



Medio Siglo de Física de Altas Energías en España

Francisco J. Ynduráin

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo representa una elaboración del realizado por el autor para el Catálogo de la Exposición "Un siglo de ciencia en España", Publicaciones de la Residencia de Estudiantes, 1998. Agradezco a los editores del mismo la autorización para tomar prestado de éste amplios párrafos.

Las mayores diferencias con respecto al artículo del Catálogo son cuatro. En primer lugar, hemos reducido la descripción de las labores de investigación de los distintos grupos. En segundo lugar, se ha ampliado la discusión acerca de la salida de España del CERN en 1968-69. En tercer lugar, se comenta la evolución de la física de altas energías en los últimos años, en particular en conexión con el número de científicos que la practican. Finalmente, y ya que ha pasado suficiente tiempo como para poderlo discutir sin excesivo apasionamiento, se han dedicado unos párrafos al espinoso asunto del acelerador conocido como "Fábrica de Taus", cuya hipotética instalación en España dominó la política científica en el área de altas energías de 1988 a 1993.

2. ORÍGENES DE LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS EN ESPAÑA: HASTA 1969

Es difícil determinar con precisión cuándo comienza la física de altas energías, disciplina a la que se conoce también como física subnuclear (este nombre casi en desuso) o física de partículas elementales. Podríamos definir dicha ciencia como el estudio de los constituyen-

tes últimos de la materia, lo que explica el nombre de física subnuclear o de partículas elementales. Debido a la relación de incertidumbre de Heisenberg, para investigar pequeñas distancias se necesitan grandes energías y así la consideración de *elemental* de muchas partículas ha dependido, en cada época, de la energía disponible para explorarlas. A principios del siglo parecía que los núcleos atómicos fuesen elementales y la física de altas energías se hubiera podido identificar con la atómica y nuclear, por ejemplo con la física de Rutherford. Sin embargo en 1932 se produjo el descubrimiento del neutrón, y en consecuencia se reconoció que los núcleos están formados por protones y neutrones; y el estudio de estos, junto con los electrones (además de otras partículas más exóticas) constituyó la física de altas energías de los años 30 a 60.

A finales de los años cincuenta y a lo largo de los sesenta se construyeron en EEUU, Rusia y Europa Occidental aceleradores de partículas que permitieron utilizar energías de decenas (en la actualidad, centenares e incluso miles) de millardos de electron-voltios, con lo que se pudieron explorar distancias inferiores a los 10^{-16} centímetros. Debido a esto, de 1964 a 1974 quedó claro que neutrones y protones están hechos de quarks. En esta época es cuando la física de altas energías queda definitivamente diferenciada de la atómica y nuclear, pudiéndose la definir como el estudio de las interacciones y propiedades de quarks, electrones (a los que se sigue considerando elementales) y neutrinos.

En los últimos años esta definición de física de altas energías apenas ha cambiado, excepto por la

existencia de dos desarrollos. Uno, de momento casi puramente especulativo, son las teorías de cuerdas que postulan un nuevo nivel de elementalidad asociado con la energía de Planck, unos inalcanzables 10^{22} millones de electrón-voltios; y otro desarrollo, también con poca base experimental, consistente en la exploración de interconexiones entre física de partículas elementales y cosmología, en especial en relación con el "Big Bang" o en la vecindad de agujeros negros.

España estuvo casi totalmente ausente en las primeras fases (digamos, hasta los años 50) de la física de altas energías. Únicamente pueden mencionarse algunas investigaciones como el descubrimiento de los multipletes atómicos por Miguel Catalán, o los estudios de fenómenos de altas energías en rayos cósmicos, en particular por Arturo Duperier. Investigaciones ambas de muy alto nivel, pero un tanto al margen del cuerpo central de la física de altas energías: de tal manera que el acercamiento de España a este tipo de física no comenzó realmente hasta pasada la mitad del siglo. Este acercamiento tuvo lugar por dos caminos.

El primer grupo en hacer física de altas energías en la España de la postguerra fue el del centro del CSIC asociado a la Universidad de Valencia donde, bajo la dirección de Joaquín Catalá y Fernando Senent, se llevaron a cabo desde el final de los años cincuenta estudios de interacciones de rayos cósmicos utilizando, en particular, técnicas de emulsiones. A diferencia de lo que ocurrió en el grupo de la JEN (al que nos referiremos en cierto detalle después) sólo se realizaban aquí trabajos experimentales, sin presencia de físicos teóricos.

