

# DISCURSO DE DON GINÉS MORATA

**Magnífico y Excelentísimo Sr Rector, Excelentísimos Sres miembros del Claustro, Ilustrísimas autoridades, Señoras y Señores**

Quiero iniciar esta presentación declarando mi enorme agradecimiento a la Junta de Gobierno de la Universidad de Alcalá de Henares por el gran honor que me hace otorgándome el Doctorado Honoris Causa, así como al departamento de Bioquímica y Biología Molecular y la Facultad de Biología por proponerlo. Es la mayor distinción académica que he recibido, y que provenga de una de las Universidades mas antiguas y de mas prestigio de España me llena de orgullo. Aunque no estoy seguro que lo merezca, siempre recordaré la fecha del 4 de Octubre del 2007 como uno de los hitos de mi carrera científica. Mi madrina en este acto, la Profesora Maria José Toro, ha hecho una alabanza desmedida de mis méritos que naturalmente acepto encantado, pero que creo que está en parte contaminada por una vieja y entrañable amistad.

Como genetista en activo creo firmemente en el determinismo genético. Buena parte de lo que somos y lo que valemos lo establece el genoma que nos ha sido sobrevenido por los procesos de recombinación que ocurrieron durante la maduración de las células germinales de nuestros padres. Pero aún así, creo que el destino de una persona está en gran medida determinado por factores coyunturales que son ajenos al genoma y ajenos también a los méritos y a los deseos del propio interesado. Son aquellas situaciones que, frecuentemente desapercibidas en primera instancia, aparecen con la perspectiva del tiempo como los elementos claves de la historia.

En lo que respecta a mi vida profesional, estos factores determinantes ocurrieron durante el periodo de formación predoctoral en Madrid, durante mi estancia postdoctoral en Cambridge (Reino Unido) y después de mi incorporación al Centro del Biología Molecular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Autónoma de Madrid.

## **Las etapas profesionales**

El periodo de formación predoctoral es una etapa crítica, posiblemente la de mayor influencia de la vida de un científico. Es en esa etapa donde se adquiere no solamente un conocimiento de una especialidad científica, sino también una forma de actuar experimentalmente y un conjunto de concepciones que van a marcar de forma decisiva el futuro del joven científico. En este sentido debo decir que mi periodo pre-doctoral con el Dr. Antonio García-Bellido es ciertamente un ejemplo de lo anterior. En aquella España, atrasada social y políticamente y desde luego científicamente, del comienzo de los años setenta, Antonio García-Bellido se incorporó al Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC después de varios años de estancia en el Instituto de Tecnología de California. En este centro inició un nuevo enfoque de la Biología del Desarrollo que utilizaba la mosca de vinagre *Drosophila melanogaster* como organismo

experimental y del que yo fui uno de los primeros beneficiarios. Este enfoque fue el resultado de la fusión de dos escuelas de pensamiento: La genética clásica de *Drosophila* desarrollada en Estados Unidos, y el análisis experimental del desarrollo, una especialidad europea cuyo mayor exponente fue la escuela suiza encabezada por Ernst Hadorn. Esta síntesis ocurrió en Madrid y ha dado lugar a una potente escuela española de la especialidad que ha tenido y sigue teniendo una repercusión mundial. Si tengo una razón para estar orgulloso de mi trabajo, es sin duda el haber contribuido a formar esta escuela de excelencia en España.

Con la perspectiva del tiempo, estos años pre-doctorales aparecen ahora como decisivos. No solamente por la supervisión continua y rigurosa, frecuentemente dura, por parte de García-Bellido, sino también por la colaboración con mi admirado amigo y colega Pedro Ripoll, con quien desarrollé una nueva tecnología que permitió el descubrimiento de los compartimentos y el fenómeno fascinante de competición celular, hoy día considerado como un concepto fundamental para la comprensión de los fenómenos de progresión tumoral, tema que trataré mas adelante en esta exposición.

