DEFENSOR DEL PUEBLO ANDALUZ
INSTITUTO DE ACADEMIAS DE ANDALUCÍA

REAL ACADEMIA DE BELLAS ARTES DE GRANADA
ACADEMIA DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICO QUÍMICAS Y NATURALES
ACADEMIA DE BUENAS LETRAS DE GRANADA

Joaquin Torres García (1874–1949)

I Encuentro sobre
CIENCIA, HUMANISMO Y DESARROLLO SOCIAL

Conferencia a cargo del excelentísimo señor don

JEAN-PATRICK CONNERADE

Presidente de la *Academia Europea de las Ciencias, las Artes y las Letras*
Presidente Honorario de *Euro Ciencia*
Profesor Emérito del *Imperial College* de Londres

Europa y las Ciencias

Salón de Grados de la Facultad de Ciencias
Campus de Fuentenueva de la Universidad de Granada
Granada, 11 de mayo 2017. 20.00 horas

Entrada libre hasta completar el aforo

LA ACADEMIA EUROPEA DE CIENCIAS, ARTES Y LETRAS (AESAL)

La idea de fundar una Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras surge en 1973. La idea fue expuesta en el Kremlin por la Dra. NICOLE LEMAIRE D'AGAGGIO durante la reunión del *Foro Internacional del Senado Francés* en Moscú, con el objetivo de crear un mecanismo permanente de diálogo e intercambio, al modo de una Academia Europea para la relación Oeste-Este. La iniciativa debería facilitar el encuentro entre científicos, escritores, artistas e intelectuales del gran continente europeo. Esta idea inicial fue *tomando cuerpo* con la destacada contribución del eminente científico francés, el Profesor RAYMOND DAUDEL, miembro del Instituto de Francia y ex colaborador de la Profesora IRÈNE JOLIOT-CURIE y del Profesor FRÉDERIC JOLIOT. La *Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras* nace formalmente en Francia el 5 de mayo de 1980.

Su objetivo prioritario es la consecución de la paz a través del diálogo y el intercambio permanente entre científicos, escritores y artistas de una Europa que se va redefiniendo tras la caída del *Muro de Berlín*. Para ello, la Academia estableció *puentes* con distintas Academias Nacionales y promovió encuentros entre creadores y pensadores que estaban separados por la férrea división Este-Oeste de Europa.

La Academia, tras ser dotada con una ligera estructura de dirección, cuenta con Académicos Titulares, Académicos Honorarios y Académicos Correspondientes. Entre los Honorarios figuran 50 laureados con el Premio Nobel. Desde su creación, ha evitado toda tentativa de burocratización, promoviendo el trabajo intelectual en un marco de total libertad de expresión y de cátedra. En este sentido, la Academia considera como denominador común a los *Derechos Humanos Universales*.

Aunque nacida en Europa, tras la reunificación alemana, la Academia abre fronteras como condición necesaria al intercambio científico y adquiere una dimensión más global a nivel mundial, estableciendo puntos de contacto en África, América, Asia y Oceanía, prestando un particular interés científico y ético a las *academias mundiales* como son las Academias Pontificias de Ciencias y de Ciencias Sociales, bajo la tutela de la Santa Sede. Presidida en estos momentos por el Profesor JEAN-PATRICK CONNERADE, (quien es secundado, entre otros, por el Vicepresidente español, embajador FRANCISCO JAVIER CARRILLO MONTESINOS y por la Secretaria Perpetua, Dra. NICOLE LEMAIRE D'AGAGGIO) el *modus operandi* de la red creada por la Academia está basado en la organización de *Coloquios Internacionales* anuales, Foros, Encuentros y reuniones diversas de científicos, especialistas de ciencias humanas y sociales, escritores y creadores en cualquier manifestación artística o científica.

Como es lógico, mantiene estrechos lazos de cooperación con la UNESCO, la Organización Mundial de la Salud, el Consejo de Europa y otros organismos internacionales y regionales. A través de su red de científicos, la Academia ha desarrollado una sostenida tarea de reflexión sobre los más acuciantes problemas que inquietan a la humanidad como la paz, la bioética, la clonación humana, el hambre, la mortalidad infantil o la pobreza, así como las verdaderas causas de la *Gran Recesión* que vivimos en la actualidad. Estos trabajos se reflejan en publicaciones de amplia difusión y libre circulación.

