

JOAN GUINOVART  
Presidente de la Sociedad Española  
de Bioquímica y Biología Molecular

LA UTILIDAD DE LA  
INVESTIGACIÓN  
APLICADA: UNA  
PERSPECTIVA PERSONAL



## PRESENTACIÓN

### **Manuel Portolés**

Vice-Director 2.º de la RSEAPV

**E**STIMADOS amigos y colegas. Hoy continuamos con el ciclo de Conferencias de la Económica, “La investigación científica en el siglo XXI”, con la participación de un investigador, el prof. Joan Guinovart, Presidente de la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular. En este ciclo que continuará hasta el primer día del próximo siglo, ya han pasado distinguidos bioquímicos; cabe recordar a D. Alberto Sols, a D. Santiago Grisolia o a D. Joan Oró, entre otros. Algo tendrán los bioquímicos, que suscitan tanto interés en la Investigación Científica.

¿Quién no se siente hoy en día afectado por los avances de la biología? Podemos hablar de fecundación in vitro, de clonación, de ovejas “dollys” o vacas “daisys”, de boniatos clónicos o tomates obtenidos mediante técnicas de ingeniería genética, de medicamentos producidos por medio de las biotecnologías, de las bioindustrias, de plantas modificadas, que ya no se parecen a sus progenitoras, de la aparición de nuevos animales domésticos, de la posible eliminación del hambre y de la lucha contra las enfermedades endémicas, de vacunas químicamente sintéticas, del SIDA o de la tal vez cercana curación del cáncer, de la manipulación o la cirugía de genes o la modificación del cerebro, etc., etc. Son noticias que casi diariamente van ocupando las primeras páginas de los medios de comunicación.

Por lo tanto la biología despierta expectativas y esperanzas, pero también dudas y temores. ¿Cuál será nuestro futuro? Éste es uno de nuestros objetivos, el de esta Sociedad, conocer y aproximarnos a él, al futuro.

Pues bien, uno de los colectivos que con mayores éxitos y un gran trabajo contribuye a ese futuro son los bioquímicos y biólogos moleculares. Delante, detrás o en la mitad de todas estas noticias que hemos comentado están ellos.

Esta disciplina gozó en sus orígenes de dos progenitores o quizás mejor dicho dos progenitoras, la biología y la química. Podemos decir que nació políticamente correcta con dos apellidos, como Dios manda, *bioquímica*; para que en la actualidad, como ocurría en las familias de alta alcurnia incorporase a sus apellidos, *biología molecular*; quién sabe, quizás en el futuro, y de seguir así las cosas, tengan que añadir a su linaje *atómica*.

Los bioquímicos, hoy tenemos entre nosotros a su presidente, son un grupo de profesionales de origen multidisciplinar, que estudian fundamentalmente moléculas y las reacciones que suscitan en el interior de las células. Para hacernos una idea de estas moléculas, imaginen que mientras una célula tendría la longitud de esta mesa (10 metros), una molécula ocuparía tan sólo un milímetro y una proteína un centímetro; mientras que yo mismo, en esta escala, y soy pequeño de estatura, tendría una longitud de algo más de un kilómetro y medio, qué más quisiera yo. Háganse cuenta ya de las dificultades que encierra esta disciplina.

Pues bien, a pesar de ello, y entre otras muchas cosas, la bioquímica y la biología molecular pretenden responder a preguntas como: ¿qué es la vida?, ¿cuál fue su origen, de dónde viene la vida?, ¿cómo funciona una célula, y qué reglas tiene su gobierno?, ¿es democrático?, ¿cómo trabajan los invasores de las células, los virus y las bacterias?, ¿qué secretos encierra el ADN?, ¿adónde va la vida?...

Guinovart es uno de estos científicos, que se preguntan adónde va la ciencia, y cuál es su utilidad para todos nosotros.

## LA UTILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA PERSPECTIVA PERSONAL

**Joan Guinovart**

Presidente de la Sociedad Española  
de Bioquímica y Biología Molecular

**M**UCHAS gracias a la Real Sociedad Económica de Amigos del País por invitarme, muchas gracias Sr. Director, Sr. Vice-Director, mi querido amigo y camarada Vicerector de la Universidad de Valencia, tantos amigos, incluso compañeros de clase, ha venido incluso una amiga, una compañera de clase, de mi propia promoción; esto es un raro fenómeno que no sucede todos los días.

Lo primero que tenía que decir después de haber aprendido lo que es la Real Sociedad Económica, después de haber oído la lista de personas que me han precedido en la palabra, es que yo soy aquí el más pequeño entre mis hermanos y sobre todo después de haber sabido que la última conferencia la dio Patarroyo; estoy simplemente asustado, porque ¿quién puede compararse en elocuencia a Manuel Elkin Patarroyo?