El segundo camino, indudablemente el más importante a la larga, fue a través de la JEN (Junta de Energía Nuclear) creada en 1951. Aunque en aquella época estaba ya claro que los núcleos atómicos no son elementales, y por tanto la JEN no se ocupaba primordialmente de física de partículas, este organismo (imitando en ello a los análogos del mundo más desarrollado) estableció un pequeño grupo de física subnuclear. Especialmente, la incorporación de España al CERN (organismo europeo de investigación en física de altas energías localizado en Ginebra), cuyas relaciones con nuestro país se llevaban a cabo a través de la JEN, actuó de acicate para el desarrollo de este tipo de física. Pero el grupo de la JEN, aunque llegó a contar con media docena de físicos de partículas, se limitó en sus inicios a la parte teórica de dicha ciencia: principio que, en cierto modo, ha marcado todo el desarrollo posterior. Aunque entre los teóricos que pasaron por la JEN en aquellos años ha habido personas que han jugado un papel muy importante en el desarrollo de la física de partículas española, lo cierto es que la investigación en altas energías apenas tenía presencia en nuestro país.

A mediados de los sesenta era evidente para algunos dirigentes de la JEN (entre los que podemos citar a Armando Durán, Carlos Sánchez del Río, María A. Vigón o su presidente, José M. Otero Navascués) que la situación era difícilmente sostenible, en especial en la relación con el CERN. En estos años España contribuía a este organismo con unos 300 millones de pesetas anuales, cifra desorbitada para aquella época, en particular en relación con los retornos obtenidos. En efecto, y por citar una fecha, en 1963 el contingente español en el CERN se reducía a dos físicos teóricos, tres experimentales y dos técnicos. De estos, dos provenían del centro de Valencia y el resto de la Junta. Lo peor de la situación no estaba en lo reducido del grupo, sino en que éste representaba cerca

de la mitad del total de físicos de altas energías del país. Era evidentemente necesario desarrollar la física de altas energías, para lo que las autoridades de la JEN organizaron un programa de formación de dos años de duración, tanto para teóricos como para experimentales, y se puso en marcha un grupo experimental en el que se integraron físicos provenientes del extranjero (Antoni Lloret, Miquel Tomás, Bruno Escoubès) y retornados del CERN (Salomé de Unamuno).

El programa fue un éxito; baste citar que tanto el actual gestor del programa nacional de física de altas energías (el experimental Manuel Aguilar Benítez) como el director de la división de física teórica del CERN (Álvaro de Rújula) se formaron en él. En el año 1968 España, con dos grupos experimentales en la JEN en Madrid y en Valencia, y un importante desarrollo en la vertiente teórica, parecía en la vía de desarrollar una investigación de punta en el campo.

3. 1969-1982. DESARROLLO DE LA FÍSICA TEÓRICA, Y CRISIS EN LA EXPERIMENTAL: LA SALIDA DEL CERN, Y EL GIFT

Salida del CERN. La física experimental

Las perspectivas razonablemente halagueñas que acabamos de mencionar se mantuvieron para la física teórica, pero se truncaron para la experimental. En efecto en 1969 el gobierno español, debido tal vez a luchas internas de poder entre los componentes del régimen¹, anunció su retirada del CERN, retirada que se materializó el año siguiente.

No es unánime la interpretación de la retirada del CERN como debida a motivos políticos. Según algunos de los protagonistas de la época, la salida se debió puramente a razones económicas. Me resulta difícil

crear esto. En los años 68-70 yo estaba, precisamente, en el CERN y me consta, por conversaciones que mantuve tanto con las autoridades del centro como con las de la embajada española ante los organismos internacionales (el embajador era el representante español en el CERN) que dicho CERN propuso soluciones muy generosas a estas dificultades económicas. Entre ellas, el limitar la participación española a únicamente el llamado "programa básico", tal como hacía Grecia, lo que hubiera reducido la cuota a la mitad; y además el CERN estaba dispuesto a una rebaja temporal adicional, muy sustantiva, en tanto la situación económica española mejoraba. Además el CERN se manifestaba dispuesto a discutir cualquier otra alternativa o propuesta que presentara nuestro país. Pero para gran disgusto de (en particular) el personal de la embajada española, que había llevado a cabo la negociación, la Administración se negó en redondo a ningún tipo de arreglo: ni siquiera aceptó España quedarse en el CERN como observador, lo que hubiera resultado gratis.

En todo caso, y sea cual fuere la razón, la retirada de España del CERN fue un rudo golpe para los grupos experimentales, los cuales dependían de los datos obtenidos con los aceleradores de este laboratorio para su subsistencia. Los físicos que habían venido a la JEN del extranjero, y alguno más, abandonaron la física de altas energías o el país; y el grupo de Valencia se dividió en tres: uno minúsculo que acabó en la universidad de Cantabria, otro que se fusionó con el de la JEN, y un mínimo que se mantuvo en Valencia.