Un segundo factor decisivo en mi carrera profesional fue la estancia de más de tres años en el Laboratorio de Biología Molecular del Medical Research Council de Cambridge que era entonces y sigue siendo la Meca de la Biología Molecular. Ubicado en un edificio pequeño y sin pretensiones, este laboratorio incluía en su plantilla de aquel momento 8 laureados con el Premio Nobel. Justo en la puerta de enfrente del pequeño espacio que compartía con mi colega y colaborador de muchos años el Dr. Peter Lawrence, estaba el despacho que compartían a su vez Francis Crick y Sydney Brenner, seguramente los biólogos mas brillantes de la segunda mitad del siglo XX. De ellos aprendí a valorar por encima de todo el talento, independientemente del aspecto, vestimenta, edad u origen de la persona.

Fue Sydney Brenner quien después de escuchar un seminario mío del trabajo hecho en Madrid, presentado en un Inglés claramente insuficiente, me sometió a una serie de preguntas tremendamente incisivas, casi un interrogatorio, durante mas de una hora. Pocas semanas mas tarde recibí una oferta para trabajar en el laboratorio. Esta oferta ha tenido una influencia decisiva en mi vida científica. La exposición al enorme acumulación de talento que había en Cambridge marcó mis coordenadas científicas y mi propia concepción de la vida y aspiraciones de un científico. Durante el resto de mi vida científica he intentado con mis pobres dotes imitar, con seguridad infructuosamente, la forma de actuar de algunos de aquellos grandes científicos, en especial de Sydney Brenner.

Fue en esta etapa cuando Peter Lawrence y yo iniciamos los experimentos que condujeron al establecimiento de la base genética de la compartimentalización en *Drosophila*. Debo decir que los años de colaboración con Peter en Cambridge figuran entre los mas productivos de mi vida científica.

Formábamos una pareja científica muy sólida, tenemos personalidades complementarias, mutuamente nos compensamos en nuestras debilidades y fortalezas, y la amistad y respeto que nos teníamos nos permitía ser brutalmente francos en nuestras discusiones científicas.

El proceso de compartimentalización es un fenómeno extraordinariamente interesante que habíamos descubierto en Madrid junto con Antonio García-Bellido y Pedro Ripoll. Esencialmente habíamos encontrado que el cuerpo de *Drosophila* está subdividido en unos módulos de linaje celular que dan lugar a distintas partes del cuerpo, pero que no corresponden a las subdivisiones anatómicas clásicas en regiones cefálicas, torácicas y abdominales. De hecho, los compartimentos en absoluto coincidían con unidades anatómicas como segmentos, alas, patas, antenas, etc; la más importante de las subdivisiones compartimentales aparecía como una línea recta que atraviesa la mitad de cada segmento.

La hipótesis de los compartimentos proporcionaba una descripción totalmente nueva e imprevista de la anatomía de la mosca. No es de sorprender por lo tanto que fuera recibida con incomprensión y escepticismo por buena parte de la comunidad científica, aunque hay que señalar que uno de los máximos divulgadores de la hipótesis fuera el propio Francis Crick que junto con Peter Lawrence escribió un artículo especial en la revista *Science* en 1975. Pero la reacción más generalizada se puede ilustrar con la del eminente fisiólogo británico Sir Vincent Wigglesworth quien en un mitin de la Royal Society en 1976, Después de que Peter Lawrence y yo habláramos de compartimentos se levantó y dijo "Estoy seguro que Lawrence tiene razón y todo esto es muy fascinante, pero ¿para que creó Dios estos compartimentos? Wigglesworth entendía perfectamente que el ala es una unidad anatómica que sirve para volar, pero como muchos otros colegas, no veía razón que estuviera construida por dos módulos de diferente origen delimitados por una línea recta sin significado morfológico o funcional.

Lo que Peter y yo descubrimos en el periodo 1975-77 es que si bien los compartimentos no tienen una base morfológica o funcional, sí la tienen genética. La más importante de las subdivisiones compartimentales, la que divide todos los segmentos en un compartimento anterior y otro posterior la establece el gen *engrailed*, que únicamente funciona en los compartimentos posteriores. Así pues, los compartimentos tenían una entidad genética. En la propia descripción de Sydney Brenner, esta discriminación entre *descripción genética interna* que hace el propio genoma del animal de la *descripción morfológica externa* que hacemos los observadores científicos es una de las contribuciones más importantes de la Biología del Desarrollo de *Drosophila*. Me referiré a este asunto más adelante al tratar de los genes Hox.

