

## Impresiones sobre mi vida científica

Por Rafael Núñez-Lagos

Cuando terminé mi licenciatura en Física, estaban vivos y activos casi todos los creadores de la revolución de la física del siglo XX, sólomente Einstein acababa de fallecer un par de años antes. Al volver la vista atrás, como se puede hacer cuando la sociedad te aparta de tus obligaciones para con ella y tu cerebro no termina de asimilar bien el por qué de esa norma, se pueden recapitular todos los momentos científicos que se ha tenido la suerte de vivir. Me ceñiré fundamentalmente en lo que sigue a la física y a

España recordando situaciones pasadas, desconocidas para muchos, que justifican el presente.

Es cierto que el siglo XX ha sido el siglo de la física, igual que el XXI se apunta como el de la biología, en él se ha cambiado no sólo nuestro conocimiento del mundo que nos rodea, desde lo más pequeño y profundo a lo mayor que podemos conocer, sino lo que, desde mi punto de vista, es más importante, se ha cambiado la forma de pensar, plantear, abordar y resolver los problemas de la física. Nuestro pensamiento,

basado desde los filósofos primitivos en la elaboración de la observación de lo que nos rodea, esencialmente lo que vemos, ha sido la guía que se ha seguido en la elaboración de modelos teóricos que, desde que Galileo descartase definitivamente la filosofía Aristotélica basada únicamente en el criterio de autoridad, se han ido contrastando con los datos experimentales.

El siglo XX comenzó demostrando que el acuerdo con lo que vemos, con lo que nuestra lógica cotidiana nos indica como cierto y veraz, no tiene por qué ser así. Lo que parece lógico puede no serlo, lo que parece veraz puede ser falso. Ya en los albores del siglo XVII, Galileo, con el perfeccionamiento del telescopio, demostró que podemos "ver" lo que a simple vista no se ve. Había seguido fielmente las palabras de su padre, "Me parece que aquellos que sólo se basan en argumentos de autoridad para mantener sus afirmaciones, sin buscar razones que las apoyen, actúan en forma absurda". Galileo tuvo muchos enemigos simplemente por defender la matematización de la naturaleza, por establecer un procedimiento científico y por propiciar el divorcio iglesia - ciencia. Su forma de pensar queda bien reflejada en una respuesta a ideas defendidas por sus enemigos "La filosofía está escrita en ese gran libro del universo, que está continuamente abierto ante nosotros para que lo observemos. Pero

el libro no puede comprenderse sin que antes aprendamos el lenguaje y alfabeto en que está compuesto. Está escrito en el lenguaje de las matemáticas... Sin ese lenguaje, navegamos en un oscuro laberinto".

Aunque a Galileo también se atribuye la invención del microscopio, no se utilizó para descubrir lo invisiblemente pequeño hasta bien entrado en siglo XVII. Observación y matemáticas han sido la clave de desarrollo de la física hasta nuestros días. El gran avance reside en que hemos aprendido a "observar" lo que no se ve ni se puede ver y el siglo XX, con la relatividad restringida, puso de manifiesto que no es correcta la extrapolación de un modelo o teoría más allá de su ámbito de aplicación que es donde está comprobada. La mecánica de Newton explica "correctamente" lo que ocurre a pequeñas velocidades y no se puede extrapolar a altas velocidades, comparables a la velocidad de la luz. Si se hace, aparecen las paradojas y falsos problemas que surgen cuando utilizamos la relatividad con ojos de Newton. Pero aún la relatividad sigue "pensando" en un esquema clásico. Con ella se cambiaron algunas reglas matemáticas del juego pero no la forma de pensar.

