

MIS INTENTOS POR PERFECCIONAR EL CONOCIMIENTO DE LAS COSAS NATURALES Y DE TODAS LAS ARTES ÚTILES (EN FÍSICA NUCLEAR)

Palabras clave: Física nuclear; problemas de muchos cuerpos; coordenadas colectivas; teoría de campos nucleares; cuantización BRST.
Key words: Nuclear physics; many-body problems; collective coordinates; nuclear field theory; BRST quantization.

■ Daniel R. Bes

Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Favaloro

bes@tandar.cnea.gov.ar

El desarrollo de la física en la Argentina tuvo lugar simultáneamente con el transcurso de mi vida adulta, y coincide con la segunda mitad del siglo XX. Hubo intentos previos, impulsados por Domingo F. Sarmiento y Joaquín V. González, en los cuales la sociedad argentina no se involucró, si bien no se opuso. El físico Enrique Gaviola fue la excepción. También en ese período tuvo lugar el desarrollo y apogeo de la física nuclear en el mundo.

En primer lugar, debo reconocer la calidad de la enseñanza pública que recibí en mi país desde la escuela primaria. En particular, muchos cursos dictados en el Colegio Nacional de Buenos Aires (CNBA) planteaban desafíos no convencionales, convirtiéndonos en asiduos visitantes a la biblioteca del colegio y a otras bibliotecas vecinas. Este estímulo se debió a la presencia de profesores que eran también investigadores. Recuerdo, entre otros, a

Francisco de Aparicio y a Horacio Difreri (Historia), Raimundo Lida y Antonio Pagés Larraya (Literatura), Carlos Ronchi March (Latín), cuyas reseñas aún hoy pueden leerse por Internet. Si bien la enseñanza estaba sesgada hacia el lado humanístico, también tuve buenos maestros en ciencias (Florencio Charola en Física y Raúl Vignolo en Matemática). Este reconocimiento al CNBA también plantea el problema acerca del papel que debe desempeñar la educación pública en la formación de mejores intelectuales para el país. Este objetivo requiere una selección basada en la capacidad a nivel del ingreso al secundario. Es lamentable el descenso en la calidad de algunos colegios secundarios universitarios que han suprimido el examen de ingreso.

La ciencia como instrumento para *“perfeccionar el conocimiento de las cosas naturales y de todas las artes útiles”* (acta constitutiva de la

Royal Society, 1662) fue el origen de la secularización del mundo moderno. Tanto estos principios como la relevancia de la ciencia en la Segunda Guerra Mundial me impulsaron a seguir la carrera de física. El ejemplo del profesor Lida, filólogo y ensayista, también me animó a seguir una carrera con un futuro laboral por entonces tan incierto como la filología¹. Tampoco nuestras universidades eran un modelo recomendable (más de dos mil profesores universitarios fueron dejados cesantes en la década del 40 (Orione 2008), práctica ciertamente no exclusiva de esa década. A lo largo de la licenciatura, cursada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), sólo me interesó asistir a las clases de Rodolfo Busch (química) y José Balseiro (cuántica). Pero había una segunda alternativa: durante los dos primeros años las falencias fueron compensadas integrando grupos de discusión, lecturas guiadas y trabajos especiales dirigidos por buenos

jefes de trabajos prácticos (Cecilia Mossin Kotin, Juan McMillan, Juan D'Allesio) o reuniéndonos entre compañeros para estudiar por nuestra cuenta, por ejemplo, mecánica cuántica. Hoy sigo descreyendo de la importancia de las clases teóricas, por la relación verticalista que la caracteriza y la consiguiente pasividad de los alumnos.

Profesores y jefes de trabajos prácticos fueron echados a raíz de la purga que tuvo lugar en 1952. En compensación, Balseiro fue nombrado para dictar materias de los años superiores. Había debido interrumpir su beca en Gran Bretaña para dar su opinión en la Argentina sobre las experiencias de Ronald Richter (opinión que resultó decisiva para terminar con esa aventura). Mi aprecio por Balseiro aumentó al asistir a su curso de cuántica, en parte por la paciencia con que contestaba preguntas y objeciones de un alumno quizás un tanto petulante porque ya conocía algo del tema. Siendo las otras materias del currículo más numerosas que los docentes disponibles, fijaba con Balseiro programas y textos a seguir y, al cabo de un tiempo, me reunía con él para rendir un examen amigable. Considero que egresé de la FCEyN con una buena formación en física, a pesar de algunas lagunas en el plan de estudios.

