

## Lectura del discurso de ingreso en la RAC

Excmo. Señor Presidente de la Real Academia de Ciencias.

Señoras y señores Académicos. Señoras y señores,

Mis primeras palabras son para agradecer a todos los miembros de la Real Academia de Ciencias por aceptarme en esta gran institución. Es una alegría y un honor. Agradecimiento muy sentido a los Excmos. Sres D. Alberto Galindo, D. Antonio Hernando y D. Jon Marcaide por proponer mi candidatura. Fue Alberto quien me presentó a mi antecesor en la Medalla 35 de la Academia, Don Carlos Sánchez del Río, una persona que unía a su excepcional calidad intelectual, a su competencia técnica, una altura moral, una integridad humana que me cautivaron. Un hombre poliédrico, con deslumbrante erudición, limpio, sencillo y de claro y recto juicio.

El verano pasado, durante las vacaciones en mi pueblo natal, Isaba, en el Pirineo roncalés, muy cerca de la querida tierra aragonesa de Don Carlos, leí, con sosiego y detalle, *“Los principios de la física en su evolución histórica”*. En él aparece Sánchez del Río con sus cualidades: brillante, profundo, poniendo el énfasis en lo esencial. Sus citas muestran claramente un gran conocimiento de las fuentes originales.

En su elegante ensayo *“Candor e integridad en ciencia”*, el gran historiador de Harvard Holton, estudiando el ejemplo de las vidas de Niels Bohr y Percy Bridgman, nos propone un modelo de científico que tendría las siguientes características.

-Buscar la verdad no ahorrando ningún esfuerzo.

-Ser primero un científico y segundo un especialista. Sin olvidar, añadiría yo, tal como nos recuerda Gombrich, el deber de la lealtad a la propia especialidad.

-Defender y contribuir a que la ciencia forme parte de la visión del mundo de nuestro tiempo.

Sánchez del Río encuadra perfectamente en este modelo: científico y ciudadano. Investigador y docente. Excelencia en investigación y

excelencia en docencia suelen, o por lo menos deberían, ir juntas. Así era en su caso.

Los científicos tenemos una obligación especial de ser ciudadanos responsables y debemos levantar la voz allá donde la intolerancia y la irracionalidad sean defendidas. Son muchas las personas que han luchado y sufrido por combatirlas. *“No solo nos apoyamos en las espaldas de gigantes sino en las tumbas de muchos”*.

Don Carlos fue un ciudadano preocupado por la sociedad y por sus instituciones a las que dedicó tiempo y esfuerzo, en la universidad, en la vida pública y en esta Academia a la que tanto contribuyó y a la que tanto quiso. Es un modelo claro de conocimiento y comportamiento. Un modelo claro pero difícil de igualar, incluso de imitar.

Estoy convencido que todos, y en especial sus amigos de la peña del Moncayo que nos acompañan, estarán de acuerdo con la bella frase del diario de Andre Gide: *“Todas las olas del mar deben la belleza de su perfil a las que les precedieron y se retiraron”*.

D. Carlos decía que actos como el de hoy son actos sociales. Intentaré no aburrir a una audiencia distinguida pero heterogénea y brevísimamente expondré solamente alguna de las ideas contenidas en el largo texto del libro. En palabras de un clásico, no quiero decirlo todo para no aburrir a todos.

La ciencia de la materia condensada se refiere al estudio de las propiedades de las fases líquida y sólida de la materia y a las maneras en que ésta responde a estímulos externos. La clave del grandioso avance de la ciencia y la tecnología en este campo ha sido la física cuántica, la mecánica cuántica.

Este tipo de exploración de la naturaleza real de los objetos “normales” y de sus superficies tiene una fascinación intelectual que, siendo quizás un poco más sutil, no es menos atrayente que la de otros tipos de física; y que en muchos casos es más exigente por tenerse que ceñir a las limitaciones de la realidad aquí y ahora. El encanto de los extremos, lo

grande y lo pequeño, nos fascina pero lo complejo aporta un encanto especial.

Como en otros campos de la ciencia el desafío intelectual radica en el gran número de grados de libertad que dichos sistemas presentan. Es necesario encontrar conceptual, matemática y experimentalmente, la manera de enfocar lo esencial.