He tenido una profunda influencia de maestros valencianos. De las tres personas que más influenciaron mi formación dos fueron valencianos y creo que es en este momento obligatorio mencionarlos. Mi Director de Tesis fue Manuel Rosell Pérez, catedrático de Bioquímica en la Universidad de Barcelona, que siempre soñó que acabaría siendo catedrático de Bioquímica en Valencia y nunca lo fue; murió hace 20 años y es el responsable de que yo hoy esté aquí. Sin Manolo Rosell yo probablemente me hubiera dedicado a la Química Orgánica o la Química Física, o a cualquier otra cosa, pero él en sus clases dio una visión de la Bioquímica moderna que contrastaba con lo que en aquel momento era enseñanza de las ciencias. Un día entré en su clase por error y ya no me fui. La otra persona que también me influyó muchísimo fue Carlos Villar Palasí, que fue profesor de Farmacología en Virginia. No solamente me ha influido sino que en muchos aspectos me salvó la vida porque yo trabajaba con Joan Guarner del que él también había sido postdoctoral. Joan era un hombre muy duro y cuando me pegaba una bronca yo me iba a “tío Carlos” y me decía: no te preocupes, a mí me las pega peores ¿o no? Esto fue fundamental para que yo consiguiera mantener mi equilibrio y seguir adelante intentando esclarecer el mecanismo de acción de la insulina que como todo el mundo sabe

nadie lo ha esclarecido aún. Y también fui discípulo de Vicente Villar Palasi, aunque esto sólo fue en el ámbito teórico y su influencia en mí fue mucho menor. En conclusión, me considero hijo de Manuel Rosell y sobrino de Carlos Villar y de hecho Carlos Villar me ha adoptado a “nivel de sobrino”, mi “tío Carlos”, la relación ha sido fantástica; también con su mujer, que desgraciadamente murió hace muchos años. A través de esta gente yo he aprendido a querer a Valencia, también de mis amigos bioquímicos, y no bioquímicos, en todos ellos he encontrado como dijo Rubén Darío “Espíritus fraternos y luminosas almas” y por eso es un privilegio “haver vingut ací i poder dir-vos germans”.

Tengo que deciros también que ésta es mi primera conferencia, yo hasta ahora había hecho seminarios, había dado charlas, había explicado mis experimentos, pero conferencias aún no había hecho ninguna. Y por esto al empezar a escribir esta historia, se me ha ido un poco por donde ha querido, yo quería escribir una cosa sobre ciencia, aplicación, tecnología y la novela ha tomado el mando sobre el artista y ya veremos adónde va a parar. En cualquier caso os tengo que decir que esto es una versión 1.0, es una versión aún no “debugizada”, como dicen los informáticos.

Estamos en la época de la ciencia, sin ninguna duda nunca la ciencia ha tenido tanto éxito ni su impacto en nuestras vidas ha sido tan grande y la prueba es que cada vez en los medios de comunicación se habla más de ciencia, las revistas, periódicos, televisiones dedican más tiempo a la ciencia. Sin embargo, a pesar de este éxito aparente social de la ciencia, las ideas de la ciencia y el proceso mismo de la ciencia son completamente extrañas a la mayoría de la población; tenemos aquí una paradoja. La prueba de lo que os digo es que la mayoría de la población aún es completamente extraña a la idea de la ciencia, lo tenemos en que mucha gente no cree en la Teoría de la Evolución, los que están familiarizados con la cultura de los EE.UU. saben que incluso hay una sociedad de “creacionistas” que está intentando imponer en EE.UU. o obliga en determinados estados a que se dedique la enseñanza de la Biología tanto tiempo a la Teoría de la Evolución como a la Teoría de la Creación.

Muchos otros, no aceptan que la tierra gira alrededor de sol, incluso en entre aquellos que sí creen que la tierra gira alrededor del sol, muy pocos podrían explicarlo. Mucha gente acepta las ideas de la ciencia simplemente porque se les ha dicho que son verdad, no porque las entiendan. El hecho es que la gente, la población, no entiende, no comprende la auténtica naturaleza de la ciencia, a la ciencia la contempla con una mezcla de admiración y de temor. Temor porque se le ve como la fuente de muchos problemas de la sociedad moderna, y tenemos aquí múltiples ejemplos, y a la vez con una cierta admiración porque piensan que la ciencia puede ser la fuente que proporcione las soluciones para estos problemas.

El mensaje que se transmite tanto en los libros de *Dr. Frankenstein o el moderno Prometeo* y en muchos otros artículos es que la ciencia es peligrosa, que la ciencia deshumaniza, que es materialista, arrogante, que le quita lo mejor del mundo y que lo vuelve prosaico; de hecho estas frases están tomadas de un dis-

curso del presidente de la República Checa. Fijémonos sin embargo de dónde vienen estas ideas, no vienen de la evidencia de la historia, vienen de la imaginación de artistas que han modelado la ciencia según su propia imaginación. Fue Mary Wollstonecraft Shelley quien creó el monstruo del Dr. Frankenstein, no la ciencia, nunca ha existido el monstruo de Frankenstein, pero esta imagen es tan potente que ha levantado temores sobre la ingeniería genética que son hoy en día muy difíciles de eliminar.

Las actitudes críticas respecto a la ciencia indican a la vez ambivalencia y polarización. Las estadísticas confirman que hay mucho interés y admiración por la ciencia y de ahí venían no solamente las estadísticas sino la medida de los espacios que decíamos que dedican las televisiones, los periódicos y las radios a la ciencia.