Es difícil de expresar el desastre que el abandono del CERN supuso no sólo para la física de altas energías, sino para toda la ciencia y tecnología españolas. Es cierto que el CERN representaba un gasto importante; pero la solución no estaba en abandonarlo, sino en poner las bases para que la inversión fuese rentable. En particular,

¹Y muy probablemente también a la débil implantación de la física de altas energías, lo que hizo que las fuerzas partidarias de la continuidad en el CERN no tuvieran un apoyo político de importancia en la propia comunidad científica. No es casualidad que la retirada de la ESRO, anunciada en la misma época, no llegase a materializarse: indudablemente, la tecnología espacial tenía implantación industrial, de la que la física de partículas carecía.

se debería haber comenzado un programa de implantación de grupos experimentales en las universidades más importantes, y trabajar la conexión industrial, con lo cual hubiéramos podido beneficiarnos, al igual que otros países europeos, del tirón que el reto de los experimentos del CERN representaba para la entonces aún retrasada tecnología europea. Es significativo que, mientras España se retiraba del CERN, el resto de los países miembros decidieran incrementar su participación. No es este el lugar de detallar los beneficios que el CERN reportó a la tecnología europea de la época; mencionemos tan sólo el caso paradigmático de la industria noruega de ordenadores de tamaño medio, durante un tiempo líder mundial, y creada a través de proyectos con el CERN en los años 70. En nuestro caso la participación en el CERN, bien gestionada, ofrecía una oportunidad única para desarrollar y modernizar las mucho más atrasadas ciencia y tecnología españolas. Es una lástima que la miopía de las autoridades de la época nos hicieran perder también ese tren.

Sin embargo, la situación pudo salvarse, aunque sólo muy parcialmente. Las vitales conexiones con el CERN se conservaron a duras penas gracias a los esfuerzos de los científicos que habían retornado en los últimos años de este organismo, y a la comprensión del mismo. En especial debemos citar a Rafael Armenteros, de origen español y, sobre todo, a los franceses Lucien Montanet y Charles Peyrou, que fueron capaces de diferenciar entre la actuación del gobierno español y los científicos de nuestro país. El contacto se mantuvo, en colaboraciones experimentales, y en la organización de los Winter Meetings. Estos son reuniones anuales, mixtas de congreso internacional y escuela avanzada, y fueron financiados a través del Instituto de Estudios Nucleares de la JEN con apoyo del CERN. Dichas reuniones organizadas a partir de 1973, ayudaron a sostener la conexión internacional de la física experimental de altas energías. Aunque en un momento dado esta física estuvo a punto de desaparecer, se consiguió mantener una actividad: de manera

que al final de la dictadura fue posible una revitalización del grupo de la Junta de Energía Nuclear.

Esta revitalización, cuyo mérito puede atribuirse al entusiasmo de los componentes de dicho grupo, y en especial a la tenacidad de Juan Antonio Rubio, que lo dirigió durante buena parte del período, puede ponerse de manifiesto mencionando dos acciones. Una de ellas fue el ensamblaje y montaje de un aparato de medida de las trazas de partículas (el llamado Erasme), lo que facilitaba enormemente la labor de identificación de las mismas. La utilidad científica del Erasme fue muy limitada ya que, debido a retrasos en su construcción, cuando fue operativo los métodos de obtención de datos en física de altas energías habían evolucionado hacia tecnología electrónica; pero el Erasme tuvo la indudable importancia de haber sido el primer aparato sofisticado para física de altas energías instalado en España. En efecto, hasta entonces los experimentales españoles se limitaban prácticamente sólo a analizar datos, utilizando aparatos y técnicas desarrollados fuera de aquí.

La segunda acción, de una importancia capital, consistió en, precisamente, ponerse al día en métodos experimentales electrónicos (contadores, cámaras de chispas, etc.) lo que garantizó el futuro de la física de altas energías a nivel competitivo mundial. Esto fue posible por el golpe maestro de integrar a parte del grupo de la JEN en las investigaciones en el laboratorio DESY de Hamburgo, específicamente en los experimentos dirigidos por el premio Nobel Sam Ting. Esto tenía dos importantes consecuencias. En primer lugar, rompía la dependencia del CERN, diversificando las colaboraciones del grupo. En segundo lugar, y algo mucho más importante, esta colaboración permitió formar a los jóvenes que se incorporaban a la JEN en las técnicas más avanzadas. En efecto, en aquel momento el grupo de Ting era uno de los líderes mundiales, en particular en física de colisionadores electrón-positrón: uno de los campos con más proyección de futuro.

