

## Presentación

*Enrique Álvarez Vázquez*

---

Arbor CLIX, 626 (Febrero 1998), 127-137 pp.

### I

1.—El volumen que el lector tiene en sus manos se refiere a la Física de Altas Energías (FAE) en España. A diferencia de otras escasas disciplinas científicas, como las ciencias de la vida, la FAE no tiene ninguna tradición en nuestro país, y su pequeña historia se reduce prácticamente a los últimos 25 años.

El objeto del estudio de la FAE es el mundo de lo muy pequeño. Todos hemos aprendido en la escuela que el núcleo atómico está formado por protones y neutrones; la FAE estudia precisamente la subestructura de esos protones y neutrones, y para adquirir información sobre ella se realizan costosos experimentos en los que haces de partículas cargadas se aceleran a grandes velocidades usando campos electromagnéticos, y se hacen luego chocar con otros haces que giran en sentido opuesto en los llamados anillos de colisión, estudiando luego los productos resultantes de la colisión ella misma.

En la mayoría de los países de nuestro entorno, la FAE surge en el contexto de una potente investigación en Física Nuclear. Ello es lógico desde el punto de vista conceptual, ya que como explicábamos más arriba, la FAE estudia las partículas subnucleares, y ese estudio de alguna manera presupone el conocimiento de la física de los núcleos. La práctica inexistencia de investigación en Física Nuclear en España antes de los años 70 hace que la comunidad de la FAE haya tenido un desarrollo independiente lo cual no deja de ser una peculiaridad de la situación española.

Tanto la física nuclear como la FAE se han beneficiado de un inmenso apoyo económico, que incluso ha generado el nombre de «Big Science» (Gran Ciencia), después de la segunda guerra mundial; y es evidente que ese apoyo está ligado a la existencia de las aplicaciones militares de la fisión nuclear (aunque su origen se encuentra probablemente en el descubrimiento del Radar) y al deseo de no quedarse atrás en posibles aplicaciones futuras en el contexto de la guerra fría. Hoy en día, con el final de ésta, hay un vaivén del péndulo de la opinión, y desde muchas partes se oyen voces cuestionando el interés social del apoyo a la «Gran Ciencia»; y ya puestos a cuestionar, algunos se preguntan incluso el interés de toda investigación fundamental básica. En honor a la verdad, hay que decir que no todas estas voces provienen de mundos ajenos a la ciencia; algunos investigadores participan activamente de esta opinión, e incluso (al menos en Estados Unidos), han acusado a la comunidad de físicos de Altas Energías (AE) de «prepotencia» e inutilidad barroca.

Es, en este sentido, ejemplar la campaña realizada por el conocido físico de estado sólido Philip Anderson en Estados Unidos en contra de la construcción del «superconducting supercollider» (SSC), en Texas, cuyo final, como es bien sabido, condujo al abandono del proyecto y desmantelamiento de las instalaciones ya existentes. Un papel similar lo juega en Francia Gilles de Gennes, defensor a ultranza de la investigación «útil», especialmente en el reino de las mesoestructuras. Naturalmente, no faltan entusiastas imitadores en nuestro país, donde con frecuencia en todo tipo de polémicas, los efectos llegan antes que las causas, incluso a veces llegan sólo aquéllos sin que éstas hagan su aparición.

Dos son los puntos de partida, en mi opinión, de toda reflexión sobre el tema: uno, que la búsqueda de las causas fundamentales, «irreducibles», de los fenómenos físicos ha sido una constante en la historia del pensamiento humano, y creo inevitable y conveniente que continúe siéndolo en el futuro; y otra, que toda actividad (incluida la científica, aunque no ésta más que cualquier otra) debe de estar sometida al control social. Por otra parte, a veces no se destaca suficientemente que la «Gran Ciencia» es la única manera sistemática conocida de adquirir información experimental en FAE.

2.—De hecho, una pregunta interesante y radical es la de por qué pensamos que la sociedad debe de mantener a sus científicos. Naturalmente, esta pregunta debe de hacerse en un contexto en el que también se cuestione la existencia del apoyo social a otras profesiones, pero resulta no obstante de sumo interés.