Todo esto está asociado a la creencia de que la ciencia puede resolver todos los problemas. Al mismo tiempo, otros sienten temor y hostilidad contra la ciencia, ya que ésta se percibe como materialista y destructiva de cualquier sentido espiritual. Se le considera por ejemplo entre otras muchas cosas responsable de la amenaza de la catástrofe nuclear y del desencanto generalizado por la moderna sociedad industrial que poluciona y deshumaniza. Los científicos son vistos como técnicos fríos, sin sentimientos, el temor a la ingeniería genética y a la manipulación de embriones humanos crece y la imagen del Dr. Frankenstein cada vez parece más real. Los científicos cuando no son presentados como sabios locos se les imagina con batas blancas, gafas muy gruesas y un tubo de ensayo en la mano, corriendo de arriba para abajo gritando: ¡Eureka, eureka, lo encontré!, y esto está claramente relacionado con la falta de comprensión del funcionamiento de la ciencia y de la manera en que trabajamos los científicos.

Muy poca gente tiene una idea clara de la cantidad de esfuerzo, de la cantidad de trabajo que hacemos en los laboratorios. Los medios de comunicación prestan atención solamente a los descubrimientos más espectaculares, éste es el mensaje que dan, pero no dan ninguna pista de cómo los científicos trabajan y cómo se desarrolla el proceso de creación de la ciencia, el público percibe a los científicos como superespecialistas interesados solamente en hechos muy concretos.

También es engañosa la idea de que existe un único método científico, se presenta de tal manera que parece que exista una fórmula mágica que proporciona un sistema que si se sigue fielmente conduce al descubrimiento.

Cualquier idea de creatividad en ciencia se relaciona románticamente con la creatividad artística, cuando de hecho todos sabemos que no es así y que la creatividad en ciencia tiene una enorme base sobre el trabajo.

Una buena parte de la hostilidad hacia la ciencia puede explicarse por la dificultad que tienen los no científicos en entender la ciencia, y creo que éste es un punto clave en el razonamiento que os voy a hacer. Este hecho se debe a que la ciencia, en contra de lo que puede parecer, implica un modo de pensar que no es intuitivo y que frecuentemente está lejos de nuestra experiencia diaria. Un buen ejemplo lo tenemos en la física, en el movimiento; un cuerpo en

movimiento continuo moviéndose eternamente a menos que se le aplique una fuerza que lo pare. Esta idea fue revolucionaria, la propuso Galileo en el s. XVII hace más de 200 años, y es completamente diferente del concepto de Aristóteles basado en el sentido común, postulado 400 años antes de Jesucristo, y que decía que el movimiento de un objeto requiere la acción continua de una fuerza. Aristóteles propone lo que parece más intuitivo, más de sentido común, es decir, un cuerpo se mueve solamente si se le aplica la acción continua de una fuerza. La verdad es lo que dijo Galileo, un cuerpo se mueve a menos que una fuerza lo pare. El estado natural para un objeto en movimiento es la línea recta y a velocidad constante; es lo que conocemos como la primera ley de Newton. Sin embargo, esto no es obvio, incluso muchos de nuestros estudiantes si les preguntáis os dirán que el concepto real es el de Aristóteles.

Una bola en movimiento en la vida real se para debido a que actúa sobre ella una fuerza, que es la fuerza de rozamiento entre ella y el plano en el que se mueve, ahora bien, el enorme cambio conceptual que el pensamiento de Galileo requiere es un indicio claro de que la ciencia a menudo explica lo familiar, lo cotidiano, en términos de lo no familiar. La idea de Aristóteles sobre el movimiento nos resulta mucho más familiar que la de Galileo y la de Newton. La situación es mucho más chocante si se piensa en lo que ocurre cuando una bola se lanza hacia arriba, la mayoría imagina que existe una fuerza hacia arriba que actúa cuando la bola ha salido de la mano. La verdad es que la única fuerza que actúa sobre la pelota es una fuerza hacia abajo, no hacia arriba como parece ser debido a la gravedad. Este problema no es nada simple y la segunda ley de Newton nos da la explicación, son las fuerzas al actuar sobre los cuerpos lo que provocan cambios en la velocidad, en las aceleraciones. De tal manera que la aplicación de una fuerza no hará mantener el movimiento, sino que lo que hará será aumentar o disminuir la velocidad, la fuerza de la gravedad actúa acelerando la bola hacia la tierra, lo que es equivalente a retardar el movimiento hacia arriba hasta que eventualmente la bola cambia de dirección.

El punto de vista raíz, el punto de vista inocente que tiene la mayoría de la gente y muchos de nuestros estudiantes es muy similar a la Teoría del ímpetu que propuso Philoponus en el siglo VI y otros pensadores del siglo XIV, “al poner un objeto en movimiento se imprime a dicho objeto un ímpetu tal que lo mantiene en movimiento”. Que se siga pensando en términos de ímpetu, casi 300 años después de Newton, demuestra la dificultad de asimilar una idea científica que es anti-intuitiva.