La labor de formación de físicos experimentales de altas energías

realizada en aquella época tuvo una gran influencia en el desarrollo posterior; no es casualidad que las personas clave en la nucleación de bastantes de los grupos existentes en la actualidad (Bernardo Adeva en Santiago de Compostela, Fernando Barreiro en la Universidad Autónoma de Madrid y Enrique Fernández en la de Barcelona) procedieran de la Junta de Energía Nuclear de los años setenta. Podemos decir que, a finales de estos años, el grupo de la JEN estaba establecido, colaboraba en dos grandes laboratorios (CERN y DESY) y gozaba de un reconocimiento internacional. Su único punto negro era el desmantelamiento del grupo teórico, problema sin embargo compensado por el desarrollo de otros grupos, en particular en la UAM, que colaboraron desde el principio con los experimentales de la Junta. Pero la situación, a nivel nacional, no podía describirse como boyante. El grupo de Madrid era un caso aislado; los otros dos que existían, más bien grupúsculos, en Valencia y Santander, apenas sobrevivían.

La física teórica y el GIFT

En contraste con esta incierta situación, la física teórica de altas energías conoció un espectacular despegue en los años 69-82, despegue que la ha llevado a ser una de las pocas áreas de la ciencia española en la que el nivel medio es muy alto y además existen unos cuantos centros cuyo altura científica esta bastante por encima del nivel medio de los países desarrollados. Es difícil de atribuir una causa específica a este despegue, pero creo que cualquier análisis deberá incluir al menos las siguientes. En primer lugar, la imbricación de la física teórica en las universidades, lo que permitió tanto la captación de estudiantes como aprovechar el crecimiento de la universidad española en aquella época. En segundo lugar, la existencia de una financiación importante, de la que luego hablaremos. Pero, sobre todo, fue esencial que, por una de las afortunadas circunstancias que tanta importancia tienen a veces en la historia, los físicos teóricos con rango *senior* en aquellos años resultaran ser personas no sólo de alto

nivel científico, sino (lo que es más difícil, e importante) dotados además de una visión moderna, generosa y amplia.

Un papel central en el desarrollo de la física teórica lo jugó el GIFT. El GIFT (iniciales del Grupo Interuniversitario de Física Teórica, en cuyo establecimiento colaboraron decisivamente Alberto Galindo, Pere Pascual y Ángel Morales, además de personas en la administración de la JEN) ha sido una de las instituciones más peculiares que hayan existido en nuestro país. Su origen fue el ahorro de 300 millones de pesetas que España realizó al abandonar el CERN: para hacer algo más digerible esta medida, el gobierno declaró que estaba dispuesto a invertir este dinero en el país, parte en financiar a los grupos experimentales, y parte en la física teórica. Aunque la cantidad de hecho librada nunca llegó probablemente (para el total, teoría mas experimento) ni al 30% de la cuota del CERN, y además disminuyó año tras año, lo cierto es que la física teórica española nunca ha sufrido aperturas económicas desde 1970. La Administración, para distribuir estas subvenciones a la física teórica, lo hizo a través de la JEN, formalmente a la persona que en cada momento era director del GIFT, a *título personal*. En efecto, legalmente el GIFT no existía ni, de hecho, ha existido nunca. Su estructura era democrática: el GIFT estaba regido por la Asamblea de todos sus miembros², que se reunía una vez al año y elegía director; y funcionaba por medio de un Consejo compuesto de los representantes elegidos por los centros integrados en el GIFT. En la primera parte de este período estos centros eran los grupos teóricos de la JEN y el CSIC y los de las Universidades de Valencia, Zaragoza y Complutense, a los que pronto se añadirían la de Barcelona y las autónomas, primero la de Madrid y luego la de Barcelona. Esta estructura hacía imposible al régimen anterior la legalización del GIFT (a pesar de intentos en los momentos aperturistas, en particular por el entonces subsecretario de Educación Federico Mayor

Zaragoza). Posteriormente, en la etapa democrática, los problemas más urgentes de la transición política primero, y la pérdida de interés del GIFT (al acabarse las subvenciones vía JEN) después, hicieron que nunca llegara a legalizarse este organismo que, formalmente, se autodisolvió hace un par de años después de llevar una vida lánguida a partir de los últimos años ochenta.