El estudio de las superficies tarda en desarrollarse, principalmente por la dificultad de controlar experimentalmente la composición de las mismas. En las últimas décadas esta rama de la física adquiere una importancia decisiva, que en estos momentos se extiende a las nanoestructuras, sistemas en los que al menos una de las dimensiones es del orden del nanómetro, la millonésima parte del milímetro.

Un camino para entender el comportamiento de la materia es explorarla, enviando sondas hacia el espacio interno. Del resultado de la interacción podemos aprender mucho, tanto de la propia sonda como de la estructura y propiedades dinámicas de la materia con la que ha interactuado.

Cuando un ion rápido en comparación con la velocidad típica de los electrones del medio (estos se mueven unas 100 veces más lentamente que la luz) atraviesa la materia condensada, este medio responde a la presencia de la carga añadida. Se crea, una compleja secuencia de fenómenos tanto temporal como espacialmente. La estela de fluctuaciones de densidad que acompaña a un ion en su movimiento es relevante en muchos fenómenos de interés teórico y práctico. Cuarenta años separan la intuición de Bohr sobre la estela de su primera descripción cuantitativa.

Las primeras teorías que describían la fuerza de frenado de iones rápidos en interacción con la materia eran teorías perturbativas. Cuando la velocidad del ion es menor que la de los electrones del medio, la situación es cualitativamente diferente debido a que la interacción es demasiado fuerte, por lo que técnicas basadas en teorías de respuesta lineal no son suficientes. La interacción apantallada excita los electrones a órbitas vacías y cercanas a la superficie de Fermi. La aplicación a esta situación del formalismo del funcional de la densidad, permitió obtener el primer

cálculo no lineal de la pérdida de energía de un protón en un gas de electrones y también explicar las oscilaciones en función de la carga del ion incidente.

La química está determinada por los electrones. Comprender y controlar los tiempos de excitación electrónica y transferencia de carga es un paso necesario para comprender, controlar y diseñar procesos físicos y químicos en superficies.

La pregunta es ¿cuánto tiempo mantiene su “identidad” un electrón (o hueco) en un estado excitado antes de “cambiar” a un estado, bien de la misma energía o de una energía menor. Los llamados electrones imagen constituyen un sistema adecuado para responder a esta pregunta.

Los electrones en estados imagen no pueden penetrar totalmente dentro del sólido, pues éste presenta afinidad electrónica negativa, repele a los electrones. Tampoco tienen energía suficiente para escapar al vacío. Se localizan en la superficie como en una especie de interferómetro de Fabry-Perot electrónico en el que la estructura de bandas del cristal, por un lado, y, por otro, el potencial de interacción, asintóticamente el potencial imagen, juegan el papel de los espejos ópticos en el Fabry-Perot tradicional. Los estados imágenes han jugado el papel de la *Drosophila* en dinámica electrónica debido a su pequeño pero relevante acoplamiento con la superficie. Algo que empezó como una curiosidad intelectual se ha convertido en clave para entender los procesos de muchos cuerpos en superficies que son decisivos en la dinámica electrónica.

En el último lustro algunos avances experimentales espectaculares han permitido medir la dinámica de los electrones en el rango de los attosegundos ( $10^{-18}$  s). Acceder a un dominio de tiempos tan pequeños (un attosegundo es a un segundo lo que un segundo es a la edad del universo) nos permite hacernos nuevas preguntas, preguntas que ahora pueden ser contestadas de manera científica. Preguntas sobre la posibilidad de controlar selectivamente reacciones químicas, o sobre cómo se produce el daño en sistemas biológicos, y cómo podría reducirse en el proceso de interacción de la radiación con la materia viva.

Entender los resultados experimentales exige construir modelos sencillos que contengan lo esencial de un proceso muy complejo. Es un arte, el arte de la imaginación científica, el arte de la aproximación.

La física de la materia condensada nos enseña que el paso de un nivel de complejidad a otro superior no es posible simplemente mediante la aplicación directa de los resultados del nivel anterior, sino que requiere nuevas ideas, nuevos principios que son característicos del nivel superior.