En el campo de la química tenemos otro ejemplo en la Teoría del flogisto, que se plantea el problema de qué ocurre a un cuerpo o a un objeto cuando está ardiendo. En términos aristotélicos, y de sentido común, todo el mundo ve que cuando algo arde claramente hay alguna cosa que abandona el objeto que se quema, ¡si es que se ve! Este algo se pensó que era el flogisto al cual para reconciliar ésta situación se le llegó a atribuir un peso negativo, el flogisto pesaba negativamente. Es decir cuando el flogisto abandonaba el objeto, éste pesaba

más, puesto que el flogisto pesaba en forma negativa. Y hasta tal punto la gente tiene que montar inteleguías intelectuales para aceptar lo que el sentido común le dice, de que hay algo que abandona el objeto que se quema. De nuevo el sentido común es engañoso, ya que la característica fundamental es que cuando algo se quema, se toma oxígeno en lugar de que algo abandona el producto.

La idea misma de la metamorfosis está enormemente en contra de lo que es la experiencia diaria y aquí puedo contar yo una anécdota personal que me parece muy interesante para los alumnos. En el año 72 cuando yo estaba escribiendo la Tesis nos fuimos a vivir a una masía que tenían los padres de mi mujer en un pueblo de la provincia de Tarragona y había una balsa que estaba llena de agua, y yo le dije al “Xiscu” (que era el hombre que cuidaba la granja): ¡Caramba Xiscu!, cuando todos estos renacuajos se vuelvan ranas, qué festival tendrá aquí por las noches. El hombre me miró muy serio y me dijo: ¿Que un renacuajo se vuelve rana?, ¿desde cuándo tú has visto que un cerdo se vuelva un burro?”. Evidentemente, la idea de la metamorfosis estaba en contra de su sentido común, él tenía allí 500 cerdos, entraba cada día a darles de comer y a limpiarlos y nunca había encontrado que en lugar de cerdos hubiera burros, siempre eran cerdos; no tenía ningún sentido que los renacuajos se volvieran ranas. Entonces su mujer para quedar bien conmigo dice: ¡Es que el Sr. Juan lo habrá leído en un libro!, y Xiscu dice muy serio: ¡y qué!, ¿no se pueden equivocar los que han escrito los libros? Este es un magnífico ejemplo del tipo de duda que tiene que perseguir al científico, “el Xiscu” de hecho no estaba tan lejos de los científicos. Quiero decir con esto que las leyes de la naturaleza no se pueden simplemente inferir de la experiencia normal del día a día.

Otras dificultades se añaden al proceso de hacer la ciencia inteligible al lenguaje ordinario; todos sabemos lo difícil que es expresar en términos simples determinados conceptos. Entender la Ciencia es un proceso jerárquico, es casi imposible entender los conceptos más avanzados a menos que se dominen los conceptos básicos. A menudo es incluso difícil poner los conceptos en lenguaje cotidiano, eso es particularmente cierto en lenguaje de la física, donde las matemáticas juegan un papel crucial. No tiene por qué haber una traducción simple de las fórmulas matemáticas en conceptos que tengan sentido en términos de objetos observables. Eso es lo que hace la mecánica cuántica, los agujeros negros y mucho de la Física inaccesible a la mayoría de la gente, porque no tenemos cómo representarla en términos de objetos inteligibles. Lo mismo ocurre, por ejemplo, con la Química que tiene un profundo lenguaje, un profundo arcano de fórmulas, que al químico sí le indican sobre las relaciones entre los átomos, sí le dan una pista sobre la estructura, pero por ejemplo, ¿qué le dice la fórmula del colesterol, a un no químico? ¿Cuántos de los que han pasado por el edificio de los químicos (al lado del antiguo Instituto de Investigaciones Agronómicas), y han visto allí la fórmula del ciclopentano-perhidro fenantreno, han entendido qué es lo que hay allí, en ese escudito que está en la puerta, al lado de Sto. Tomás de Aquino? Lo mismo ocurre con los conceptos básicos



de la Biología Molecular, no son mucho más intuitivos que la Física. Que toda la información esté escrita en el ADN y que la información defina estructura de proteínas que son las que confieren propiedades a las células, no es fácil de explicar y mucho menos de entender en un momento si no se tienen profundos conocimientos básicos sobre Química y Biología.

Los humanos somos muy buenos en determinados tipos de problemas, sobre todo en el control de todo aquello que implica el dominio de nuestro entorno. El conocimiento científico sin embargo no sólo es visto poco relacionado con la vida diaria, sino que incluso es innecesario para la evolución humana, ya que es mayoritariamente la tecnología, no la ciencia, la que ha marcado los hitos principales de la evolución humana. Y esto puede parecer una paradoja, ¿qué nos está diciendo este hombre?, se preguntan ustedes. Es cierto que mucha de la tecnología moderna está basada en la ciencia, sin embargo esta asociación entre Ciencia y Tecnología es muy reciente, es de hace menos de 100 años, de hecho, mucha gente no precisa bien, no distingue bien las diferencias cruciales entre ciencia y tecnología y a esto voy a dedicarle los siguientes minutos, ¿qué diferencia ciencia de tecnología?