El estudio de la estructura profunda de la materia, primero el átomo y posteriormente el núcleo, las partículas elementales y los constituyentes fundamentales de las mismas, ha supuesto una revolución total en el pensamiento físico. La mecánica cuántica, desarrollada por Schrödinger y Heisenberg en pocos meses en el año 1925, y puesta en forma teórica impecable por Dirac en 1929, ha significado el abandono de la causalidad y del determinismo. Ha supuesto el abandono de trayectorias bien definidas por los cuerpos en movimiento en lo que está basada toda la mecánica clásica, incluida la relativista, y nuestra experiencia diaria. Ha supuesto el desconocimiento simultáneo de variables canónicamente conjugadas como posición y momento. El mismo concepto de partícula material es cuestio-

**"El siglo XX ha sido el siglo de la física. En él se ha cambiado no sólo el conocimiento del mundo que nos rodea sino también la forma de pensar, plantear y resolver los problemas."**

Albert Einstein (1879-1955)

nable, no es necesario, se puede construir toda la mecánica sin ese concepto, la partícula puede ser una onda. Si se cree que se sabe donde se encuentra en un instante dado no se sabe cual es su velocidad y dirección en ese instante, por tanto tampoco sabremos donde estará un instante posterior. No se puede afirmar que una partícula esté aquí (posición bien definida) y parada (momento bien definido). Obviamente sí se puede afirmar de un cuerpo masivo material, como un satélite o una bola de billar, pero no de un electrón. Una vez más ocurre que no se puede extrapolar nuestra experiencia diaria fuera de su ámbito de aplicación, nuestra experiencia diaria no es extrapolable a lo muy pequeño. El milagro científico ha sido primero llegar a descubrir estos hechos y después cómo hemos sido capaces de hacer ciencia con estas bases tan difusas y aparentemente poco sólidas, al estar tan alejadas de nuestras vivencias diarias.

A mi generación nos ha costado sangre, sudor y lágrimas aprender, entender y utilizar la física cuántica. En España nuestros profesores en la Universidad, y menos aún los planes de estudio, no contemplaban temas de física del siglo XX. El retraso científico, tecnológico y mental, unido al aislamiento del resto del mundo que existía en España en la mitad del siglo XX, sólo era comparable a la desidia de las autoridades políticas, religiosas y de la sociedad misma que no veían en la investigación mas que una fuente de "problemas". Un reducido núme-

ro de físicos fuimos capaces de autoformarnos, salir al extranjero, alcanzar un nivel científico homologable, retornar y comenzar a enseñar física del siglo XX a los jóvenes universitarios.

Tuvimos suerte, mucha suerte, y pudimos contar con el apoyo de unos pocos científicos que ocupaban puestos relevantes en la escasa investigación que se hacía. La Junta de Energía Nuclear fue, en los años 60, el foco científico más importante y mejor dotado de España. En sus laboratorios se investigaba en física nuclear y de materiales, química y radioquímica y sus aplicaciones tecnológicas e industriales, geología y biología. La Junta, como nos referíamos a ella los científicos españoles, desarrolló ciencia y tecnología de primer nivel, siempre dio gran importancia a la investigación básica y mantuvo equipos de científicos trabajando en temas punteros de física teórica y física de partículas elementales. Envió a muchos científicos e ingenieros, fundamentalmente jóvenes, al extranjero y consiguió llegar a tener un plantel cuya investigación era perfectamente homo-

logable a la que se estaba realizando en países vecinos como Francia y el Reino Unido. Los laboratorios contaban con excelentes equipos, algunos fabricados en la propia Junta. La única pena es que eran los únicos existentes en el desierto científico español. No obstante, la labor de la Junta fue fructífera y a ella se debe, en gran parte, el nivel y desarrollo científico alcanzado en nuestro país en la actualidad.

La Junta realizó una exploración completa del territorio español para la búsqueda de minerales radiactivos, y puso en marcha su explotación y tratamiento para la obtención fundamentalmente del uranio en Andujar y en Salamanca. En las plantas piloto de la Ciudad Universitaria se realizó el enriquecimiento de isótopos por diversas técnicas, en las que los equipos de los profesores Justiniano Casas (+) y José María Savirón (+) de la Facultad de Ciencias de Zaragoza jugaron un papel importante con su espectrómetro de masas y sus técnicas de difusión. Si el gobierno español hubiese tomado la correspondiente decisión política, en la Junta se disponía la tecnología y los científicos e ingenieros necesarios para el desarrollo de un arma nuclear. Al abandonar este camino, que si siguieron Francia y el Reino Unido, se privó a nuestro país de un gran impulso a los estudios nucleares y sus aplicaciones científicas e industriales. No obstante se siguieron desarrollando las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y España fabricaba isótopos radiactivos para su consumo científico y médico y se construyeron centrales nucleares cada vez con mayor participación de la industria e ingeniería españolas. En las últimas centrales nucleares construidas, como Vandellós II, el 80% era español.

