universidades debería ser aquella propugnada pero nunca cumplida por Mao Zedong. Que florezcan cien flores y que compitan cien escuelas de pensamiento".

Una competición feroz no es, sin embargo buena para la ciencia. Una excesiva exigencia prematura de resultados puede anular la creatividad al fomentar lo seguro frente a lo nuevo, frente al riesgo.

Sería conveniente corregir el actual sistema de premiar en exceso la productividad y de sumergir a los jóvenes talentos en una despiadada carrera de competitividad extrema sin sitio para vocaciones más proclives a la reflexión sosegada, con la consiguiente espantada peligrosa de vocaciones científicas cuyas consecuencias podrían ser funestas. (A. Galindo)

Reconocer las diferencias, evaluar, incentivar no es sinónimo, sino al contrario, de competición extrema fundado en productividad cuantitativa. Si no sabemos distinguir corremos el riesgo de perjudicar la cultura del trabajo en equipo y apoyo mutuo que tanto han beneficiado a la ciencia en el pasado.

La competición no debe ser la fuente primera de motivación. Debemos seleccionar los problemas basándonos en la originalidad, la novedad, el desafío y el contenido científico en lugar de perseguir el éxito rápido.

3.4.3. Calidad y creatividad de ingenieros y científicos

Es necesario no equiparar éxito con cantidad. La ciencia es por encima de todo creatividad. Sin ella sólo habría ciencia subordinada. Es necesario respetar los mecanismos sutiles que vertebran la creatividad, apoyar a los grupos de excelencia, a las escuelas de prestigio.

El pensamiento, el debate, el desarrollo de la Ciencia, requiere un caldo de cultivo, una atmósfera, espacios, donde sea posible, aprender, discrepar y aprender a discrepar.

Tengo la impresión de que uno de los problemas de la docencia en nuestra Universidad es que se dirige más a informar que a formar. Me parece que **en nuestras facultades se sabe mucho pero se entiende poco**. Entender va más allá de saber. Entender es adueñarse de lo que se sabe, integrarlo, ponerlo en cuestión, pasarlo por un cedazo personal, hacerlo propio, de manera que ese saber se convierta en instrumento de análisis, en capacidad de adecuación a circunstancias diferentes, en instrumento de avance, de innovación, de creatividad.

Hay que liberar a los currícula universitarios de la idolatría al contenido.

3.4.4. Fe en el sistema de mercado frente a "top-down" decisiones

Una organización que, para asegurar la calidad y la eficacia de los esfuerzos investigadores, se ha basado en una fe continuada en la superioridad del mercado libre de ideas y la competencia entre iniciativas, antes que en un sistema jerarquizado de toma de decisiones.

La revista "Nature" preguntaba cuál es la razón por la que Italia, famosa por ser un país de creadores tenía un sistema universitario tan poco creativo. Concluía que si se ligase la financiación a la **performance**, a los resultados, a los logros, las universidades aprenderían lo bueno que es intentar conseguir gente excelente e incluso luchar por ella.

Es esencial que nuestra Universidad aumente su participación en las redes internacionales del conocimiento. Internacionalizar nuestros departamentos relacionándolos mediante fórmulas de colaboración real con los entornos más desarrollados es un requisito necesario para alcanzar y mantener un nivel competitivo. Internacionalización que exige no solamente acabar con la denostada endogamia local en la selección del profesorado, con lo que, al menos en teoría, muchos parecen estar de acuerdo, sino terminar con la endogamia nacional, postura esta que parece despertar menos entusiasmo.

3.5. Nueva Universidad

El nuevo modelo de Universidad debería estar integrado en un nuevo modelo de sociedad, en el que las personas cambiarán frecuentemente de puesto de trabajo y de profesión, en el que existirá un continuo reciclaje de trabajadores gracias a la Universidad, con un sistema educativo menos rígido, de mayor interdisciplinariedad, en el que el flujo de gentes hacia y desde la Universidad será constante y numeroso.

La vieja representación de la universidad como institución cohesiva que podía delimitar claramente el perímetro de "su capital intelectual" ya no vale. En el futuro (e incluso en el presente en algunas partes) se concebirá la universidad como un núcleo restringido rodeado por una nube de satélites de contactos.

- En una universidad del modelo codiciado por Francia y Japón, los trabajos de investigación se realizan actualmente en una red de instituciones peri-universitarias - institutos de investigación, gabinetes de expertos, asesorías y empresas instaladas en el campus - organizada de forma autónoma alrededor de la universidad y estableciendo, en aparente anarquía, contactos entre sí.