El presupuesto del GIFT se dedicaba a la organización de cursos de tercer ciclo, a la de una Escuela Avanzada de Física de Altas Energías (teórica, casi exclusivamente; la física experimental tenía su expresión en el Winter Meeting que ya hemos citado) o de temas conectados directamente con ésta, y a sufragar los gastos de visitas cortas, tanto de científicos españoles al extranjero, como de extranjeros a nuestro país. Además, se incluyó un programa de becas que permitieron a jóvenes españoles realizar estudios postdoctorales en prestigiosos centros americanos y europeos.

Es bastante impresionante que esta estructura, enormemente frágil, se mantuviera durante un buen número de años sin pervertirse. Su labor fue extraordinariamente positiva, no sólo para la física teórica sino, por contagio, para toda la física (y, en menor medida, para toda la ciencia) española ya que implicaba una bocanada de aire fresco, de modernidad y de internacionalización de que la universidad de la época estaba muy necesitada.

4. 1982 A LA ACTUALIDAD. VUELTA AL CERN, DESARROLLO, Y NUEVO PARÓN DE LA FÍSICA EXPERIMENTAL

Vuelta al CERN y desarrollo

La situación boyante de la física teórica a principios de los años 80 no ocultaba a los más lúcidos de los físicos españoles (teóricos y experimentales) que la situación seguía siendo difícilmente sostenible sin un desarrollo de la parte experi-

mental: ésta corría el serio peligro de quedar anquilosada e incluso la parte teórica, con escaso contacto con el experimento, hubiera tendido a amanerarse. Parecía pues natural el intentar una vuelta al CERN y, paralelamente, la creación de nuevos grupos experimentales, especialmente en conexión con las universidades. A este respecto (entre otras actividades) se convocó una reunión en Barcelona, conectada con el GIFT, para recabar el apoyo a la idea, en especial de los teóricos; y se realizaron una serie de visitas a los responsables políticos, tanto del gobierno de UCD como de la oposición. Estos fueron receptivos, y en 1982 el Parlamento estaba a punto de aprobar la reincorporación de España al CERN cuando su disolución y la convocatoria de elecciones (que resultaron en una mayoría socialista) retrasaron el proceso un año. De todas maneras, tanto como conclusión de la reunión de Barcelona como por convencimiento de la Administración, se acompañó el retorno al CERN con una serie de acciones en el propio país: acciones encaminadas a hacer este retorno rentable. Entre éstas tenemos la creación de nuevos grupos experimentales en las universidades españolas, recuperando para dirigirlos a algunos de los científicos españoles en aquel momento en el extranjero. Estos grupos incluían uno en la Universidad Autónoma de Barcelona, posteriormente imbricado en un Instituto Catalán de Física de Altas Energías, una revitalización del grupo de Valencia (que le ha llevado a ser en la actualidad el más numeroso) y la creación de nuevos grupos más pequeños, en las universidades Autónoma de Madrid y de Santiago de Compostela. Finalmente, el grupo de la Universidad de Santander también recibió apoyo y comenzó a crecer. No menos importante fue la creación de un plan especial (en la actualidad, Plan Nacional) de financiación para la física de partículas, que la ha permitido desarrollarse prácticamente sin aperturas económicas, algo decisivo sobre todo en los primeros años de funcionamiento de los nuevos grupos.

²Lo cual no quiere decir que el funcionamiento del GIFT fuese asambleario: para ser miembro del GIFT hacía falta tener el título de doctor y algunos años más de experiencia, y que se presentara una candidatura que tenía que ser aprobada por la sección y por el propio GIFT.

Con respecto a los temas de investigación en física experimental, tenemos una interesante diversidad. Por referirnos sólo a algunos de los más importantes, podemos mencionar (incluyendo también programas recientes) la participación de forma destacada en los extraordinarios experimentos llevados a cabo en el acelerador LEP en el CERN por los grupos de Valencia (CSIC mas Universidad), JEN (ahora rebautizada como CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medio Ambientales y Tecnológicas) y Universidad Autónoma de Barcelona, así como la importante participación del grupo de la Autónoma de Madrid en los experimentos en DESY (Hamburgo). Los físicos de la Universidad de Santiago se han involucrado, entre otros proyectos, en experimentos de precisión; y el grupo de Zaragoza ha participado en intentos de detección de procesos poco frecuentes (doble desintegración beta, partículas interaccionando débilmente, violación de conservación de carga, etc.). Finalmente, y a nivel individual, físicos españoles han colaborado en gran número de los experimentos importantes realizados en los últimos años. Por ejemplo, en el descubrimiento del quark *t* realizado en Fermilab participaron científicos de las universidades de Cantabria y UAM.