Esa dificultad de diferenciar Ciencia y Tecnología ha jugado un papel fundamental en oscurecer para el público la auténtica naturaleza de la ciencia. Para entrar en el tema directamente podemos decir que la ciencia produce ideas, mientras que la tecnología lleva a la generación de objetos o productos útiles. La tecnología es mucho más antigua que la ciencia, mucho más, la tecnología empieza en los albores de la civilización, e incluso mucho antes, y toda esta tecnología se desarrolló sin la ayuda de la ciencia que nació mucho después. Sin la ayuda de la ciencia, la tecnología ha conducido a la fabricación de los instrumentos del hombre primitivo, al desarrollo de la agricultura y la metalurgia, las catedrales góticas e incluso la máquina de vapor son logros de la tecnología que no deben nada a la ciencia. No es hasta el siglo pasado, el XIX, cuando la ciencia empieza a tener un impacto en la tecnología. En la evolución humana la capacidad de hacer herramientas y así controlar el medio ambiente fue una gran ventaja, pero la capacidad de hacer ciencia fue casi completamente irrelevante.

Para algunos historiadores la tecnología, empezando por la fabricación de utensilios, es ciencia puesto que implica resolución de problemas, de hecho los instrumentos agrícolas primitivos, la metalurgia, los tintes, el mismo vidrio, aparecieron miles de años antes de lo que entendemos como ciencia, son tecnología y ésta no requiere del tipo de pensamiento o de teoría que la ciencia proporciona. Los logros tecnológicos de las culturas antiguas fueron enormes pero, sea cual sea el proceso por el que se lograron, no estaban basados en la ciencia, no hay evidencias de que teorizaran acerca del proceso tecnológico ni tan sólo de las razones por las cuales funcionaron.

A medida que la tecnología avanzaba se lograban inventos más complicados como el telescopio, la brújula y la máquina de vapor. Se puede pensar que la ciencia, que por entonces ya había avanzado significativamente, hizo contribuciones importantes a estos inventos; sin embargo tampoco éste es el caso.

Por ejemplo, Galileo comenta que podemos estar seguros de que el primer inventor del telescopio fue un artesano fabricante de anteojos que al manejar dos lentes al mismo tiempo, una convexa y otra cóncava, miró por casualidad a través de ella, se dio cuenta del efecto y descubrió el instrumento. El mismo Galileo mejoró el telescopio mediante pruebas y errores, ayudado por su habilidad para hacer instrumentos, no por su comprensión de las leyes de la óptica. Francis Bacon, al revés que Galileo, no diferenciaba entre ciencia y tecnología, los tres inventos que él identificaba como la fuente de los grandes cambios en la Europa renacentista eran: la imprenta, la pólvora y la brújula. De hecho estos inventos son importados de la China y no debían nada a la ciencia. Sin embargo, Bacon creía que los avances científicos transformarían la actividad humana a través de los cambios tecnológicos, aunque no tenía ni un solo ejemplo en el que poder basarse. La rueda ilustra muy bien la falta de relación entre tecnología y ciencia. Veamos, ¿por qué una rueda hace más fácil mover una carga? La respuesta no es muy difícil pero tampoco es obvia, la rueda reduce la fricción entre el objeto a mover y el suelo, mucho del trabajo que se requiere para mover un objeto sobre una superficie es necesario para vencer el rozamiento o fricción entre el objeto y la superficie. La rueda reduce la fricción porque el eje está pulido, al introducir la rotación en la superficie. Sin embargo, esta comprensión del por qué una rueda funciona basada en la ciencia es completamente innecesaria, tanto para inventar la rueda como para darse cuenta de su utilidad.

La mecánica de la construcción de nuevo ilustra la independencia entre tecnología y ciencia hasta tiempos muy recientes. La Estática (ciencia que estudia las fuerzas que actúan sobre un cuerpo cuando está parado, como un arco, o un puente) fue fundada por Arquímedes al determinar el centro de gravedad de objetos simples. Tuvieron que esperarse 1.800 años para que se produjeran en este tema nuevos avances. Simon Stevin, en Holanda en el siglo XVI, mostró cómo estudiar combinaciones más complejas de fuerzas, cómo calcular correctamente las fuerzas que actúan sobre una estructura, quedando claro este tema en los siglos XVIII y XIX. En consecuencia, ninguno de los edificios construidos con anterioridad hizo uso de principios científicos, las grandes catedrales, los puentes, incluso aquellos primeros puentes de hierro fueron construidos solamente sobre bases empíricas.

Ahora voy a remarcar una paradoja, “la ciencia por contra y al revés de lo que muchos pensamos ha sido siempre dependiente de la tecnología, es la ciencia la que depende de la tecnología”, tanto por lo que se respecta a las nuevas ideas como para disponer de nuevos aparatos con los que conseguir y continuar investigando el mundo.

Las motivaciones que mueven a la tecnología de la ciencia son muy diferentes, el producto final de la ciencia es una idea, información, conocimiento, quizás un trabajo científico (hoy en día una publicación), sin embargo, el producto de la tecnología se mide en función de su novedad y del valor que una determinada cultura le atribuya.