El reduccionismo es una forma de estudiar la naturaleza que ha traído mejoras espectaculares a la humanidad. La gran mayoría de científicos aceptan, aceptamos, sin discusión la hipótesis reduccionista. Consiste en suponer que el funcionamiento de toda la materia, animada e inanimada, está controlado por un conjunto de leyes fundamentales, leyes, que, excepto en condiciones extremas, conocemos bien.

*“La hipótesis reduccionista no implica, sin embargo, una hipótesis “construccionista”. La habilidad para reducir todo a leyes simples fundamentales no implica la habilidad de empezar de dichas leyes y reconstruir el universo. El comportamiento de agregados grandes de partículas “elementales” no puede ser entendido como una simple extrapolación de las propiedades de unas pocas partículas”.*

A lo largo de este siglo hemos aprendido que el conocimiento se estructura en muchos niveles, prácticamente desacoplados entre sí, aunque cada uno consistente con el anterior. Existe una autonomía intelectual de los niveles más complejos respecto a los substratos de los que se componen. En cada nivel aparecen nuevos conceptos no calculables y a menudo inimaginables mirando al nivel anterior.

Emergencia y reduccionismo no son opuestos sino complementarios. Cuando somos capaces, en el nivel adecuado, de reducir la emergencia la entroncamos en una amplísima red de conexiones que la fortalecen conceptualmente.

Las dos visiones, reduccionista y emergentista, se complementan y no son enemigas. Necesitamos reduccionismo con emergencia y emergencia con reduccionismo. Ello requiere un esfuerzo creativo.

La ciencia es por encima de todo creatividad y, por ello, no puede ser aprendida como método o mediante recetas. La mejor forma de aprender a hacer ciencia es hacerla junto a los que la hacen bien. Por ello son tan importantes los maestros, los linajes, las escuelas. En segundo lugar, y esto es algo a veces poco apreciado, la ciencia es comunicación. Ciencia es descubrir y comunicar nuevos descubrimientos.

La ciencia se fundamenta en una búsqueda de la verdad. Por encima de relativismos culturales, los que intentamos hacer ciencia creemos que la verdad científica existe y está ahí para ser encontrada, que es sólida y firme a diferencia de lo débiles y múltiplemente variados que son los errores.

Es conveniente resaltar el carácter cognitivo de la ciencia, su capacidad de decir cosas a la imaginación. La ciencia es mucho más que sus aplicaciones prácticas. Es una aventura intelectual, una aventura humana. En mi opinión, el edificio conceptual de la ciencia moderna es la obra cultural colectiva más importante de la Humanidad. Es el gran triunfo del humanismo clásico.

Ante una audiencia tan distinguida quiero subrayar la componente estética de la ciencia. Creo que la mayoría de los científicos desarrolla un sentido que les permite apreciar cuando un concepto, una ecuación o un instrumento, son hermosos. Me refiero a la belleza interna de la ciencia, a la belleza intelectual, a esa belleza íntima autosuficiente de Poincare. A veces será imposible de definir, y mucho más de transmitir; pero quien haya encontrado una solución nítida a un problema la ha sentido.

¿Qué es lo que tiene una idea, una ecuación, para provocar la admiración, el asombro, o, incluso el éxtasis?

A mí se me hace muy difícil definir la belleza en ciencia: Lo cual no me impide reconocerla cuando la tengo delante. En mi opinión una idea, una teoría, es bella si puede contestar a diversas preguntas y reunir algunas condiciones:

¿Cuán amplias y de largo alcance son las implicaciones?

¿Cuán sutiles e inesperadas son las conexiones?

¿Cuán profundamente penetra en el secreto de la naturaleza?

También debe darse una máxima sencillez. Contener el mayor grado de información sobre el mundo real con el mínimo número de ideas y conceptos. La navaja de Occam que diría nuestro añorado y admirado Paco Yndurain.

Con estos criterios la estructura de doble hélice del ADN es bella porque encierra la forma con que una generación transmite sus características a las siguientes, encierra el secreto de la vida. La ecuación de Dirac es bella porque predice una propiedad esencial de la naturaleza. Contiene la materia y la antimateria.