La física teórica ha seguido creciendo en cantidad y calidad. Una lista de los científicos españoles en este área que han tenido reconocimiento internacional no tiene sentido; digamos tan sólo que durante bastante tiempo los físicos españoles fueron el grupo mayoritario en el staff de teóricos del CERN, y en la actualidad siguen siendo mayoría (relativa) entre los permanentes. Sin embargo no todo es de color de rosa, incluso en este campo. La falta de conexión y de presencia de grupos experimentales está llevando a una predominancia de investigaciones desligadas de la observación experimental: en España (consecuencia indudable de nuestro aún subdesarrollo científico) la pirámide de física especulativa, teoría, fenomenología, experimento y técnica-física aplicada está invertida. Tal vez por ello no se ha producido aún ningún descubrimiento fundamen-

tal que se pueda asociar al nombre de un teórico de nuestro país.

Con respecto a los grupos de investigación, y los temas de la misma, una enumeración (sin pretensiones de completitud) incluiría en particular a los grupos de tamaño medio en las universidades de Barcelona y Autónoma de Barcelona; a un grupo muy fuerte (aunque de pequeño número de científicos) en la Universidad Autónoma de Madrid; un grupo bastante más numeroso en Valencia; a dos grupos en Zaragoza; y a grupos más pequeños, pero todos de buena calidad y alguno en franco crecimiento, en las universidades de Santiago, País Vasco (Lejona), Granada y Salamanca (por orden decreciente de tamaño). Finalmente tenemos a grupos en el CSIC, y en la Universidad Complutense de Madrid.

Los temas de investigación cubren prácticamente todos los campos de la física de altas energías, desde los más especulativos y abstractos (cuerdas, gravedad cuántica) hasta los más próximos al experimento (cálculos perturbativos o en el retículo).

Estancamiento de la física experimental desde 1988

La situación de la física experimental de altas energías en la actualidad ofrece claros y oscuros. Su calidad está fuera de duda, como lo muestra el que un científico español del ramo haya sido presidente del Comité Europeo de Futuros Aceleradores, que otro haya formado parte del prestigioso Comité de Política Científica del CERN y que un tercero haya estado durante ya muchos años en el comité de redacción de la Tablas de Propiedades de Partículas, la publicación más citada entre las de física de altas energías, por poner sólo tres ejemplos. Pero hay que reconocer que las expectativas creadas en los primeros años de gobierno socialista no se

han materializado por completo. El grupo de la JEN/CIEMAT no ha recibido el apoyo que debiera, y resulta significativo el que en comunidades como Asturias, Andalucía, el País Vasco y ambas Castillas (entre otras) o que en una universidad como la Complutense la física experimental de altas energías esté ausente. (En esta universidad, sin embargo, se está desarrollando un interesante –aunque todavía pequeño– grupo experimental especializado en rayos cósmicos, en la frontera entre la astrofísica y la física de partículas).

La desproporción entre el número de experimentales y teóricos, un factor dos a favor de los últimos, cuando lo normal en países desarrollados es un factor tres o más a favor de los primeros, crea unas distorsiones muy preocupantes que sólo podrían solventarse con una intervención decidida de la Administración similar a la llevada a cabo en los primeros años de gobierno socialista. Y lo mismo ocurre con una falta de puestos y soporte técnicos en los grupos experimentales que hacen muy difícil su funcionamiento: muchos de los físicos de los grupos experimentales españoles hacen en realidad labores de ingeniero. Finalmente, el aprovechamiento de la participación en el CERN es insatisfactorio. España contribuye casi un 7% a la financiación de este centro: pero, tanto por número de científicos españoles empleados por el CERN, como por el de usuarios españoles de las facilidades del centro apenas llegamos al 2%. Y lo que es peor, este porcentaje poco ha cambiado desde 1989 y no tiene visos de mejorar sustancialmente.

Es difícil señalar las causas de este nuevo frenazo de la física expe-

Tabla: Número y variación de físicos de altas energías. Fuente: ECFA/RC/1996. E: España; F: Francia, NL: Holanda

Núm. de físicos teóricos (con puestos fijos), 1995		Incremento, 1988-95	Núm. de experimentales (con puestos fijos), 1995	Incremento 1988-95
E:	75	67%	47	33%
F:	166	106%	493	36%
NL:	16	0%	56	43%

rimental de altas energías. Una posible es el carácter corporativista de la universidad española (y mucho más aún del CSIC), que ha hecho que los teóricos incorporasen más teóricos, algo que se ve con gran claridad en el estudio realizado por el ECFA (European committee on future accelerators) del que presentamos algunos ejemplos en el cuadro adjunto. En él observamos cómo Holanda, que tenía pocos experimentales (comparados con el número de teóricos) ha incrementado el número de aquellos, mientras que en Francia, donde había pocos teóricos, se ha aumentado más (comparativamente) el número de éstos. Ambos países han intentado pues corregirlos desequilibrios *teoría-experimento* existentes en 1988: en España se han agudizado.