Es obvio que no somos los científicos las personas adecuadas para responder a ello. Es imposible hablar de su propia profesión sin caer en el corporativismo, tan abyecto visto desde fuera como invisible desde dentro. Uno de los espectáculos más lamentables de finales de siglo es el de ver a científicos de una especialidad luchando por las migajas del apoyo social, descalificando para ello sin dudar a otros científicos, incluso (o quizás sobre todo) próximos.

El estudio de la historia de la actividad científica «occidental» revela que, hasta que el sistema de «tenure» (posiciones o contratos permanentes para los docentes, conquistadas precisamente para protegerse de la arbitrariedad de las personas o instituciones financiadoras) fue implantado, la actividad científica estaba reservada a los que estaban protegidos por algún monarca o persona con capacidad de mecenazgo, y hasta cierto punto, y con muchas limitaciones, en instituciones dominadas por la Iglesia.

Pero incluso así la enorme cantidad de gente trabajando en las Universidades (fruto también de la mayor demanda social de educación, y de la progresiva pérdida de carácter aristocrático de ésta), la creación de Laboratorios Públicos de Investigación, etc, son, esencialmente, fenómenos de este siglo, muy acelerados, como decíamos antes, desde el final de la segunda guerra mundial.

Durante las décadas centrales del siglo se ha ido asentando la creencia de que la ciencia era semilla de progreso, y de que el liderazgo científico garantizaba el liderazgo tecnológico. Quizás la exposición más mecanicista de estas ideas fue el concepto de «Revolución Científico Técnica», acuñado por Richta poco antes de la «Primavera de Praga»: la ciencia como «fuerza productiva directa». Algo parecido había sugerido Wright Mills con su concepto de los «white collars» como nuevos proletarios.

Hoy en día también eso se está cuestionando: por una parte, parece evidente que la relación entre ciencia y técnica es mucho más compleja que lo que se creía y, por otra parte, el enorme ascenso de las preocupaciones e ideología ecologista en los países avanzados ha impuesto como modelo deseable el llamado «desarrollo sostenible», imponiendo así un freno ideológico al crecimiento indefinido.

Está por ver en qué acaba el revuelo ideológico originado con la caída del Muro de Berlín. Algo hay de cierto en la idea de Fukuyama de que el capitalismo como sistema muestra una adaptabilidad prácticamente ilimitada. La época del final de la guerra fría ha coincidido con una oleada de reducciones en el gasto público en los países avanzados, especialmente en la Unión Europea, llegando a poner gravemente

en peligro aspectos importantes del «estado del bienestar». Naturalmente éste no es el mejor momento para plantearse enormes gastos públicos en investigación, y la iniciativa privada, allí donde existe (lo que evidentemente no es nuestro caso) se va lógicamente a centrar en áreas productivas a corto plazo. Pero no es menos cierto que, sin entrar en consideraciones de otro tipo, la investigación básica es una componente esencial del conocimiento, inseparable de lo que hoy se entiende como Universidad, y que tradicionalmente una de las diferencias entre gobiernos progresistas y conservadores era precisamente el énfasis puesto en la educación, el conocimiento y la cultura, en un sentido amplio. Por otra parte es evidente que, por muchas cualificaciones que se impongan, la investigación básica genera progreso tecnológico a largo plazo.

La situación en el mundo actual es compleja, aunque el rasgo general más importante es que, mientras que en el mundo occidental (Estados Unidos y la Unión Europea, principalmente), el apoyo público a la investigación básica está fuertemente cuestionado, no ocurre lo mismo con los «dragones asiáticos» del Pacífico. Empezando por Japón, y siguiendo por Corea, Taiwan, Singapur, etc, todos ellos están incrementando el apoyo a la investigación (curiosamente, en muchos casos con especial énfasis en la investigación básica) y a la educación en general.

Existe, finalmente, otro aspecto relacionado con los anteriores, que es la creciente influencia de lo que eufemísticamente podríamos llamar «pensamiento irracional» no sólo entre los ciudadanos en general (proliferación de las «sectas», horóscopos, videntes, etc), sino también entre amplios sectores de intelectuales. Aunque ellos mismos suelen matizar más sus escritos, desde Kuhn y Feyerabend hasta Derrida hay una corriente que degenera en un sector de los «filósofos postmodernos», según la cual el conocimiento científico es sólo una forma más de conocimiento, sin que en ningún sentido se pueda decir superior a ninguna otra, y negando la existencia de una cosa semejante al «progreso científico». Es (y debería de serlo más) conocido el artículo/provocación del físico Alan Sokal sobre el particular.