La pregunta se puede plantear en términos aún más interesantes: ¿qué es lo que mueve al avance científico?, y ¿qué al tecnológico? La tecnología, la actividad inventiva, está gobernada por el valor esperado de la invención, y las patentes también ilustran la diferencia entre ciencia y tecnología, no se pueden patentar las ideas; el premio del inventor es el dinero, el premio del científico es el reconocimiento y la estima de sus colegas.

La misma naturaleza del pensamiento científico y tecnológico es distinta, muchos aspectos de la tecnología son visuales mientras que la ciencia requiere exposición de conceptos que a ser posible debe poder hacerse con el lenguaje de los símbolos, particularmente los símbolos matemáticos.

La relación entre ciencia y tecnología y éxito industrial en las sociedades modernas es muy compleja. Muchos se preguntan por qué la industria japonesa en los años 60, o ahora la coreana o la de la que llaman los tigres de Asia, Singapur, etc., ha tenido tanto éxito, se ha sugerido y es probablemente cierto que ésta no se basa en la ciencia, poco desarrollada en el Japón de los 50 ó de los 60 y muy incipiente aún en sitios como Singapur, Hongkong o Corea (que por otra parte tiene una enorme producción industrial). En fin, como digo, el éxito de estos países, del desarrollo industrial, no se basa en que tengan ciencia propia, sino en la habilidad para aplicar la ciencia. Toda la industria japonesa está basada en el transitorio circuito integrado, sin duda la invención del transistor fue la consecuencia del conocimiento científico, seguro, pero su explotación es algo completamente diferente. Los japoneses han demostrado que para tener una industria floreciente no es necesario tener una buena base científica. La traducción de los avances científicos en realidades industriales requiere muchos otros componentes y la adecuada organización social.

El caso de la aplicación de los avances científicos e ingeniería genética y otros procesos de utilidad, nos revela nuevas facetas de este proceso de aplicación de los recientes avances científicos. La preocupación social por la ingeniería genética va en aumento, los periódicos publican historias sobre los peligros de la ingeniería genética y del proyecto "genoma humano" y presentan el cliché de que los científicos quieren jugar a ser Dios. Curiosamente estas ansiedades coexisten con la esperanza de que la ciencia va a proporcionar la solución para las enfermedades de mayor mortalidad como el cáncer y las enfermedades del corazón o solución a los defectos genéticos.

Algunas de estas preocupaciones pueden estar relacionadas con la idea de que el conocimiento es peligroso, no olvidemos que Prometeo fue castigado por traer el conocimiento al mundo y que Adán fue expulsado del paraíso por comer del árbol del conocimiento. Aquí nos hemos de plantear por un lado la responsabilidad social del científico en cuanto a informar al público de las implicaciones de su trabajo y en particular cuando se trata de un tema para el que hay una especial susceptibilidad social. El científico debe informar al público del nivel auténtico de fiabilidad y de practicabilidad de sus resultados, de tal manera que no se levanten expectativas exageradas o temores infundados. Probablemente la ignorancia de la naturaleza de la ciencia y de su relación con la tecnología ha contribuido a presentar una imagen equivocada y falsa del papel

de la ciencia, de tal manera que las aplicaciones de la ciencia no son necesariamente la responsabilidad de los científicos.

Vamos a pasar revista ahora a una serie de conflictos que se nos plantean como consecuencia de la disponibilidad teórica de la terapia génica, de la ingeniería genética y veremos como en ellos no descubrimos nada nuevo; entonces: ¿por qué suscitan estos temores? Hagamos, por ejemplo, una reflexión sobre la bomba atómica, los muertos en Hiroshima fueron alrededor de 200.000; unos pocos meses antes, el bombardeo de Tokio con bombas convencionales causó 100.000 muertos, de forma similar las bombas incendiarias en Dresden en Alemania causaron también 100.000 muertos. Todas estas cifras deben contemplarse en la perspectiva de los 50 millones de personas que en el siglo xx han muerto por armas de fuego o por explosivos convencionales, más otros 50 millones que probablemente han muerto como consecuencia de los conflictos. Nadie ha caído en la tentación de acusar a la ciencia de los 50 millones de muertos por métodos tradicionales, balas, bombas... probablemente porque los instrumentos que se usaron para matarlos están basados en pólvora y en una tecnología que resulta familiar, mientras que los muertos de la bomba atómica no resultan en nada familiar porque la tecnología no es familiar. Sin negar el potencial terrible de las armas nucleares, no nos engañemos, deberíamos ser conscientes de esta situación que lleva a la confusión entre instrumento y crimen, particularmente cuando el instrumento es tan misterioso como la bomba atómica.

Es pues responsabilidad del científico contribuir a minimizar esta alineación en lo que sea posible. Los científicos producimos, como hemos dicho antes, conocimientos y tenemos la obligación de explicar las implicaciones de dicho conocimiento, sin embargo, la implementación, la aplicación de este conocimiento es y debe ser una decisión social y política, la ciencia no es responsable por la mala aplicación del conocimiento, el conocimiento en el sentido científico es intrínsecamente bueno, cualquier incremento en el conocimiento de nuestro mundo es un paso positivo y hay que aplaudir a la ciencia por ello. Una vez dicho esto hay que volver atrás e insistir en que los científicos tienen la obligación de examinar las implicaciones sociales de su trabajo, no para decidir cómo debe o no debe ser utilizado, que en el caso de la bomba atómica fue claramente una decisión política, sino de cara a dejar clara la fiabilidad de la interpretación de sus observaciones científicas.