Otro motivo indudable son las energías estérilmente gastadas en la quimera de la instalación en España de un gran acelerador, el conocido como "Fábrica de Taus", que ahora discutimos.

La "Fábrica de Taus". Crisis en las relaciones con el CERN

Aunque una discusión en profundidad de la historia de la "Fábrica de Taus" requeriría bastantes más páginas que las que se le pueden dedicar aquí, un estudio de la física de altas energías en España estaría incompleto sin, al menos, una exposición de los hechos más relevantes. Exposición tanto más necesaria cuanto que la que se presentó al público por los medios de comunicación de la época, en una campaña desafortunada, fue poco equilibrada, llegándose a esconder informaciones significativas.

Los "tau" son partículas con propiedades análogas a las de los electrones, pero con masas unas 3400 veces mayores, descubiertas por Martin Perl en 1977 (por lo que éste recibió el premio Nobel hace unos pocos años). La "Fábrica de Taus" es un acelerador capaz de producir un gran número de estas partículas, lo que permitiría estudiar en detalle sus propiedades. Este acele-

rador es muy difícil de construir, y de mantener, si se quiere que el número de taus sea sustancialmente mayor que con otros aceleradores ya existentes. Además es muy caro; su precio, incluido el de los necesarios detectores, se estima en unos 250 millones de dólares. Desde 1989 un pequeño grupo de físicos españoles, con apoyo del entonces director general del CERN, propusieron a España la construcción de tal acelerador. Dado que no tenía nuestro país capacidad tecnológica para realizar la tarea (ningún físico español había participado en la construcción o mantenimiento de un acelerador) la empresa sólo era posible si otros países con *expertise*, o el propio CERN, se involucraban; y también era necesaria ayuda externa para construir los detectores. A este respecto los promotores de la idea contactaron con la Administración y con relevantes científicos de varios países (incluido el propio CERN) llegando el Ministerio de Educación a realizar en 1990 una propuesta formal a este centro. Por otra parte, un grupo encabezado por el Prof. Perl presentó un proyecto de detector de taus a la National Science Foundation americana.

No cabe duda que una "Fábrica de Taus" es un instrumento científico interesante. Igualmente no le cabe duda a quien esto escribe que es excesivamente caro para los resultados que pueden obtenerse con él: física digna, pero no de punta³. Esta opinión se basaba en argumentos sólidos y era en efecto compartida por buena parte de la comunidad científica. Así por ejemplo, el comité de política científica de la Universidad de Stanford examinó en su reunión de noviembre de 1989 la cuestión, concluyendo que una "Fábrica de Taus" era factible, pero muy cara y con poco interés científico para su precio.

De hecho ningún país aceptó involucrarse en la "Fábrica de Taus" española, ni en ninguna otra: en la actualidad, casi diez años después de la propuesta original, se han construido o aprobado media docena de grandes aceleradores

pero, significativamente, ninguna "Fábrica de Taus" (en particular, Stanford construye una "Fábrica de Quarks *b*", más cara pero con mucho mayor interés científico). El Comité de Política Científica del CERN manifestó (y el Consejo ejecutivo ratificó) que parachutar un acelerador en España no sería positivo para el país (CERN/SPC/589, noviembre 1989) y que, en todo caso, rehusaba considerar al acelerador como parte del programa del CERN (CERN/SPC/643, febrero 1992). No sólo esto sino que, a pesar del enorme prestigio del Prof. Perl, la NSF rechazó financiar el detector de taus por considerar el coste desproporcionado a su interés. España, finalmente, se rindió a la evidencia y retiró la propuesta al poco de entrar como Ministro de Educación Alfredo Pérez Rubalcaba. Pero no sin que se hubiera causado un daño tal vez irreparable a la física experimental. Unos años clave en que, con la bonanza económica se hubiera podido desarrollar fuertemente, en particular estableciendo un potente Instituto Nacional (como los que habían creado la mayoría de nuestros socios europeos), se perdieron en la persecución de una quimera, lo que además llevó a fuertes enfrentamientos en el interior de la comunidad de física de partículas, hasta entonces muy bien avenida.