Universidad del futuro: Núcleo reducido rodeado de una nube de socios externos.

- Colaboración con la empresa. Imprescindible
- Importancia de la tecnología. Decisiva

No puede haber investigación aplicada de verdadera calidad sin un conocimiento y contacto con la investigación básica. Lo dicho no minimiza la importancia de la investigación aplicada ni de la tecnología. Al contrario la refuerza: muchos de los grandes avances científicos no hubiesen sido posibles sin la utilización de los nuevos avances tecnológicos. La mejora de los sistemas de vacío permitieron el descubrimiento del electrón en el "Cavendish Laboratory" de la Universidad de Cambridge. Avances tecnológicos en sistemas de alto vacío posibilitaron a Davisson y Germer en los Laboratorios Bell ratificar la hipótesis de de Broglie sobre la naturaleza ondulatoria del electrón. El descubrimiento del transistor en los laboratorios Bell sólo fue posible gracias a tecnologías de producción de germanio puro. La tecnología de rayos X permitió a Watson y Crick dilucidar en el Cavendish la estructura de doble hélice del ADN.

La cooperación con la industria puede servir para catalizar y aumentar la calidad de la actividad investigadora. Casos claros los vemos en la industria farmacéutica y no tienen por qué ser únicos. La industria no sólo es fuente de fondos sino fuente de problemas científicos interesantes.

Recalquemos, sin embargo, que si bien **la universidad** debe colaborar entusiasta y activamente con el tejido productivo debe hacerlo sin renunciar a su misión básica y **nunca debe convertirse en un taller barato** para las empresas.

4. DOCTORADO

El papel principal actual, al menos teóricamente, de los estudios de graduados es producir los líderes académicos e investigadores del futuro. Sin embargo a la luz de las actuales situaciones políticas y de las transiciones económicas que percibimos como pendientes, estoy convencido de que gran parte de los graduados de dichos estudios deberían dirigirse a impregnar la empresa del vigor creativo e intelectual necesario para afrontar los crecientes desafíos sociales y económicos.

No concibo la formación doctoral como algo dirigido exclusivamente a la vida académica e investigadora, sino como una preparación excelente para contribuir, decisivamente, a una economía globalmente competitiva, en cambio acelerado, y de la que la innovación y el conocimiento son los pilares fundamentales. En un doctor bien formado lo menos importante es el resultado específico de sus trabajos, de su tesis, lo importante es que la gente así formada.

- Es gente que ha aprendido el proceso de pensamiento crítico.
- Es gente que sabe que las cosas importantes, por pequeñas que sean, requieren un esfuerzo grande y a largo plazo (el largo plazo es esencial en la formación y en la política de investigación).
- Es gente que sabe reconocer que se ha equivocado y sabe rectificar (para equivocarse basta equivocarse en una de las muchas opciones).
- Es gente que sabe comunicarse y comunicar.

- Es gente que sabe formular ideas.
- Es gente que sabe discutir y defender racionalmente sus posiciones.
- Es gente que sabe extraer lo esencial de problemas complejos.

En el futuro, las empresas y toda la sociedad van a tener que afrontar problemas muy complejos, problemas que requieren ese tipo de personas: **gente flexible, capaz de pensar críticamente, con coraje intelectual y visión estratégica del futuro**, en definitiva, personas que sean fuente de innovación y creatividad para nuestra industria, para nuestra empresa, para nuestra sociedad.

Personas con esas cualidades van a ser cada vez más necesarias en un futuro que no sabemos como será, (no nos ponemos de acuerdo ni sobre como es el presente) pero será un futuro muy fundado en el conocimiento en el que sin duda habrá un exceso de información. Personas flexibles capaces de pensar críticamente son las que navegarán con eficacia en dicho futuro.

Me preocupa el bloqueo a las nuevas generaciones, algo especialmente dañino para la innovación. Creo que, en estos momentos, tenemos una juventud formada -y no quiero hacer demagogia- como pocas veces hemos tenido. Y sin embargo, podemos frustrar a una generación en sus expectativas de desarrollo universitario y empresarial. Hoy no abrir las puertas de nuestras empresas y especialmente de nuestras universidades a esta nueva generación, a los que están aquí y a los muchos que tenemos fuera, no sólo es una injusticia social, es un despilfarro económico.