A principios del 1977 me incorporé al Centro de Biología Molecular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de la Universidad Autónoma de Madrid como Colaborador Científico. Disponía de un pequeño módulo de laboratorio y ciertamente que mi situación inicial no era ni mucho menos

cómoda. Pero de nuevo la rueda de la fortuna estuvo de mi lado. Comenzó a trabajar conmigo Rosa González que tanto me ayudó en aquella época complicada y difícil, y obtuve mi primer becario predoctoral Ernesto Sánchez-Herrero, pronto seguido por Jordi Casanova. Ernesto y Jordi fueron los primeros de una serie de colaboradores extraordinarios que con su inteligencia y rigor han sido los mayores responsables del progreso de mi trabajo en España. Hoy día son superiores a su maestro, que es como debe ser si se quiere continuar con una tradición de excelencia, y sus éxitos me llenan de alegría y satisfacción. Por citar el último, la publicación del grupo de Ernesto en *Nature* de hace unos meses, incluyendo la portada, sobre el papel de la apoptosis en la morfogénesis de *Drosophila*, es un trabajo extraordinario del que cualquier científico se sentiría orgulloso.

No quiero extenderme mucho sobre las dificultades iniciales que tuve en los años ochenta. La colaboración con Peter Lawrence y con Pat Simpson me permitió una continuidad en cuanto a mi producción científica en aquellas difíciles condiciones, pero sobre todo fue la incorporación de Ernesto y Jordi lo que hizo posible el verdadero despegue del grupo y poder establecer las líneas fundamentales del laboratorio de Madrid.

Nuestro tema central de trabajo era el estudio de los genes Hox, entonces llamados homeóticos. El interés de estos genes reside en que son los que establecen los programas de desarrollo de las diversas partes del cuerpo, son los responsables del diseño tridimensional de los animales, de que cada órgano aparezca correctamente formado y en su sitio correspondiente.

Un grupo particularmente importante de los genes Hox son los del complejo bithorax, un conjunto de genes adyacentes que durante muchos años habían sido estudiados por el famoso genetista norteamericano Edward Lewis, galardonado con el premio Nobel en 1995. El complejo bithorax incluye los genes responsables del desarrollo del parte del torax y el abdomen de la mosca, pero su organización no se conocía y ni siquiera se sabía cuantos genes contenía el complejo. Basado en el fenotipo de mutaciones viables y el de la deficiencia de todo el complejo, Lewis había propuesto y publicado en *Nature* un modelo de organización genética y funcional en el que cada gen bithorax especifica el desarrollo de un único segmento de la parte posterior del cuerpo, desde el tercer segmento torácico hasta el último abdominal. El modelo implicaba la existencia de un total de nueve genes bithorax, uno para el tórax y ocho para cada uno de los ocho segmentos abdominales. Existía evidencia circunstancial que apoyaba este modelo, que unida a la gran reputación profesional de Lewis hizo que fuera aceptado por toda la comunidad de *Drosophila*. Por otro lado, puesto que los segmentos son los elementos morfológicos mas evidentes del cuerpo de los insectos, parecía natural y de sentido común que hubiera genes encargados específicamente de cada segmento. Este resultó ser un ejemplo en que el sentido común de los humanos no coincide con los hechos biológicos.

Resultados iniciales de nuestro propio laboratorio no encajaban con varios de sus aspectos del modelo de Lewis, por lo que decidimos concentrarnos en el problema de la organización genética del complejo bithorax. Nuestro enfoque fue el típico del genetista: una mutagenesis a saturación para identificar y aislar mutaciones de todos los genes del complejo bithorax.