Aunque con motivaciones distintas, y con una gradación muy sutil dependiendo de los diferentes países, es evidente que la desconfianza hacia la ciencia que subyace en amplios sectores del pensamiento ecologista no contribuye especialmente a crear una corriente de opinión favorable a la inversión pública en ciencia en un sentido amplio.

De nuevo aquí, también nos encontramos con que los efectos llegan antes que las causas. Existe en España un movimiento ecologista con

una fuerza relativa, que muchas veces reacciona frente a excesos que nunca se han cometido en nuestro país, donde la inversión en investigación ha sido históricamente escasa. Lamentablemente, ello hace que todo el tejido científico, aún incompleto, (y aquí ocurre, hasta cierto punto, como con la red ferroviaria: hay cosas que, al no haberlas hecho en su momento histórico, en el siglo XIX, resultan muy difíciles de hacer ahora) resulte extremadamente vulnerable frente a reducciones de presupuesto y cambios de planificación. Ello es especialmente grave en los grupos experimentales, y dentro de ellos, en aquellos que trabajan en el seno de grandes colaboraciones internacionales, donde típicamente transcurren décadas desde la concepción de un proyecto hasta su realización práctica.

Claramente la ciencia básica, precisamente porque su motivación es altruista desde el punto de vista económico (esencialmente la adquisición de conocimiento) es la más interesada en, y también probablemente la más susceptible de defender los «principios ideológicos».

Sería en mi opinión muy deseable que todos sus practicantes estuviesen más unidos, en éste como en otros empeños. El mantenimiento del apoyo a esta disciplina por parte de los poderes públicos es una de las maneras que tienen éstos de defender un criterio de objetividad en el mundo de la educación y el conocimiento.

3.—Es probable que una parte no despreciable de la mala imagen que a veces dan los científicos en general, y los físicos de Altas Energías en particular, radique en una supuesta arrogancia. Muchas veces esta arrogancia es sólo aparente, y consiste simplemente en la defensa de un criterio de verdad basado en el experimento, que colisiona con otros criterios más laxos. Pero podría ocurrir que otras veces haya algo de verdad en ello, por ejemplo, cuando se intenta substraer el debate sobre la financiación pública de la investigación a los «no expertos». Hay cosas que no se pueden decidir democráticamente, como la evaluación científica de un trabajo de investigación, que tradicionalmente se realiza por otros investigadores internacionalmente reconocidos, y cuyo nombre es desconocido para la persona o entidad evaluada (el «peer review»). Pero no se puede substraer el debate anterior. Es posible que la actividad de los científicos sea útil. Pero no es menos cierto que es una carrera inmensamente vocacional, y que las oportunidades de desarrollarla, y la libertad de la que se goza para ello son hoy en día muy superiores a las que existían en tiempos pasados, incluso no muy lejanos. Bien es verdad que eso mismo se puede decir de otras profesiones, pero hablar de ello excedería los objetivos de este artículo.

Quisiera terminar esta primera parte de la Presentación con las palabras finales de una conferencia dada por Wigner † en el Centro Internacional de Física Teórica (ICTP) de Trieste, fundado por Abdus Salam, y que, junto con el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) en Ginebra, ha sido la empresa de colaboración internacional más exitosa en el campo. Esta conferencia ha sido publicada en el volumen antológico «From a life of physics», (IAEA, Vienna, 1969). El discurso de Wigner expresa, con su característico estilo, que hoy quizás suene un poco anticuado y moralizante, una actitud de humildad que me parece una componente esencial de todo verdadero científico. Incluyo traducción libre como nota: \*

«What I am advocating is that we realise how much we owe to society. It keeps us —and if I look around myself I find that it keeps us in luxury— for doing what we want to do anyway, for doing what gives us most pleasure. I believe that we should show, in return, some helpfulness ... We, who are generously supported by our society, should show a sense of humility and gratitude rather than contempt for the nonscientist. I know that it can be argued that society derives benefits from supporting us —but so does the man who jumps into the water for rescuing another. I find, therefore, statements of the sort «the worth

---

† El físico E. Wigner consiguió su premio Nobel por el conjunto de su obra, en la que clarificó el papel de las transformaciones de simetría en la Física Cuántica, en particular, de aquellas asociadas a la invariancia relativista.