Los jóvenes son a la transferencia de tecnología, a la innovación lo que los mosquitos a la malaria.

5. CONCLUSION

- **Lo que necesitamos es una inversión nacional fuerte y estable que construya una base sólida de educación y de ciencia en todos los campos de la ciencia y la ingeniería** (N. Lane) y trabajar para progresivamente lograr una

relación armoniosa entre el sistema de Ciencia y Tecnología, el educativo y la empresa.

La industria invierte en el presente: el gobierno invierte o debería hacerlo, en el futuro. La industria responde a las necesidades inmediatas del mercado. La administración pública debe realizar las inversiones de más riesgo que aseguren la competición a largo plazo. Al legislar esto no se debe olvidar. **Una buena ley más que simplemente apoyar las industrias ya competitivas debe ayudar a estimular la nueva generación de industria competitiva.**

Lo esencial es conseguir un **sistema global de ciencia y tecnología.** Un sistema distribuido que funcione **flexible y armónicamente,** sin simplificaciones unidimensionales

Lo que era un lujo en el pasado, hoy es una necesidad imperiosa. Por mero pragmatismo necesitamos impulsar en el sistema educativo, desde el comienzo, la inquietud por la innovación y la inquietud por aprender. **Pasión por aprender es hoy lo útil.**

Nunca hemos tenido mejores condiciones para el conocimiento y la innovación. No podemos caer en un pesimismo estéril. Un país que no cree en sí mismo no será capaz de hacer nada que merezca la pena.

Yo soy optimista, basado en lo único en que podemos basarnos, en hacer las cosas bien, valorando la austeridad y evitando tanto el despilfarro como el camuflar la dura realidad por una acumulación de apariencias. Hacer las cosas bien, comparándonos con los de adelante, pensando en mañana y en pasado mañana.

Es el momento de ser ambiciosos. Tenemos los mimbres para hacer una buena cesta. No es momento de pequeños cambios. Necesitamos coraje político para impulsar un salto cualitativo. Puede el que cree que puede.

Déjenme terminar retomando las ideas que enunciaba al principio de mi charla sobre el siglo XX, el siglo de los contrastes.

Como ha señalado un reciente informe del banco mundial, uno de los aspectos más peligrosos de una economía global basada en el conocimiento radica en las tensiones creadas por la creciente "brecha de conocimiento" entre los países ricos en conocimiento del norte y los pobres del sur. Dos datos escalofriantes: 1500 millones de personas viven con menos de un dólar por día y 2.400.000 de niños mueren cada año por enfermedades debidas a mal aprovisionamiento de agua.

El progreso científico técnico constituye un requisito imprescindible para lograr, de forma colectiva, una vida humana digna, pero por sí solo no garantiza dicha dignidad. La ciencia por sí sola no proporciona el remedio a los males individuales, sociales y económicos.

La ciencia crea habilidad para producir conocimiento que puede ser usado para producir riqueza. Pero sin medios adecuados para distribuir los beneficios adquiridos de dicho conocimiento las diferencias crecerán.

La frase de Heidegger, " La esencia de la técnica no tiene nada de técnica" está hoy más vigente que nunca. Es importante que la Universidad permanezca independiente y que siga "buscando" desde esa independencia, iluminar a la sociedad no sólo en conocimiento sino en comportamiento. El progreso de la ciencia, debe ir acompañado de un progreso ético equivalente. La Universidad puede contribuir a ello de forma decisiva. Y no olvidemos el consejo de Lain Entralgo: *"Sin ciencias blandas nunca serán las ciencias duras humanamente suficiente"*.

Concluyo felicitando a los nuevos doctores, animándolos a servir a la sociedad desde la libertad de pensamiento y lo hago con las palabras de un gran universitario, Francisco Tomás y Valiente.

*"Cuando se nos pregunte desde fuera de la Universidad para qué sirven determinadas áreas de conocimiento, por qué se investiga en ciertos proyectos o líneas de trabajo, no hay que buscar respuestas vergonzantes en términos pragmáticos, sino proclamar con orgullo y sin vergüenza que ésta es la institución donde desde hace siglos (más de siete en ciertos casos) se piensa sin condiciones ni límites, se aprende a dudar metódicamente, se investigan saberes aparentemente inútiles sin los cuales no habría ni ciencia ni cultura, ni vida en verdad humana. **Una institución que sólo ha sido grande cuando en ella se ha pensado con, desde y sobre la libertad.**" He dicho.*