Los resultados que obtuvo Ernesto Sanchez-Herrero indicaban una imagen de la estructura genética y funcional de bithorax radicalmente diferente de lo propuesto por Lewis. Solamente existían tres genes bithorax y sus dominios funcionales no eran los segmentos sino unas áreas del cuerpo delimitadas por bordes de compartimentos que no tenían significado morfológico. La publicación en *Nature* en 1985 donde propusimos nuestro modelo de bithorax provocó una fuerte controversia, debido a la reacción negativa de muchos colegas norteamericanos, poderosamente influidos por la gran personalidad de Lewis y quizás también por no estar habituados a que la solución de un problema importante viniera de un grupo joven y de un país con poca tradición científica. Otro factor fue seguramente que nuestro modelo proponía una imagen muy poco intuitiva del diseño genético de la mosca al subdividirla en porciones sin significado morfológico y limitadas por bordes compartimentales, no segmentales. Este es uno de esos ejemplos en los que como decía Brenner la descripción interna que hace la mosca de si misma no coincide con la descripción externa anatómica hecha por los observadores humanos.

Afortunadamente, la controversia duró poco, nuevos datos de nuestro y de otros laboratorios sobre la estructura genética y molecular del complejo demostraron sin lugar a dudas la corrección de nuestro modelo. Pocos años después fue una gran satisfacción comprobar que los genes bithorax existen en todas las especies animales, incluyendo la especie humana y que la estructura genética es la misma que nosotros descubrimos en *Drosophila*. La terminología que Ernesto, Jordi y yo inventamos es la que se utiliza para describir los genes Hox del todo el Reino Animal. Las sucesivas incorporaciones de Ana Busturia, Acaimo Gonzalez, Soraya Pelaz, Manuel Calleja y Eduardo Moreno permitió completar un análisis exhaustivo de la función Hox. Fue especialmente satisfactorio el ingenioso método inventado por Manuel Calleja, el famoso método "yellow" que nos permitía buscar nuevos genes Hox por un procedimiento simple y efectivo. El último gen Hox, *caudal*, fue encontrado por este método.

El progreso en el conocimiento de la función de los genes Hox nos condujo posteriormente al estudio de sus cofactores, en particular los genes *extradenticle* y *homothorax*. Aquí de nuevo tuve la suerte de contar con colaboradores como Natalia Azpiazu, Silvia Aldáz y Sergio González que nos permitieron encontrar funciones insospechadas de estos genes. De interés especial fue la demostración de que participan en la estrategia general para diseñar los apéndices de *Drosophila* y que esos mismos genes están presentes y operan de la misma forma en el diseño de las extremidades de mamíferos.

Estos resultados, publicados en *Nature*, demostraban el alto grado de conservación del diseño genético en el Reino Animal.

Este asunto de la conservación genética en insectos y vertebrados me conduce directamente a lo que es sin duda uno de los hallazgos más importantes de la Biología del siglo XX y que impregna la filosofía actual de la mayor parte de los laboratorios de biología molecular. Este es el descubrimiento del extraordinario grado de conservación de los procesos biológicos básicos en todo el Reino Animal. Este hecho se puede ilustrar de muchas formas, pero quizás la más directa sea simplemente considerar el grado de identidad genética que surge de la comparación de los genomas de algunas especies significativas. Resulta que los humanos tenemos aproximadamente un 50% de identidad genética con los gusanos nemátodos y más del 60% de identidad con la mosca *Drosophila*. Una implicación muy importante de este descubrimiento es que podemos estudiar muchos de nuestros propios genes en organismos como *Drosophila*, esto es, podemos estudiar la propia Biología Humana en moscas, sin ninguna de las limitaciones experimentales y éticas que impone el material humano.

Es esta filosofía la base de los estudios que hemos estado realizando durante los últimos años. Estos se refieren a los mecanismos de control del crecimiento de los órganos; como se regula su tamaño y cuáles son las causas de que en determinadas ocasiones estos mecanismos de control fallen y se produzcan crecimientos incontrolados que dan lugar a tumores. Por la acumulación de tecnologías genéticas y celulares *Drosophila* ofrece unas posibilidades únicas para tratar con estos problemas. De nuevo la rueda de la fortuna estuvo de mi lado y pude contar con dos colaboradores extraordinarios, Francisco Martín y Ainhoa Pérez.