\* Estoy abogando porque nos demos cuenta de lo mucho que debemos a la sociedad. Nos mantiene —y si miro a mi alrededor encuentro que nos mantiene lujosamente— por hacer aquello que querríamos hacer de todas formas, por hacer aquello que nos causa más placer. Creo que debemos demostrar, por nuestra parte, algún espíritu servicial....Nosotros, que estamos generosamente mantenidos por nuestras sociedades, debemos de mostrar un sentimiento de humildad y gratitud antes que desprecio por los no científicos. Bien sé que se puede decir que la sociedad obtiene beneficios del hecho de mantenernos —pero lo mismo sucede con el hombre que se lanza al agua para rescatar a otro hombre. Creo, por consiguiente, que frases del tipo de «puede juzgarse el valor de una sociedad por la manera en que apoya adecuadamente a sus científicos», sencillamente repulsivas. Estas afirmaciones provocan de manera natural, otras afirmaciones de signo contrario, como ésta del profesor Harry S. Johnson: «El argumento de que la sociedad debe de mantener a aquellos individuos que posean talento para la investigación difiere poco de los argumentos antiguos en favor de los derechos de los terratenientes a llevar una existencia lujosa, y está acompañado de una hipótesis similar sobre el valor social superior de los individuos privilegiados sobre los hombres corrientes». Creo que debemos de hacer todo lo que podamos para evitar estas críticas; el enfrentamiento que resultaría es dañino, tanto para la sociedad como para la ciencia, especialmente para la «gran ciencia».

of the society can be well judged by the extent to which it supports its scientists adequately» simply repelling. Such statements naturally provoke counterstatements like that of Professor Harry S. Johnson's. He said: «The argument that individuals with a talent for research should be supported by society differs little from arguments formerly advanced in support of the rights of the owners of landed property to a leisured existence, and is accompanied by a similar assumption of superior social worth of the privileged individual over the common men». I believe we should do all we can to avoid such criticism; the resulting confrontation can do only harm, harm to both society and to science, particularly big science».

## II

Hay un problema adicional que, sin ser una «crisis de fundamentos» como las de principios de siglo está afectando de manera quizás irreversible a la manera en la que se hace investigación en nuestro campo.

Es bien conocido el enorme éxito, como modelo teórico, del llamado «modelo standard», capaz de tratar las interacciones electromagnéticas, débiles y fuertes, en una teoría «gauge», con grupo  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ .

La construcción de esa teoría es fruto del esfuerzo y la contribución de muchos científicos; porque así como la parte electrodébil se asocia normalmente a los nombres de Weinberg y Salam (sin olvidar las ideas seminales de Schwinger, recogidas por Glashow y otros) no existe un único nombre asociado a la teoría de las interacciones fuertes (cromodinámica cuántica, QCD) en cuya creación participaron físicos como Gell-Mann y Fritsch, pero también Gross y Wilczek, etc. Es además evidente que todo este conjunto de ideas no habría inspirado la suficiente confianza como para invertir el trabajo necesario para su elaboración detallada, si no fuese por los estudios puramente teóricos de 't Hooft, Veltman, Slavnov, Taylor, etc.

La comparación de este modelo con el experimento (tarea que evidentemente nunca está acabada, siempre es perfectible) pronto convenció a la comunidad científica de su validez; el descubrimiento de las corrientes neutras, de las partículas « $J/\psi$ », la interpretación de los experimentos de SLAC sobre scattering profundamente inelástico en términos de la libertad asintótica de QCD y, finalmente, el descubrimiento mismo (por una colaboración, UAI, liderada por Rubbia, pero compuesta por centenares de miembros) de los bosones intermedios,  $W^\pm$  y  $Z^0$ , fueron algunos de los hitos en ese devenir. Tal es

la situación que se puede decir que lo único que realmente falta por comprobar experimentalmente del modelo en cuestión es la existencia del bosón de Higgs, carencia ésta que posiblemente se remedie en el curso de los experimentos a realizar en el «Large Hadron Collider» (LHC), el nuevo acelerador actualmente en construcción en el CERN, y que entrará en servicio en los próximos años.