JEAN PATRICK CONNERADE

Físico y poeta, es el actual Presidente de la *Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras* (AESAL). Desarrolla su labor científica en el *College of Science Technology* and Medicine de Londres, en el ámbito de la óptica cuántica y el láser. Es Doctor por el *Imperial College*, Profesor Emérito de Física de la Universidad de Londres y Profesor Honorario de Física de la Universidad del Este de China (Shanghái). También es investigador visitante permanente en el *Instituto Wuhan* de Física y Matemáticas de la *Academia de Ciencias de China*.

Ha publicado más de 250 trabajos de investigación relacionados con la física atómica, molecular, de láser y de racimo en prestigiosas revistas científicas internacionales. Entre sus monografías, destaca *Átomos altamente excitados* (Cambridge University Press, 1998). Es miembro de diferentes asociaciones científicas y literarias como la *Academia Mundial de la Ciencia y el Arte*, la *Sociedad Real de Química*, la *Société des Poètes Français*, entre otras. Como escritor, ha publicado diversos libros de prosa y de poesía en los últimos 30 años, bajo el seudónimo *Chaunes*. Entre sus obras destacan *La Furie Française*, *Le Paradis des Filles* o *Variations sur don Pedro d'Alfaroubeira*. Ha sido distinguido con los Premios "José María de Heredia", de *l'Académie française*, "Paul Verlaine", de la *Maison de Poésie* de París y con el Grand Prix Victor Hugo de la *Société des Poètes Français*.

NOTA

Antes de iniciar su conferencia, impondrá a don JESÚS Mª GARCÍA CALDERÓN, Director de la Real Academia de Bellas Artes de Granada, la Medalla de Académico Titular de la *Academia Europea de Ciencias, Artes y Letras*, en virtud de nombramiento del pasado 13 de septiembre de 2016.

PALABRAS DEL PROFESOR JEAN PATRICK CONNERADE

Salón de Grados de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada

Traducción de José Luis Martínez-Dueñas Espejo

Me gustaría hacer dos preguntas distintas pero no distantes:

1.¿Cuál es la situación real de la física fundamental hoy en día?

2. ¿Cómo de preparada se encuentra la estructura europea de investigación para enfrentarse a ello?

Mi punto de vista es que resulta más útil tratar problemas abiertos que no se han resuelto que pasar mucho tiempo tratando de lo que se entiende bien. Así, permítanme que dedique un momento a describir algunos misterios sin resolver, pues en ellos puede residir la clave del progreso futuro. La situación de la física contemporánea parece bastante bien superficialmente, pero oculta una dificultad. Tenemos dos teorías brillantes que, tomadas por separado, aportan un descripción satisfactoria de un espectro amplio de fenómenos pero que no son auténticamente consistentes entre sí. La primera es la Teoría de la Relatividad de Einstein y la segunda es la Mecánica Cuántica.

Se han hecho numerosos intentos de reconciliar estas dos teorías y se ha conseguido algún progreso limitado. Posiblemente el intento de mayor éxito para combinar la mecánica cuántica con la Relatividad lo hizo Dirac. El mayor avance conseguido al formular una ecuación básica para el invariante de la Mecánica Cuántica bajo la transformación de Lorentz es una descripción coherente del giro ['SPIN'] de la partícula. No obstante, como señala el propio Dirac, su ecuación que no es totalmente relativista deja sin resolver muchas preguntas. Por ejemplo, desconocemos cómo tratar el límite clásico de la ecuación de Dirac.

Pueden pensar que esto no es una dificultad grave pues la ecuación se hace para resolver problemas cuánticos y no clásicos, pero en realidad es indicativo de algo bastante serio. Todos los estudiosos de la Física Teórica, más tarde o más temprano, se encuentran con las famosas series de libros de Landau y Lifshitz, que incluye un volumen titulado Mecánica Clásica, y otro Mecánica Cuántica No Relativista. Cuando le preguntaron a Landau por qué no había escrito un libro de Mecánica Cuántica Relativista dio su famosa respuesta: no existe tal teoría.