Un factor central en estos estudios es el proceso conocido como apoptosis, o mortalidad celular programada. Se sabe desde hace tiempo que todas las células animales contienen dentro de ellas, como un caballo de Troya, los instrumentos de su propia destrucción. El bienestar del organismo requiere con frecuencia la eliminación de células dañadas o anormales que pueden ser potencialmente peligrosas; típicamente las radiaciones ionizantes como los rayos X causan niveles elevados de apoptosis con objeto de eliminar a las células dañadas por la irradiación. El instrumento que las células usan para su destrucción es la activación de unas proteasas, llamadas caspasas, que desmantelan todos los substratos celulares. Un caso paradigmático es la auto-inmolación de las células humanas infectadas por virus, que entran en apoptosis para prevenir la proliferación de estos. Algunos virus sin embargo han desarrollado una estrategia para evitar la muerte de las células infectadas y por lo tanto la del propio virus. Consiste en la producción de unas proteínas que bloquean la actividad de las caspasas. Entre estas, la más conocida es una proteína de baculovirus llamada P35.

Nosotros combinamos el uso de tratamientos que inducen apoptosis, como los Rayos X, junto con P35 con objeto de crear células apoptóticas que sin

embargo no pueden morir. Esto nos ha permitido descubrir que estas células emiten señales mitogénicas que afectan la actividad proliferativa de las células vecinas lo que frecuentemente da lugar a tumores hiperplásicos. El posible interés biomédico de este hallazgo es que es fácil imaginar una situación similar en seres humanos infectados por uno de estos virus que codifican para factores anti-apoptóticos como P35. Por un lado la célula infectada entra en apoptosis y por otro el virus impide su muerte pero no la emisión de factores mitogénicas que inducen la proliferación excesiva de las células vecinas.

Durante el curso de estos estudios, recientemente Ainhoa Pérez ha llevado a cabo un hallazgo que puede ser importante para entender como progresa un tumor. A diferencia de la teoría mas generalizada, la progresión de un tumor y la progresiva colonización de un tejido por las células tumorales no depende de que estas sean inmunes a la apoptosis, sino de su capacidad de inducir apoptosis en las células no tumorales, que son por lo tanto eliminadas. Lo verdaderamente fascinante de este asunto, al menos desde mi propia perspectiva, es que el proceso involucrado en la eliminación de las células normales es el fenómeno de competición celular, que descubrimos Pedro Ripoll y yo hace mas de 30 años y al que también contribuyó mi gran amiga y colega Patricia Simpson.

El estudio del papel de la apoptosis en el control del tamaño de los órganos y en la formación de tumores es una de las líneas de trabajo principales del laboratorio y seguramente lo será en los años venideros. Es evidente que nuestros experimentos no van a proporcionar una cura para el Cáncer, pero todos estos fenómenos que estamos estudiando ocurren también en las células humanas y me gusta pensar que la información que estamos obteniendo será algún día útil para encontrar mejores tratamientos de la enfermedad.

### **La Actividad Científica en Biología**

Creo que es evidente por todo lo anterior que nos divertimos mucho en el laboratorio. La actividad científica es muy entretenida en lo que tiene de actividad detectivesca. Los biólogos, a diferencia de los ingenieros o los matemáticos, no tenemos que inventar nada, en Biología todo está ya inventado por la evolución. Lo que tenemos que hacer es descubrir como la naturaleza ha resuelto los problemas biológicos, como se hace una mano o se crea un cerebro, no como la diseñaríamos nosotros. El interés del asunto es que las soluciones de la naturaleza no suelen ser predecibles ni elegantes ni generalmente responden a un diseño perfecto, sino a la continua necesidad de adaptar los organismos, utilizando las estructuras disponibles, a las diversas coyunturas de la materia viva a lo largo de 2000 millones de años de Evolución. Hace unos años el Premio Nobel Francois Jacob escribió sobre este asunto en un artículo en *Science* titulado "Evolution and Tinkering", que se puede traducir como Evolucion y Chapuzas que ilustra claramente esta cuestión.

Por lo tanto buscar un diseño lógico y perfecto para los fenómenos biológicos está generalmente destinado al fracaso. Nadie podría haber

imaginado que en los organismos eucariotas los genes están interrumpidos por secuencias intrónicas no codificantes o que el código genético sea degenerado y muchísimo menos elegante que la solución de código sin comas que inventó Francis Crick. O en mi propio campo de investigación, nadie podría haber imaginado que todos los segmentos del cuerpo de *Drosophila* están subdivididos genéticamente por una línea recta e invisible que separa las unidades básicas de desarrollo. Así pues, hay que tener la humildad intelectual para entender que las cosas son diferentes de cómo las imaginamos los observadores humanos; los procesos biológicos no han sido diseñados, son el resultado de un azaroso proceso histórico que ha durado 2000 millones de años.