Curiosamente, desde un punto de vista fundamental se puede decir que el éxito del «modelo standard» es el éxito de ideas bastante antiguas; la reivindicación de la Teoría Cuántica de Campos (que muchos miembros de la comunidad creían muerta durante los años 60), y la adaptación de las «técnicas perturbativas» de Feynman-Schwinger-Dyson a las teorías gauge. La idea misma de las teorías gauge (invariancia bajo fases dependientes del punto) es también antigua, siendo formulada en lenguaje físico por Yang y Mills en el 54; en tanto que Chern y otros matemáticos desarrollaban de forma totalmente independiente el concepto de conexión sobre un fibrado principal. Sólo veinte años después T.T.Wu y el propio Yang se dieron cuenta de que los dos conceptos eran básicamente equivalentes, en uno de los ejemplos más notables de pensamiento convergente entre físicos y matemáticos.

Lo que queremos resaltar es que, aún reconociendo el inmenso mérito de los físicos que demostraron que las teorías gauge eran renormalizables, incluso cuando estaban «espontáneamente rotas», es evidente que se trata de una aplicación técnicamente virtuosa de un desarrollo perturbativo; no ha sido necesario entender física no perturbativa para postular y contrastar con el experimento el citado modelo.

Existe una excepción a lo dicho, y corresponde precisamente a la parte peor verificada de la teoría. Se trata de toda la espectroscopía hadrónica, y, en general, QCD a baja energía, incluyendo en ella las interacciones básicas entre nucleones. Las técnicas analíticas (teoría de perturbaciones quirales, por ejemplo) aunque sofisticadas, son todavía cualitativas, y la única manera conocida de extraer predicciones cuantitativas (aunque con barras de error apreciables) es el efectuar simulaciones Montecarlo en el retículo. No todo el mundo, sin embargo, está satisfecho con la intuición que proporcionan este tipo de técnicas.

En todo caso, y para toda una generación de físicos, la presión en su trabajo por explicar datos experimentales ha desaparecido, siendo ésta una situación sin precedentes en la corta, pero intensa historia de la disciplina.

En definitiva, desde mediados de los 70, y mucho más acusadamente desde mediados de los 80, una parte muy importante de la comunidad teórica trabaja en cuestiones «especulativas», guiándose por razones

de consistencia lógica y a veces, estética. El camino de la especulación empieza en las ideas de «gran unificación», que en principio es un intento directo de extrapolar las ideas del modelo standard y llevarlas a una conclusión lógica, esto es, que en el mismo sentido que las interacciones electromagnéticas y débiles son esencialmente la misma, y ello es manifiesto a partir de energías ya alcanzadas en los aceleradores, exista otra energía mucho más alta a partir de la cual las interacciones electrodébiles y las fuertes sean una sóla. La única predicción más o menos genérica de estos modelos, a saber, la inestabilidad del protón, no se ha podido verificar hasta el momento, aunque la cota inferior a la vida media del protón aumenta progresivamente a medida que se acumulan datos experimentales. El camino de la especulación conduce luego a «supergravedad» con o sin «dimensiones adicionales» y, finalmente y sobre todo, a las «supercuerdas». \*

A pesar de que el autor de estas líneas es un practicante entusiasta de este tipo de física, es evidente que el campo no tiene futuro sin datos experimentales. Con todo lo fascinantes que resulten las nuevas ideas, y lo son mucho, es excepcional en la ciencia natural el llegar a descubrir algo fundamental mediante el puro ejercicio de la razón (la relatividad general de Einstein es quizás el contraejemplo más defendible como tal).

Pero la situación también es excepcional desde el punto de vista experimental. Aunque el trabajo que se realiza de comparación detallada es muy importante y resulta siempre útil (en principio basta un solo dato bien contrastado, por marginal que resulte aparentemente, en desacuerdo con una de las predicciones «seguras» de la teoría, para echar ésta por tierra †) no es menos cierto, sin embargo, que el campo ha progresado hasta ahora con descubrimientos «sensacionales» cada pocos años. Nuevas e inexplicables partículas, modos de interacción sorprendentes, etc. eran la regla y no la excepción, y todo físico de partículas tenía ante sí un amplio espectro de datos experimentales aparentemente absurdos e inexplicados al que intentar darle sentido.