Una característica esencial de la ciencia en general es la idea de progreso. La ciencia se basa en el largo plazo. Todos somos eslabones de la cadena. Ciencia es progreso, ciencia es largo plazo.

El progreso no está garantizado. Para que continúe es necesario el apoyo de la sociedad, apoyo que debe ser cultivado.

Tal como señala mi amigo y antiguo alumno Igor Campillo, el bambú es un buen ejemplo de lo que debe ser una política a largo plazo.

Hay variedades de bambú que pueden alcanzar 30 metros de altura con grosores de hasta 30 centímetros de diámetro. Sin embargo, lo que resulta sorprendente es que, apenas emerge, puede alcanzar esas dimensiones en un plazo muy breve, de unas pocas semanas.

Pero hay más: incluso aunque cortemos el bambú varias veces, éste seguirá brotando y creciendo hasta esos 30 metros repetidamente durante unos cuantos ciclos.

Este comportamiento deslumbrante no debe llevarnos a engaño, porque, contrariamente a lo que podemos deducir de lo dicho, el bambú no es apto para impacientes: requiere buen abono y ocuparse de regarlo constantemente.

¡En realidad parece no pasar nada durante los primeros siete años! Es al séptimo año cuando se produce su prodigioso crecimiento.

La preeminencia en investigación tarda en adquirirse, pero puede dañarse rápidamente.

Uno de los retos más importantes de los científicos en el siglo XXI es salvar a la ciencia del excesivo utilitarismo. Los grandes avances, los que traen cambios cualitativos y tecnologías disruptivas se han producido gracias a la investigación básica. Es la sublime utilidad de la ciencia inútil.

Pero no todo es investigación básica. Es igualmente decisiva y cuantitativamente más amplia la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. La tecnología surgida de la ciencia básica lleva en un círculo virtuoso a ampliar y refinar nuevas preguntas que avanzan la propia ciencia. Para ello es también fundamental el papel que juegan los centros de investigación de vocación más aplicada, en los que los objetivos tienen que estar mucho más definidos y dirigidos, y que contribuyen a mantener armónicamente el equilibrio del ecosistema científico. Permítanme mencionar como ejemplo dos de ellos a los que tengo especial cariño: el CIC nanoGUNE en Donostia, que me honro en presidir y el Instituto de Magnetismo Aplicado de la Universidad Complutense, dirigido por mi amigo Antonio Hernando.

En las últimas décadas en muchos países la burocracia está aumentando, el número de informes, controles, evaluaciones crece de tal manera que llega a sustituir lo que antes se fundaba en la confianza.

El problema radica en que con demasiada frecuencia todos estos requerimientos son implementados por personas con conocimientos limitados de la incertidumbre inherente a la propia investigación, de los criterios imposibles de codificar, de los intangibles intrínsecamente ligados al trabajo creativo.

La mejor política científica es crear oportunidades en abundancia para los más creativos de nuestros jóvenes. Sin ahogarles con burocracia. Dejándoles libertad para formular las preguntas interesantes y cómo contestarlas.

A lo largo de mi vida he asistido a un cambio en la sociología de la ciencia, a un cambio en la naturaleza de la carrera científica. El número de

artículos que se exige a un joven investigador, como prueba de su madurez científica, está creciendo constantemente. El número de congresos, de reuniones, de informes, de viajes, sigue aumentando. Las publicaciones se ven más como un medio de promoción, de estabilización, que como la comunicación de los resultados, producto de una curiosidad genuina. Hoy, la ciencia se vive muchas veces como una competición personal, algo parecido al deporte de élite. Esto no es bueno para la salud de la ciencia. En ciencia se debería competir con la naturaleza y que todos puedan ganar colaborando.