Por desgracia la Junta no era toda España, era un laboratorio singular en un desierto. Las Universidades, con honrosas excepciones como Zaragoza, seguían ancladas en la física del siglo XIX y formando físicos con esa mentalidad y esos conocimientos. El panorama no era

fácil ni prometedor pero en la Junta se siguió trabajando con un gran nivel y participando en colaboraciones científicas internacionales.

**"A mi generación nos ha costado sangre, sudor y lágrimas aprender la física cuántica. El retraso científico, tecnológico y mental, unido al aislamiento que existía en España en la mitad del siglo XX, sólo era comparable a la desidia de las autoridades y de la sociedad misma que no veían en la investigación mas que una fuente de problemas."**

El parón nuclear del año 1983 supuso una quiebra en el camino que hasta entonces se había seguido en la Junta. No sólo se trató de parar la construcción de nuevas centrales nucleares, algunas de las cuales estaban prácticamente terminadas, sino que se trató de dismantelar toda la ciencia y tecnología nuclear existente. Incluso la Junta de Energía Nuclear cambió de nombre y de objetivos y pasó a llamarse Ciemat (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Veinticinco años de ignorancia y persecución de lo nuclear han sido muchos y, por desgracia, una buena parte de la ciencia y tecnología nuclear española se ha perdido. Los científicos e ingenieros de aquellos años ya están jubilados y solamente en unas pocas Universidades y Escuelas de Ingeniería se ha mantenido, a duras penas, una pequeña llama encendida. Para muestra basta un botón, la radioquímica ha desaparecido de los planes de estudio y no se enseña en prácticamente ninguna Facultad, tampoco en Zaragoza. Muchas empresas, especialmente de



ingeniería cerraron su sección nuclear, aunque hay que hacer constar que algunas empresas de ingeniería españolas siguen desarrollando una actividad en este campo tanto en España, para dar servicio a las instalaciones nucleares españolas, como colaborando en programas y proyectos internacionales.

El panorama de la física actual en España es, sin embargo, excelente en la ciencia básica. ¿Qué ha ocurrido para que esto sea así? Afortunadamente los científicos jóvenes, especialmente los físicos, formados en la Junta, o en sus ramificaciones universitarias a través del Instituto de Estudios Nucleares, pudieron seguir trabajando y muchos de ellos pasaron como Catedráticos y Profesores a la Universidad, formando, con nuevos planes de estudio, a generaciones de científicos en la física de nuestro siglo. En este punto hay que mencionar la iniciativa de Zaragoza en el año 1972 de hacer un nuevo plan de estudios de física, conocido como el Plan Javea, porque en el Parador Nacional de Javea (Alicante) nos reunimos los catedráticos de Física de Zaragoza, y alguno de Madrid, e hicimos un Plan de Estudios de Física, pensado para enseñar física a los alumnos, no para solucionar problemas de profesorado, como ocurre por desgracia con parte de los actuales. El Plan, que duró veinte años, introducía dos ciclos, con la asignatura de Física Cuántica como introducción a la Mecánica cuántica en el tercer curso, etc. Este Plan se fue adaptando paulatinamente en toda España e incluso en alguna Universidad de Estados Unidos y ha sido una de las claves que ha conducido al panorama científico actual español.