La aproximación de Landau era construir la Mecánica Cuántica utilizando Mecánica Clásica y la correspondencia entre ambas como punto de partida. La idea se basa en la aceptación de que la Mecánica Clásica es una teoría completamente lógica y perfectamente consistente, cuyo único fallo se detecta a nivel microscópico. La Mecánica Cuántica, por otra parte, se adapta al mundo microscópico pero no tiene estructura lógica propia. Por tanto, si se establece correctamente la correspondencia entre ambas, el resultado habría de ser un Teoría Cuántica consistente. La *ecuación*

conectante, llamada *Principio de Correspondencia*, la elaboraron Bohr y Sommerfeld. Se requiere que integremos la acción en torno a una órbita clásica y ha de hacerse igual a $n+1/2\ h$, y n es el llamado número cuántico.

Este resultado algo mágico se anunció en un congreso al que asistió Einstein, quien inmediatamente hizo la pregunta: "¿Pero que van a hacer si no se cierran las órbitas?" Por entonces Einstein era profundamente consciente de la dificultad fundamental de la Mecánica Clásica, propiamente que sólo algunos sistemas poseen soluciones de órbitas elegantes cerradas (por ejemplo, un planeta solo en órbita en torno a un sol solo con una ley de fuerza de cuadrado inverso entre ellos) pero la mayoría de los sistemas (empezando por el problema de tres cuerpos descubierto por Poincaré) nunca se cierran las órbitas y nunca repiten la misma trayectoria. Sin embargo, los resultados de la Mecánica Cuántica son tan impresionantes y el *Principio de Correspondencia* tan conveniente que la objeción de Einstein fue descartada como un curiosidad filosófica.

Desgraciadamente, vuelve a aparecer de muchas formas diferentes. Si consideramos la definición de una órbita caótica, se requiere que examinemos cada vez más de cerca el camino seguido por una partícula para descubrir si se ha cerrado o no. Así, necesitamos cada vez un mayor aumento para hacerlo. Si aceptamos la Mecánica Clásica, esto puede conseguirse en principio. El filósofo francés Blaise Pascal formuló esta idea con claridad: dentro de cada átomo, habrá un mundo nuevo que contiene tanto detalle como puede verse alrededor nuestro, aún con más sistemas solares, más planetas y más átomos, que hasta ahora no se han observado, y así *ad infinitum*. A tal mundo lo denominamos divisible infinitamente, y el espacio en el que se da es continuo. Para definir una órbita caótica requerimos un espacio continuo, y Einstein lo necesitaba también para construir su Teoría dela Relatividad, que es por lo que hizo la pregunta en primer lugar.

Pero si aceptamos tal idea surge otro problema, que constituye uno de los argumentos a favor de la Mecánica Cuántica y se trata con cierta extensión por Dirac. Si habitamos un mundo infinitamente divisible, entonces cada grado de libertad, según el *principio de equipartición* de la termodinámica, debería asociarse con un energía 1/2kT, y esto nos conduce a la conclusión absurda de que todos los calores específicos son infinitos.

Para evitar esto, la Mecánica Cuántica nos introduce algo nuevo en la naturaleza del espacio de fase, es decir una especie de granularidad. Según el Principio de Incertidumbre, no se nos permite analizar trayectorias dentro de un volumen de lados h (la constante de Planck) y de esta forma el espacio de fase no es ni divisible infinitamente ni continuo. En otras palabras, esto significa que no hay órbitas caóticas en la Mecánica Cuántica y la Mecánica Clásica contiene algo que no puede existir realmente al nivel microscópico.

Así, la estrategia de Landau de construir la Mecánica Cuántica explotando su correspondencia con la Mecánica Clásica se mete en un dificultad grave. Si buscamos el límite clásico de cualquier sistema cuántico, parece que recuperaremos sólo parte de la Mecánica Clásica, y esa parte incluirá sólo las órbitas que cierran, pero no las otras. Una forma de superar esta dificultad es decir que de hecho hay algo que falla en la Mecánica Clásica, lo que incluye demasiado y que la Mecánica Cuántica, de hecho, es correcta. Sin embargo, esto podría implicar que la continuidad del espacio a la que Einstein se hallaba tan pegado ha de abandonarse. Además, la Mecánica Cuántica contiene Giro ['SPIN'], que no tiene analogía tampoco en la teoría clásica.

Desgraciadamente, al considerar el Espacio-Tiempo la Mecánica Cuántica provoca otro problema que no es fácil de tratar. El tiempo en la Mecánica Cuántica no es simplemente una cuarta dimensión. Únicamente entre las variables de la física no está cuantificado, y así aparece como una variedad clásica que sobrevive en la Mecánica Cuántica sin ningún operador asociado. Esto significa que el Espacio-Tiempo no se desplaza reposadamente de la Relatividad a la Mecánica Cuántica.