La ciencia y los científicos vamos a ser decisivos para el futuro desarrollo económico de la humanidad. Hay una cosa que parece cierta: a no ser que seamos más inteligentes, seremos más pobres. Tal como señala el eminente científico español Ginés Morata, la cultura del siglo XXI va a ser una cultura científico-técnica. El papel del conocimiento científico y la transmisión de ese conocimiento por parte de los científicos en los foros de decisión adecuados va a ser crucial en problemas con repercusiones económicas, sociales e incluso éticas. Debemos participar activamente en la definición de nuestros fines como sociedad. Nuestra misión no puede ser solamente aportar los medios para lograrlos. Los grandes problemas de la humanidad, alimentación, agua, salud, equilibrio con el entorno natural, desigualdad, crecimiento de la intolerancia y fundamentalismo, no encontrarán solución sin ciencia. Requerirán más educación y más ciencia. Los científicos no debemos aspirar a dominar las decisiones políticas, a estar *“on top”*, pero nuestra misión no puede ser simplemente estar *“on tap”*, por utilizar la cínica frase de Churchill a Bohr (*“Scientist should be on tap, but not on top”*).

A lo largo de mi vida científica he trabajado con muchas personas. Debo mucho a mucha gente. Es imposible nombrarlos a todos, pero quiero citar expresamente a cuatro grandes personas, con los que he colaborado durante mucho tiempo en etapas diferentes de mi vida: Sir John Pendry, Rufus Ritchie, Fernando Flores y Eugene Chulkov. Agradecimiento asimismo a todas las personas que han formado parte de nuestros grupos de investigación. A toda esta gente extraordinaria mi profunda gratitud

por lo que juntos hemos construido. Ver hoy volar tan alto y tan bien a mis estudiantes de doctorado es una satisfacción difícilmente superable.

Reitero mi alegría por estar hoy aquí. Durante muchos años he disfrutado de la amistad de numerosos Académicos aquí presentes. Mis conversaciones con ellos han afianzado mi convicción de que el conocimiento de los principios básicos y la aptitud y actitud para adaptarlos creativa y productivamente a los imprevisibles cambios futuros es más útil que el dominio de materias especializadas, por importantes y urgentes que estas parezcan, o incluso lo sean, en un momento dado.

Las Academias son buenas para el intercambio de conocimientos entre los propios científicos. Nos ayudan a evitar que nuestra propia especialización nos impida aprender otras formas de aprender, formas diferentes de entender el mundo.

Resumo mi mensaje fundamental. Me siento un pequeño eslabón de una gran cadena. He disfrutado trabajando en los temas que aparecen en el libro. Creo que la ciencia es estéticamente hermosa, culturalmente importante y económicamente decisiva. Espero poder ayudarles en la medida de mis fuerzas a transmitir este mensaje a la sociedad. El día en que sea el conjunto de la sociedad y no solamente los científicos el que reclame continuidad en las políticas científica, el futuro estará garantizado.

Es cierto que la ciencia es internacional, pertenece a todos pero, ella misma y sus aplicaciones, florecen en anclajes geográficos. La proximidad y las relaciones sociales diarias entre individuos generan una creatividad, un conocimiento y una transferencia de tecnología mucho más eficiente. Por ello las instituciones son esenciales.

Considero que esta gran distinción reconoce asimismo la excelencia de la institución a la que me honro en pertenecer: la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Ver hoy aquí a nuestra Rectora, Nekane Balluerka, me alegra especialmente. Como lo hace ver a Ricardo Díez Muiño, Txema Pitarke y Javier Aizpuru, directores de otras tres instituciones, DIPIC, Nanogune y el BERC del centro de física de materiales, que me honro en presidir.

Nuestros padres Felisa Landiribar Cenoz y Pedro Echenique Iparraguirre hubieran gozado inmensamente con esta distinción. Como lo hace mi familia. En especial mi mujer, y mi mayor apoyo, Montserrat Clerigué Garate, y mis hermanos, Javier y Martine, Maite y Alfonso.

Concluyo reiterando mi agradecimiento a todos los miembros de esta Academia y en especial a Alberto Galindo, quien se ha tomado el trabajo, no pequeño, de contestar a mi discurso. He disfrutado de su pasión por conocer, de su pasión por aprender. Admiro la universal amplitud de su conocimiento. Me ha enseñado lo importante de entender en profundidad, a saber apreciar la belleza de la ciencia y siempre me ha tendido la mano ayudándome en mi camino.

Muchas gracias por su atención.

P.M. Etxenike  
Madrid, 31 de mayo de 2017