Determinadas áreas de la ciencia importan muy poco al público, si una teoría determinada es errónea o no, éste es un problema de los científicos, sin embargo otras áreas son de una enorme importancia para el público. Éste es el caso de la genética humana, determinadas características de comportamiento se presentan como debidas únicamente a control genético, ignorando las influencias del comportamiento. Me refiero naturalmente al determinismo biológico que postula que muchas características del comportamiento humano como la agresividad, el altruismo, la bondad o la maldad están programadas genéticamente.

En casos como éste, los científicos tienen la obligación de analizar y explicar la fiabilidad de sus observaciones con un vigor extremo y el público tiene derecho a exigir la evidencia y la evaluación de forma activa. El ejemplo más claro de la aplicación social de teorías cuya fiabilidad no estaba bien contrastada es la eugenesia.

Recordemos que Charles Davenport, que consiguió que se fundara los laboratorios Cold Spring Harbor, fundó también la Eugenis Educational Society, cuya misión era precisamente eliminar de la sociedad, purificar lo que él llamaba “el plasma génico” de la sociedad, y contribuyó realmente a la esterilización y a apartar mucha gente que él se consideraba que estaban debilitados y que contribuían a debilitar el plasma génico de la especie humana. Este error de Davenport fue por atribuir los comportamientos a las acciones de un solo gen cuando en aquella época ya estaba perfectamente conocido que la herencia del comportamiento humano es poligénica, y así se permitió proponer y afirmar entre muchas otras barbaridades que la prostitución por ejemplo era debida a un erotismo innato. Esas ideas sin duda ofrecieron las bases teóricas para la limpieza étnica que luego aplicaron los nazis.

En algunas áreas esta distinción entre conocimiento y su aplicación, entre ciencia y tecnología no es tan obvia y es probablemente esto lo que ocurre con la ingeniería genética y la terapia genética. La ingeniería genética nos ofrece medios para operar la constitución genética de los animales y de las plantas, de hecho ofrece un potencial muy útil para resolver problemas relacionados con el control de plagas, uso excesivo de fertilizantes y otros muchos. Sin embargo, la sola palabra ingeniería genética conjura fantasmas muy antiguos, tan antiguos como el mito del Minotauro. Poseidón hizo que la reina de Creta, Pasífae, mujer del rey Minos, se enamorara de un toro y el resultado de su unión fue un monstruo, el Minotauro, la primera quimera. Frankenstein también creó un monstruo. Existe en la sociedad un miedo, de raíces muy profundas, hacia las quimeras, eso de entrada da una mala imagen a la ingeniería genética. Tenemos ahora la posibilidad de insertar genes sanos para corregir deficiencias genéticas, ¿hemos de hacerlo? Creo que hay que distinguir entre la inserción en células somáticas o en la línea germinal, es decir entre inserción de genes que sólo afectan al individuo al cual se le han insertado o aquellos que pueden ser transmitidos a generaciones futuras.

La transferencia de genes nuevos a un organismo no debería plantear ningún problema ético, lo estamos viendo rutinariamente en el trasplante de órganos o en el de médula ósea. Es más, los tratamientos con radiación o con determinados fármacos anticancerosos están precisamente dirigidos a alterar el material genético y nadie se escandaliza. Podemos invocar problemas de seguridad, pero no aparecen esencialmente diferentes de los que se involucran en la puesta en marcha de cualquier nuevo fármaco. Hay unos procedimientos perfectamente establecidos para introducir nuevos fármacos en la práctica médica, que podrían seguirse en el caso de la terapia génica; es difícil imaginar que alguien pueda objetar a curar una enfermedad si la cura está disponible aunque sea una cura genética.

Probablemente la ansiedad, el temor, viene de pensar que estamos en una pendiente y que podemos resbalar por ella de forma imparable. El argumento de que si se empieza a introducir genes para tratar la enfermedad no se tardará mucho en hacerlo para cambiar otras características. Dicen que podríamos acabar insertando genes para hacer a la gente más guapa, más inteligente, más alta. El argumento continúa, aunque inicialmente la técnica se limite a células somáticas, inevitablemente se acabará también introduciendo genes en la línea germinal. Sin embargo muchas de las objeciones a manipular los genes de las células somáticas para conferir propiedades deseables, no son intrínsecamente diferentes de lo que estamos haciendo por otros métodos. Imaginemos que podemos manipular genéticamente las reservas de grasas para hacer a la gente más guapa, más esbelta, ¿cuál es la diferencia con la cirugía estética? Vayamos más allá, imaginemos que podemos mediante ingeniería genética modificar la memoria o alguna capacidad intelectual, puede argumentarse que eso es injusto ya que solamente los poderosos que tienen el dinero suficiente para acceder al tratamiento podrían obtenerlo. Y de esta forma abusar de él y obtener ventajas de forma injusta.