La naturaleza del espacio en sí se halla en el centro de la cuestión. El espacio 'Vacío' por supuesto que no existe en la Mecánica Cuántica tampoco. Hay fluctuaciones y algo que se llama 'el mar de Fermi' que significa que el problema de Muchos-Cuerpos aparece al comienzo incluso en un sistema supuestamente 'vacío'. Cuanto más se intenta conseguir la consistencia entre la Mecánica Cuántica y la Relatividad, el problema se hace más difícil y no hay que sorprenderse de que hoy un número de investigadores busquen experimentos para probar la propia naturaleza del espacio y del tiempo para comprobar todas las conclusiones relacionadas con éstos. Por eso los experimentos como los de enfocar láseres de pulso corto con potencia ultra alta sobre el vacío para extraer materia en forma de pares de electrón-positrón, etc., no son curiosidades pasajeras. Cada una de estas pruebas tiene potencial para revelar algunos aspectos novedosos de las interacciones.

El resumen anterior, muy sucinto, pretende en verdad recalcar que el fin de la física experimental o teórica no está a la vista definitivamente, incluso en su nivel más fundamental. Nos quedan muchos asuntos que tratar. Los límites los pone básicamente nuestra imaginación, pero también la financiación del sistema en el que trabajamos, y ahora me gustaría volver a la segunda parte de mi discurso, que es acerca de la Estructura Europea de Investigación.

El sistema europeo, por razones históricas, está organizado de una manera un tanto extraña. En la mayoría de los sectores (con la excepción de la Física de Alta Energía) está dominado por unos grandes organismos nacionales como la *Deutscher Forschungs Gemeinschaft* de Alemania, los

Consejos de Science and Engineering y otros del Reino Unido, el *Centre National de Recherche Scientifique* de Francia, etc. Estos organismos nacionales representan más del noventa por ciento del presupuesto europeo para la investigación. Junto a estos organismos nacionales, que todos son independientes entre sí y operan con comisiones distintas y procesos de selección diferentes, disponemos de financiación reservada para investigación con becas de la Comisión Europea (lo que incluye las becas Marie Curie o becas de movilidad) que reparten nombramientos prestigiosos. Finalmente, en cuanto a la Física de Alta Energía, hay un organismo aparte llamado el CERN constituido en tratado internacional, y que no es estrictamente 'europeo' puesto que se halla abierto a todos los países que quieran firmar el tratado, pero se encuentra en Europa y está sujeto a contribuciones europeas.

Antes de comentar el sistema en sí, he aquí algunas observaciones sobre la situación en general:

- Primero, casi todos coincidirían en que la investigación científica fundamental es una actividad totalmente internacional que no debería permitir fronteras y que debería estar mantenida por el mayor número posible de países. Esto se corresponde bastante con el sistema impulsado por el CERN, por lo que no comentaré más al respecto excepto que hay que conservarlo como modelo organizativo y práctico.
- Segundo, creo que todos coincidirían en que la investigación aplicada tiene un carácter más 'local' porque (a) debería responder a lo que los ciudadanos locales, que son los consumidores, desean ver financiado por fondos públicos y (b) porque debería corresponder en el mejor de los casos a lo que necesite y pueda sostener la infraestructura industrial local y (c) porque también depende de los recursos naturales diponibles.

No obstante, en Europa todas y cada una de las naciones contribuyentes más ricas (sobre todo por razones de prestigio) desean tener su 'propia' ciencia fundamental financiada por su 'propio' consejo de investigación en su 'propio' territorio. Dado que esto concierne a la mayor parte del dinero que se gasta en ciencia, tenemos la extraña situación de que, quitando la Física de Alta Energía y algunas actividades de cooperación como la financiación de grandes telescopios, la investigación fundamental se financia principalmente desde presupuestos nacionales separados que se reservan para las universidades y los laboratorios sitos en países concretos.