La actual Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) se creó alrededor de 1952. Fue una de las pocas instituciones argentinas que mantuvo una continuidad científico-tecnológica. Combinaba algunos aspectos antagónicos, como la existencia de rigurosas medidas de seguridad (para preservar secretos inexistentes) con un entorno de respeto hacia los investigadores (por ejemplo, no se requería afiliación al partido político gobernante). En 1953 ingresé como investigador-alumno en el Laboratorio de Espectroscopía Nuclear, diri-

gido por Carlos A. Mallmann, quien devino en jefe y amigo. Quisiera hacer hincapié en la atmósfera de responsabilidad y entusiasmo con que se trabajaba en ese laboratorio, así como también en otras secciones de la institución. Al comienzo mi tarea consistió en colaborar en la puesta a punto de un espectrómetro de rayos beta (electrones) construido en el país sobre la base de un diseño del mismo Mallmann. También empezamos a detectar rayos gamma mediante cristales de NaI. Publicamos espectros provenientes de los isótopos ^{102}Rh , ^{129}Te y ^{131}Te . Estos dos últimos fueron también primeros productos de irradiaciones en el sincrociclotrón recientemente instalado en la CNEA. Sin embargo, yo sentía creciente atracción por la interpretación de los espectros basadas en modelos teóricos al mismo tiempo que aumentaban mis frustraciones con los equipos electrónicos disponibles.

Acá cabe una pequeña digresión para explicar desafíos que enfrentaba la física nuclear. El universo microscópico parecía estar organizado según un esquema de muñecas rusas, de acuerdo con el cual el núcleo ocupaba el lugar de una muñeca intermedia. A partir de 1932, la física nuclear se entendió como la "sociología" de los neutrones y protones dentro del núcleo. Como en otros sistemas, aparecieron en el núcleo evidencias de movimientos de partícula independiente y de movimientos colectivos. Estos últimos dieron lugar al modelo de la gota líquida planteado por N. Bohr en 1935 y que sirvió a L. Meitner y O. Frisch para interpretar la fisión nuclear en 1938. En 1949, M. Goepfert Mayer y O. Axel, H. Jensen y H. Suess explicaron la ubicación de los números mágicos en la tabla nuclear periódica con un potencial adecuado de partícula independiente. A diferencia con otros sistemas de mu-

chos cuerpos (por ejemplo, sólidos) una capa nuclear incluye solo decenas de nucleones y, por ende, la descripción del espectro nuclear en base a la coexistencia de movimientos colectivos y de partícula independiente implica violaciones más cuestionables al principio de Pauli, a la conservación del número de grados de libertad del sistema, etc. Mi carrera ha estado fundamentalmente centrada en esta dicotomía entre las dos descripciones. En lo que sigue reseñaré los temas relativamente más relevantes entre los que intervine. He tratado de nombrar a quienes colaboraron conmigo en cada etapa a través de referencias correspondientes.

En 1955 Ernesto Galloni, entonces a cargo del sector de física de la CNEA, me ofreció salir becado al exterior. Para elegir adonde ir coloqué en el eje de las abscisas nombres de instituciones conocidas y en el de las ordenadas el número de trabajos sobre física nuclear allí publicados durante los últimos años. Claramente el máximo recayó en el actual *Niels Bohr Institute* en Copenhague (NBI). Posiblemente no fue la elección más prudente: el NBI había sido la Meca de la física cuántica durante la década de los veinte y de la física nuclear durante la de los treinta. En 1955 la División de Física Teórica del *Centre Européen de Physique Nucléaire* estaba todavía instalada en el instituto de Copenhague que seguía siendo centro de la física nuclear bajo la dirección de Aage Bohr² (hijo de Niels Bohr) y de Ben Mottelson, ambos Premios Nobel en 1975. Los otros visitantes (algo más de treinta) eran internacionalmente conocidos. ¿Por qué fue aceptado un desconocido, sin tesis, y sin recomendación de algún físico confiable? Una razón puede encontrarse en la personalidad de N. Bohr que trascendía su actividad científica. Como participante del equipo

inglés en el proyecto Manhattan, fue posiblemente el primer físico que comprendió las implicaciones de la existencia de bombas nucleares, la imposibilidad de mantener el monopolio nuclear y la necesidad de evitar una carrera armamentista en la posguerra y que se empeñó en limitar estas consecuencias (Bes, 2011). Lamentablemente, sus ideas sólo se fueron imponiendo años después. Mientras tanto, N. Bohr abrió su instituto para que allí se entendieran y colaboraran físicos de uno y otro lado de la cortina de hierro. Posiblemente, haya querido incorporar también a algún científico procedente del Sur.