---

\* Es evidente que no toda la comunidad teórica ha escogido esa vía. Existe mucha gente trabajando el QCD en el retículo, en teoría chiral de perturbaciones, o en cosmología/ física de partículas. Pero el fenómeno al que me refiero es importante, tanto en cantidad como en calidad.

† En la práctica las cosas son más complicadas y la sociología de la comunidad científica, como la de todas las comunidades, lleva a una cierta inercia ideológica: las ideas caducas se mantienen más tiempo del que, en principio, deberían.

Todo ello ha cambiado, y no falta quien cree que entiende el por qué. Si el mecanismo de ruptura de simetría es el más sencillo posible (es decir, si se descubre la partícula de Higgs tal cual fue predicha inicialmente), existe la posibilidad (contemplada por numerosos teóricos) de un «desierto»; un enorme intervalo de energía en el que no habría partículas nuevas ni interacciones fundamentales que descubrir. Naturalmente, existen otras posibilidades, preferidas entre otros por aquellos que están convencidos de la existencia de «supersimetría» a «baja energía» (en el lenguaje peculiar de la FAE, esto quiere decir energías que quizás se puedan alcanzar en el LHC), y también por aquellos que simplemente están convencidos de que los experimentos siempre han deparado sorpresas, y no hay razón para que no sigan haciéndolo. Es evidente que la única manera de saber es seguir buscando.

En contrapartida, es cierto que hay nuevos subcampos que han nacido, como la explicación detallada de escenarios creíbles del universo primigenio. Pero esto sólo en parte puede paliar la tensión a la que hacíamos referencia más arriba.

Es también evidente que hay ahora un diálogo entre matemáticos y físicos de AE mucho más fluido del que existía antes de los años 70; hasta tal punto que hay quien piensa que la separación entre matemáticas y física que se intensificó notablemente después de la segunda guerra mundial es cosa del pasado. No faltan, sin embargo, defensores de la opinión estrictamente contraria, y que dicen maliciosamente que la física especulativa es probablemente útil para las matemáticas...; insinuando claramente que la FAE está errando su camino al dejarse llevar por los cánones de la «belleza formal». Curiosamente, los grandes físicos del pasado participan de esta división; Gell-Mann, Weinberg y 't Hooft estarían entre los que básicamente sintonizan con las corrientes especulativas actuales, en tanto que Glashow y Veltman adoptan una postura mucho más crítica. Aunque probablemente no tiene una lectura significativa, es posible que la penetración de la «corriente especulativa» sea menor en nuestro país que en otros de un nivel científico comparable.

No me es dado el don de la profecía, y desconozco por tanto como será el futuro; pero el presente de la física de partículas elementales, sobre todo en su aspecto teórico, tiene poco que ver con sus años más brillantes.

Finalmente, cabe destacar que el papel de los «líderes científicos» o, si se quiere, la extensión y dominio de una «escuela», en lenguaje un poco más tradicional, ha crecido enormemente en los últimos tiempos, con la difusión prácticamente instantánea de la información a través

de las bases de datos compartidas en la red, y su acceso inmediato a través del «www». Por otra parte, no hay precedente histórico en este siglo de que la corriente mayoritaria de opinión en la comunidad científica de altas energías haya estado equivocada. También es cierto que nunca se ha corrido un riesgo tan grande como en estos últimos quince años, de dominio de la «física especulativa». Por el bien de la propia disciplina, esperemos que en un futuro próximo sea posible contrastar las actuales ideas con datos empíricos.

Aunque debería de ser innecesario recalcarlo, todas las opiniones de esta introducción (así como las expresadas en los artículos que siguen) son puramente personales, y no pretenden reflejar en absoluto el pensamiento de la comunidad española de FAE; naturalmente, esto no disminuye en nada el agradecimiento a las personas que han tenido la paciencia de examinar versiones previas de estas líneas: M. B. Gavela, A. González-Arroyo, L. Ibáñez, A. Poves y J.M. Sánchez Ron.