Siguiendo con esta línea de pensamiento, también hemos de preguntarnos qué parte de los fondos deberían ser para la investigación de los 'cielos azules' [investigación sin finalidad inmediata o concreta] y qué parte para la investigación dirigida en áreas temáticas previamente definidas. En general, parecería que el tratamiento de los 'cielos azules', por naturaleza, habría de ser más propio de la ciencia fundamental y la

investigación 'dirigida' para la ciencia aplicada. Así, la situación se hace más rara cuando llegamos a la financiación de programas científicos con becas de la Comisión Europea. Básicamente, bajo planes como el FP7 y FP8, la concesión de las becas depende de 'convocatorias' que se publican periódicamente, junto con un esquema temporal y se administran por reglas 'intervencionistas' de la Comisión. De este modo, los fondos europeos, el brazo internacional de nuestra financiación, van principalmente a áreas aplicadas que se reconocen como importantes, mientras que la investigación pura se financia principalmente a nivel nacional. Esto va en contra del sentido común, pero es como lo hacemos en Europa.

También resulta bastante extraño que los organismos de financiación nacional de Europa dirijan lo que básicamente un sistema cerrado. En general, si se desea solicitar financiación se ha de ser ciudadano del país en cuestión o se ha de trabajar en ese país, o proponerse acudir a ir a trabajar allá o estar en colaboración con un ciudadano de ese país. Esto significa que los sistemas nacionales está diseñados para excluir lo que se considera ciencia 'extranjera'. La competición internacional resultante surge al final, cuando se publica el trabajo.

Este sistema no es sólo ineficaz a todas luces sino que también impide a los ciudadanos y a los laboratorios en las naciones europeas menos ricas el acceso al grueso de la financiación europea de investigación. Por hacer una comparación, es como si cada estado de los EE.UU., Alabama, Ohio, Connecticut, etc., dirigiesen su propia versión del NSF [Fondos Nacionales de la Ciencia] y excluyesen actividades de otros sitios. Esta 'balkanización' de la financiación de la investigación en Europa es definitivamente una rémora. La única justificación para que hubiese consejos de investigación separados en cada país de Europa sería si hubiese competencia entre ellos y abriesen sus procedimientos de solicitud a los investigadores y las instituciones de cualquier lugar de la Unión Europea.

La única parte del sistema de financiación de investigación europeo que es auténticamente 'europeo' viene de la Comisión y del ERC. Esto tendría que ser la mayor parte del presupuesto pero, comparado con los fondos nacionales, es de una pequeñez ridícula. Las únicas partes de este programa que se hacen con reglas totalmente 'abiertas' (ni 'intervencionistas' ni restringidas a los ciudadanos de la nación) son los premios Marie Curie y los de ERC. No hay que sorprenderse porque estas partes sean las que los propios científicos aprecian más. Otros fondos europeos están restringidos desgraciadamente a las 'convocatorias', es decir los científicos trabajan por encargo, con tareas impuestas en un contexto específico por procedimientos mayoritariamente oscuros.

Nada de esto se hace para convertir a la ciencia y la investigación europeas más competitivas con respecto a China o los EE.UU., aunque

económicamente y demográficamente tal competencia podría estar a nuestro alcance.

Finalmente, querría decir algo sobre la estructura de las carrera de los jóvenes investigadores. Muchos investigadores jóvenes están financiados por contratos de corto plazo, y se ha convertido en norma en Europa que sólo una pequeña fracción se las arreglará para asegurarse puestos de larga duración suficiente para consolidar una carrera científica. Parte de esto es consecuencia inevitable de la competencia, pero esta fracción es por ahora tan pequeña que muchos de los jóvenes investigadores de talento ni siquiera concurren a la selección pues se dan cuenta que sus probabilidades en puestos de larga duración son mínimas. Este hecho junto con la 'balkanización' recién descrita anima a muchos investigadores a dedicarse a otra salida profesional o a emigrar en vez de enfrentarse a la precariedad que imponemos a nuestros científicos. No podemos quejarnos, en Europa, de que haya una pérdida de competitividad científica y tecnológica en comparación a otros continentes si no encaramos el asunto de la carrera.

En resumen, he argüido que los problemas fundamentales, de inspiración y desafío, de la investigación científica están muy presentes, tomando a la física como ejemplo. Podría haber elegido otras áreas de la ciencia para las que esto es igual de verdad. Y he tocado el tema de que nuestros sistemas europeos de financiación y de carrera nos están defraudando. Desgraciadamente, los investigadores científicos experimentados no se hallan en el control del sistema y el consejo que dan a veces se ignora en altas instancias. Las consecuencias de esta división se están agravando y en mi opinión nos deberían preocupar en tanto que somos ciudadanos de Europa.