Déjenme decirles algo sobre como funciona un grupo científico. Seguramente un futuro historiador de la ciencia observará que durante el siglo XX la investigación científica se industrializó, en primer lugar en Física y posteriormente en Biología. Los grupos de investigación se han hecho muy grandes, incluyen además de científicos a técnicos superespecializados, gerentes, administradores, incluso asesores de imagen, etc. Es posible que esta tendencia sea inevitable, pero nunca ha sido mi intención la de dirigir grandes grupos de investigación, para lo que ciertamente no tengo ni las dotes ni tampoco la inclinación. Yo sigo conservando la idea, que hoy día aparece anticuada, del grupo pequeño y cohesivo. Creo que la actividad científica es una actividad eminentemente creadora y que los resultados de esa investigación llevan la impronta del grupo que la produce. Es por esto que procuro evitar las colaboraciones, que si bien pueden ser en ocasiones inevitables, por otro lado eliminan el sello personal del producto.

Este sello personal está muy relacionado con mi propia mentalidad del genetista, que intenta deducir la función original de los genes a partir del fenotipo de las mutaciones; es una ciencia reflexiva dada a descubrir fenómenos más que procesos y mecanismos. La Biología actual está tremendamente orientada hacia los mecanismos, lo cual sin duda es bueno, pero antes de tratar de mecanismos hay que descubrir los fenómenos verdaderamente significativos. Como decía James Watson el co-descubridor de la estructura del ADN “the mechanisms look after themselves” que se podría traducir libremente como “los mecanismos siempre estarán ahí”.

### **La actividad científica en España**

Quisiera referirme ahora a un tema más general, el de la situación científica española. Los españoles de mi generación estamos patrióticamente orgullosos del extraordinario cambio político, social y económico de nuestro país en los últimos treinta años. Hemos pasado de ser un país marginado e ignorado a convertirnos en la octava potencia económica del mundo, un país admirado por su tolerancia y sus avances sociales.

Desgraciadamente no podemos decir que se haya dado un progreso similar en el área científica. Históricamente España ha contribuido de forma muy notable a las artes y a la literatura, pero no ha contribuido de forma



substantial al desarrollo científico y tecnológico. Este asunto se podría ilustrar de muchas maneras; una forma fácil de hacerlo es comparar el número de españoles galardonados con el premio Nobel en las disciplinas científicas con el de países cercanos. Desde el inicio de la Fundación Nobel 70 científicos británicos y 26 franceses han sido galardonados, mientras que solamente dos españoles, Santiago Ramón y Cajal y Severo Ochoa, lo han conseguido y en el caso de Ochoa toda su carrera científica la hizo en Estado Unidos. Estos números muestran claramente nuestra inferioridad en este terreno. Otro parámetro de interés es el número de patentes de alta tecnología por millón de habitantes. De nuevo la comparación de España (2.5 por millón) con el Reino Unido (18,9) Alemania (29,3) o los países bajos (35.8) habla por si sola.

Es evidente que nos falta una tradición científico-técnica que los países anglosajones poseen, y creemos que es muy importante desarrollar esta cultura. La cultura del siglo XXI, que acaba de comenzar, va a ser una cultura científico técnica y los países que no la posean estarán condenados al subdesarrollo y a la dependencia de los mas avanzados.

Los datos de los últimos años no invitan a un gran optimismo. El año 2000 España invertía en I+D el 0.94% del PIB, mientras que el Reino Unido invertía el 1.84 y Alemania el 2.49. La media de la Unión Europea era el 1.86, casi el doble de la española. La situación ha mejorado algo en tiempos mas recientes pero aun estamos lejos de la media comunitaria. Claramente las diferencias que existían entre España y países de nuestro entorno geográfico y político no han disminuido; aun seguimos siendo un país científicamente subdesarrollado y esta situación representa una amenaza seria para el futuro. Como ha dicho en varias ocasiones el actual Presidente del CSIC, mi admirado amigo el Profesor Carlos Martínez, la Ciencia es una Cuestión de Estado, que debería ser promocionada por cualquier Gobierno, independientemente de ideologías políticas.