También se pueden plantear problemas de seguridad, de garantizar que el tratamiento no produce efectos secundarios, podríamos incluso decir que sería aceptable para los adultos pero que no es éticamente aceptable para los niños. Sin embargo, todo esto no es muy diferente de lo que ocurre hoy mismo, los padres tratan de dar ventajas a sus hijos enviándolos a escuelas privadas, contratando clases particulares, de hecho la automejora es una cualidad muy valorada socialmente, el ejercicio mejora el sistema cardiovascular, la fibra la tomamos para mejorar nuestros intestinos, la gente medita para mejorar su bienestar, y ¿qué hay de malo en hacerlo con genes en cuyo bote se ha puesto una etiqueta sobre posibles efectos secundarios?, ¿podemos encontrar de mal gusto que alguien utilice genes para mejorarse a sí mismo de determinada manera? Esto es lo que hay y no es intrínsecamente distinto de lo que estamos haciendo con otras técnicas.

La posibilidad de introducir genes en la línea germinal, sin duda plantea problemas distintos, por ejemplo, podemos corregir un defecto del que somos portadores; esta acción puede ser una solución para aquellas familias que saben que pueden tener un hijo con una gran probabilidad de defecto genético. Si las mujeres tienen el derecho a tener un hijo infectado de SIDA, parece inmoral que no tengan derecho a corregir defectos que quedarían normalizados para siempre.

A pesar de ello, a pesar de ello, el introducir genes en la línea germinal está plagado de peligros, hay demasiados riesgos como para que el proceso sea aceptable en el momento presente, y por ello, está prohibido por la Ley en muchos países y de hecho el diagnóstico prenatal hace que la terapia génica en la línea germinal sea innecesaria.

En cualquier caso, es bien curioso que la gente esté tan preocupada por la terapia génica que por lo que se sabe aún no ha hecho daño a nadie y por contraste tenga una aptitud tan pasiva y tan permisiva en el caso del SIDA, el taba-

co, las drogas o el alcohol que tanto daño hacen y están haciendo a los niños ya en el útero.

Quizás una vez más la respuesta está en el miedo a lo desconocido a procesos, palabras y técnicas que la gente no entiende. Podemos encontrar un paralelismo con la vacunación en el siglo pasado, la vacunación despertó una hostilidad tremenda, y sólo cuando el público tuvo una comprensión adecuada del proceso pasó a aceptarla. Habría que hacer pues un esfuerzo para educar a la gente en el ADN y en su tecnología, de tal manera que pudieran apreciar la Ingeniería genética desde un punto de vista racional como acabaron haciéndolo con las vacunas.

Hay también considerable ansiedad acerca del proyecto genoma-humano, que pretende hacer un mapa de todos los genes y encontrar la función de cada uno de ellos. Sin duda esto nos proporcionará medios para la detección temprana de anomalías genéticas, como predisposición al cáncer, a las enfermedades coronarias o a las enfermedades mentales.

Se teme que el resultado de este proyecto pueda ser utilizado por las empresas a la hora de contratar personal o por las compañías de seguros, en una forma antisocial. Una vez más esto no es nuevo, y de hecho el problema de la predisposición potencial hacia una enfermedad es un tema que ha estado abordado por las compañías de seguros, respecto a fumar, o a tener anticuerpos antivirales del SIDA. De nuevo es el temor a lo nuevo, a lo desconocido en lo que reside la base de la polémica, ¿cómo podemos entender si no la histeria colectiva en la que entró Europa respecto a la enfermedad de las vacas locas hace pocos meses? El público dejó de comer carne de ternera que representaba un peligro ínfimo, mientras continuaba fumando, viajando en moto sin casco o ingiriendo alcohol en grandes dosis, todos ellos comportamientos que implican un riesgo mucho mayor y mucho más seguro que el de comer carne de ternera o carne de buey, pero sin embargo estos riesgos los despreciamos porque son riesgos conocidos mientras que los priones despertaban el temor de lo desconocido.

No voy a decir sin embargo, que no haya aspectos peligrosos en toda la nueva biotecnología (ni mucho menos), lo que hay que hacer es que no se produzca un rechazo sólo porque la humanidad tiene un miedo atávico a los animales quiméricos, lo esencial es informar y abrir un debate, no sólo para los científicos, sino también para el público en general, los científicos debemos informar de cuáles son las implicaciones y las consecuencias de los procedimientos, no es correcto que los científicos tomen las decisiones morales o éticas ellos sólo. Los científicos deben ser muy cautos en aquellos aspectos que tienen implicaciones sociales, sería un grave error que la responsabilidad de las decisiones éticas se dejara solamente en manos de los científicos, recuerden el caso de la eugenesia.

Las decisiones de tipo social y político deben ser tomadas por los representantes elegidos por el pueblo, que deben disponer de la mejor y más fiable información científica sobre el tema, incluso hay que estar alerta para no caer en la tentación de tomar las ideas científicas como un dogma o tratar a la ciencia como infalible. Muchas gracias.