La segunda clave, quizá la más importante, se debió a las complicadas relaciones entre España y el CERN. La incorporación de España al CERN en 1961 y su posterior retirada al cabo de pocos años, al considerar las autoridades políticas que no se obtenía un retorno científico y tecnológico adecuado, paradójicamente, influyó positivamente en el desarrollo científico español. La retirada nos permitió a unos pocos

científicos, tras complicadas discusiones con las autoridades políticas, obtener una parte de los fondos que se dejaban de pagar al CERN para dedicarlos al desarrollo en España de la física que se hacía en el CERN. El objetivo era formar científicos que pudiesen obtener unos retornos adecuados en un plazo razonable de tiempo. Esto permitió la creación del GIFT (Grupo Interuniversitario de Física Teórica), que fue la obra de los cuatro catedráticos que nos habíamos formado en la Junta, Alberto Galindo, Pedro Pascual (+), Angel Morales (+) y yo mismo. El GIFT envió al extranjero a varias generaciones de físicos que, al incorporarse a su vuelta a las Universidades, fueron cambiando el panorama universitario español. Otros campos de la física, especialmente la física del estado sólido y la física de materiales, creados a partir del desarrollo cuántico del siglo XX pudieron también desarrollarse en España.

Cuando España se reincorporó definitivamente al CERN, contábamos con físicos tanto teóricos como experimentales capaces de colaborar, como uno más, en las experiencias que allí se realizaban y obtener retornos tanto científicos como industriales. Las empresas españolas comenzaron a poder participar en las experiencias del CERN de la mano de nuestros científicos y especialmente de la Junta, y posteriormente del Ciemat, que siguió manteniendo viva una pequeña llama de ciencia pura.

Hoy día el panorama de la física española es aceptable, en nivel científico es excelente, homologable al de cualquiera de nuestros vecinos, pero nos faltan instalaciones. Faltan laboratorios y centros de investigación, no tenemos aceleradores de media y alta energía, sólomente hay pequeños en Sevilla y Madrid, no tenemos reactores nucleares experimentales, los que había en la Junta de Energía Nuclear en Madrid, en Bilbao y en Barcelona fueron desmantelados con el parón nuclear, no tenemos fuentes de espalación, y no fabricamos isótopos radiactivos. Sólomente se fabrican desde hace

pocos años unos pocos isótopos para diagnóstico PET, prácticamente sólo Fluor-18. El resto, necesario para la medicina, tanto en diagnóstico como en tratamiento, para la ciencia e investigación pura y aplicada y para la industria tiene que ser importado, antes se podían fabricar. Esto implica que solamente se pueden utilizar isótopos de periodos relativamente largos con los consiguientes inconvenientes para los pacientes. Todo esto han sido las consecuencias del parón nuclear, que ha ido mucho más allá de la producción eléctrica, aunque sólomente esto último nos ha costado más de un billón de las antiguas pesetas. Los daños del parón en la ciencia, la industria y la tecnología han sido enormes, no se han cuantificado, nadie ha hablado de ello y no se previeron en absoluto. Cuanto más tiempo pase más difícil será la reparación.

Espero y deseo que vuelva la sensatez y la lógica a nuestro país y se retorne a una situación "normal", como han tenido y siguen teniendo nuestros vecinos franceses e ingleses con quienes hace tiempo estuvimos completamente homologados en conocimientos e instalaciones.

En la época de crisis energética en que estamos inmersos, es increíble que por lo que respecta a la energía nuclear estemos de nuevo casi siguiendo el pensamiento Aristotélico, sólo que con la ideología sustituyendo a la filosofía. Nuestros políticos siguen a rajatabla unas ideas a pesar de que está demostrado que son incorrectas y basadas en ideas falsas, de que los países de nuestro entorno no las siguen ni han seguido, y sabiendo que abandonarlas podría ser una solución a buena parte de nuestros problemas. Hasta que la opinión publicada, no la pública que sigue a la publicada, no cambie sus ideas y comience una larga campaña

de propaganda, impulsada por los políticos de quienes dependen los medios de comunicación, no espero ningún tipo de cambio hacia la lógica y el sentido común en el tema nuclear. Mientras tanto los pocos científicos e ingenieros que cultivamos este campo de la física seguiremos trabajando para mantener viva la llama de una ciencia y una tecnología que nunca debió de dejarse de lado en nuestro país.

Rafael Núñez-Lagos  
Departamento de Física Teórica  
Miembro del Senatus Científico