Esta idea ha de ser percibida claramente por los responsables políticos y los agentes sociales de nuestro país. El concepto del conocimiento como riqueza de un país aún no ha penetrado en nuestra sociedad. Esto lo entienden muy bien en los países anglosajones. Como ejemplo me gustaría leerles un fragmento de la carta titulada "El momento de la verdad" que los presidentes de las 15 mas importantes empresas privadas norteamericanas en el área de la tecnología dirigieron hace unos años al Senado y al Presidente de la nación, dice así:

*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 investigación universitarios se deterioraría. La industria Americana dejaría de tener acceso a tecnologías básicas y a científicos e ingenieros que ha servido tan bien a los intereses de América Por lo tanto, respetuosamente solicitamos que mantengan el apoyo a un vibrante programa de investigación con visión de futuro*

Es un síntoma de la percepción social de la ciencia en Estados Unidos el que sean los propios dirigentes de la industria privada los que solicitan que se apoye a la investigación básica.

El conocimiento científico es uno de los principales factores de cambio social. Esto lo expone magistralmente uno de los pensadores científicos más lúcidos de nuestro país, el eminente físico vasco Pedro Miguel Echenique. En una de sus conferencias decía:

*“mirando hacia atrás un siglo, a 1907 ¿que importancia tiene quien era el Presidente de los Estados Unidos o el Primer Ministro de Gran Bretaña? Lo realmente importante es que en ese momento Ernest Rutherford y Frederik Soddy estaban elaborando la teoría de la radioactividad”*

En esa misma línea, ¿qué importancia tenían las grandes noticias de la Primavera de 1953, la coronación de la Reina Isabel II o incluso la conquista de la cumbre del monte Everest por Tenzing y Hillary?. Lo realmente importante era que en el Laboratorio Cavendish de Cambridge, James Watson y Francis Crick habían descifrado la naturaleza de la información genética y con ello habían comenzado una revolución que cambiará el destino de la Humanidad.

### **Conclusiones**

Quiero terminar con una nota optimista. Llevo cuarenta años dedicado a la actividad científica y es evidente que no me arrepiento de ello. La ciencia es una aventura intelectual de primera magnitud y haber participado en esta aventura, aun de forma modesta, me satisface plenamente. Yo no me imagino de ninguna otra forma que no sea la del científico dedicado que emplea gran parte de su tiempo a discutir experimentos e ideas con los colaboradores más inmediatos. Solamente en mis fantasías más delirantes me imagino realizando hazañas inútiles pero maravillosas como cruzar Groenlandia en skis o escalar el Everest o el K2 sin oxígeno artificial. Estas fantasías capturan mi imaginación pero, quizás afortunadamente, pertenecen al mundo de los sueños.

He llegado a una edad en que después de una trayectoria ya suficientemente larga, empiezo a obtener premios y distinciones, algunos tan importantes como este doctorado Honoris Causa. Quizás sea inevitable que en esta situación se tienda a mirar más al pasado que al futuro, pero yo me resisto a ello. El gran novelista norteamericano Ray Bradbury escribió un relato corto de ciencia-ficción con el título "The best is yet to come" "Lo mejor está por venir" donde describía las hazañas de un sastre retirado en el otro extremo de la Galaxia. A mí también pero me gusta pensar que aún después de estos años lo mejor está por venir. Que aún tengo fenómenos por descubrir y montañas por escalar.

En último y más importante lugar quiero terminar con una referencia a mi gente más próxima. Mi madre hubiera gozado inmensamente si hubiera

sabido de esta distinción, pero desgraciadamente falleció hace unos meses. Me queda el resto de mi familia y en especial mi mujer, Charo Maria, que es el principal soporte y patrimonio de mi vida: su inteligencia, perspicacia y sentido práctico son fundamentales para encauzar a alguien como yo que tiende a confundir la fantasía y los sueños con la realidad. Ella, junto con mis hijos Ainhoa y Manuel y mi nieta Ainara son mi alegría de vivir.

Muchas gracias