¿Cuáles pudieron ser las causas de que se prestara tanta atención a algo que, en retrospectiva, resulta ser claramente inviable? Por supuesto, sólo podemos especular. No cabe duda que la "Fábrica de Taus" fue uno más de los proyectos despilfarradores que proliferaron en el país entre 1988 y 1992/93, cuando una caída económica brutal forzó a nuestros dirigentes a regresar al realismo. Con respecto a Carlo Rubbia, director general del CERN, que apoyó el proyecto (a pesar de que por su cargo sabía que el Consejo ejecutivo lo iba a rechazar) a mi me caben pocas dudas de que encontró la situación muy cómoda: podía, como vulgarmente se dice, marear la perdiz con una ilusoria "Fábrica de Taus" que no le

³Aparte de ser desproporcionado a la realidad española: el coste de la tal "Fábrica" es equivalente a ocho años de nuestra cuota del CERN - que, como se ha dicho, sólo llenamos en un 25%; el número de físicos que se estiman para hacer rentable una "Fábrica de Taus" es de 150, a comparar con los menos de 30 que había en nuestro país en 1988.

comprometía a nada, en lugar de preocuparse por la evidente desproporción entre la contribución española al CERN, y sus magros retornos.

Sin embargo, la realidad es tozuda, y la crisis le explotó a partir de 1993 a Llewellyn Smith, sucesor de Rubbia en el cargo de director general; España exigió una reducción de la cuota, llegando a plantear de nuevo el abandono del CERN. Afortunadamente, el gobierno era ahora democrático y finalmente se alcanzó un arreglo económico razonablemente satisfactorio para ambas partes.

5. EL IMPACTO DE LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS EN ESPAÑA

Es difícil medir el impacto en nuestro país de la física de altas energías. Por una parte tenemos el importante efecto de *ejemplo*. En muchas universidades españolas la física moderna comenzó a entrar en el currículum de la mano de los físicos del GIFT; como también su presencia contribuyó a crear un ambiente internacional y con énfasis en la investigación de calidad. Pero además de esto tenemos la no despreciable repercusión en la industria y, en general, en lo que podríamos llamar actividades productivas. A pesar de que la física de altas energías es, indudablemente, una disciplina sin aplicaciones prácticas (al menos inmediatas) su

carácter de ciencia de punta ha hecho de ella un vehículo muy importante de entrada de innovaciones tecnológicas en nuestro país, en primer lugar informáticas. El hecho de que esta física haya necesitado desde el principio importantes capacidades de computación y el carácter esencial de la colaboración internacional han implicado que, tanto a nivel mundial (la red www fue creada en el CERN) como español, la física de altas energías haya sido instrumental en la informatización: en nuestro país las primeras redes www/internet fueron desarrolladas en conexión con el grupo experimental de física de altas energías en la JEN/CIEMAT. La precoz alfabetización informática de estos científicos ha llevado a que muchos de ellos se hayan incorporado en puestos pioneros en la informática; y así, por ejemplo, varios de los directores que ha tenido el centro de investigación IBM en nuestro país provenían, a distintos niveles, de física experimental o teórica de altas energías.

Pero la informática no ha sido la única actividad aplicada que se ha beneficiado en España de la física de altas energías. Aunque este no es el lugar de un análisis detallado, quiero mencionar dos ejemplos. El primero es la importante participación española en la construcción del túnel donde se ubicó el acelerador LEP, con más de 27 kilómetros de circunferencia (aunque, bien es verdad, esta participación se redujo esencialmente a ingeniería civil).

Un segundo ejemplo, este sí con connotaciones de innovación tecnológica, concierne a un importante desarrollo que ha tenido lugar a finales de los ochenta y principios de los noventa. En la segunda fase del acelerador LEP, en el CERN, se utiliza tecnología de superconductores. Esta tecnología era inexistente en la España de la época; pero la colaboración de grupos españoles en la implementación de estas técnicas han llevado a que, con ayuda del propio CERN, se haya desarrollado en nuestro país el acervo de conocimientos tecnológicos necesarios para tratar con superconductores en unas cuantas industrias. Aunque en bastante menor medida que en el caso de nuestros *partenaires* europeos más avanzados, a los que el mayor grado de desarrollo de la física experimental y de la industria ha permitido aprovechar mejor las oportunidades, también aquí, en especial en conexión con la física de altas energías, la investigación básica de punta ha llevado a innovaciones tecnológicas con utilidad industrial.

Francisco J. Ynduráin

*está en el Dpto. Física Teórica
Universidad Autónoma de
Madrid*

Fe de errores

El artículo de R. Tarrach, "La física de las constantes y la naturaleza de las magnitudes físicas" publicado en REF, 12, 4 pág. 32-35 (1998) es un extracto de la Memoria leída por el autor en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Memorias de la Real Academia de Barcelona, 3º Opo, 94, LVI (6) 199-211 (1997).