Junto con la carta de aceptación me llegaron separatas de trabajos recientes. En ellos era primordial el uso de las hoy muy conocidas $D^{\wedge}1$, funciones de los ángulos de Euler que describen cuánticamente rotaciones con momento angular l , tanto de un trompo como de un núcleo. La única referencia que en ese entonces encontré sobre las mismas fue la tesis de H. Casimir (Universidad de Groninga, 1931) que no se podía conseguir en Buenos Aires. Pasé un tiempo reconstruyendo las 25 funciones presentes en la matriz $D^{\wedge}2$.

Los trabajos seminales de Bohr y de Mottelson fueron publicados en 1952 (Bohr, 1952) y en 1953 (Bohr y Mottelson, 1953). Combinaban las ideas de N. Bohr acerca del núcleo como una gota líquida rotante con la descripción de la estructura intrínseca en base a modelos de partículas independientes moviéndose en potenciales deformados. De ahí el nombre "modelo unificado". No obstante muchos acuerdos con resultados experimentales, los problemas inherentes al modelo no eran menores: por ejemplo, había dificultades en el cálculo del momento de inercia para las rotaciones. Cuando

llegué al NBI (IX/1956) encontré una intensa actividad sobre el modelo tanto experimental como teórica. Además de algunos cursos, estaba el "circo" en el cual se presentaban periódicamente los progresos realizados. Las entrevistas personales con los dos "domadores" eran escasas por la competencia entre los muchos visitantes para acceder a las mismas. Tuve que aprender a abrirme paso y a estar listo por si me tocaba "actuar" en el circo.

Ese mismo año, J. Bardeen, D. Cooper y R. Schrieffer habían publicado su teoría sobre la superconductividad (en sólidos) (Bardeen y cols., 1957). A. Bohr, B. Mottelson y D. Pines propusieron su adaptación a núcleos en 1958, seguidos por un físico soviético, S.T. Belyaev, otro visitante del NBI (1959). En correspondencia con la eliminación del campo magnético en los superconductores, la superfluidez nuclear inhibe las rotaciones disminuyendo el valor del momento de inercia que pudo finalmente ser calculado. Primero en Copenhague y después en Argentina, contribuí al desarrollo del modelo estudiando tanto sus manifestaciones estáticas (energías potenciales de superficie, deformaciones nucleares cuadrupolares) como dinámicas (vibraciones beta, que conservan la simetría axial de los núcleos deformados y vibraciones gama que se apartan de la misma) (Bes, 1961).

A fines de 1959 regresamos a la Argentina con mi esposa Gladys y con dos hijos, David y Martín, ambos nacidos en Dinamarca. Ninguno de estos nacimientos fue fácil como tampoco lo fue para Gladys tener a un marido tan absorbido en su trabajo. Para Gladys y para mí fue importante haber establecido sólidos vínculos de amistad con Aage y Ben y con sus respectivas esposas: Marieta y Nancy. También Gladys

mantuvo una relación afectuosa con Margrethe Bohr (esposa de Niels). Cuando en 1964, Bohr y Mottelson tomaron un año sabático para terminar su libro famoso [que recién apareció impreso en 1975, (Bohr y Mottelson, 1975)] tuve un reconocimiento importante: fui invitado para reemplazarlos en la supervisión de jóvenes físicos escandinavos en carácter de profesor asociado visitante. Durante esa segunda estadía nació Juan Pablo nuestro tercer hijo. Posteriormente, he visitado muchas veces el NBI pero por períodos más cortos.

La vuelta a la Argentina tampoco fue fácil (pero por otras razones). En 1960 me doctoré en la Universidad de Buenos Aires (UBA) traduciendo uno de los trabajos realizados en Dinamarca. Pedro Federman, Andrés Zuker (FCEyN) y Ernesto Maqueda (Centro Atómico Bariloche) fueron los primeros estudiantes en acercarse a mi oficina de la CNEA. En 1962 me incorporé al Departamento de Física de la UBA, que estaba siendo armado por Juan José Giambiagi, y adonde convergimos físicos que acabábamos de tener experiencias exitosas en el exterior. Fueron años intensos tanto desde el punto de vista de la investigación como de la enseñanza. Además de Giambiagi, recuerdo especialmente a Carlos Bollini y a Juan Roederer como docentes e investigadores de primera línea. Creo que los estudiantes sentían que no imponíamos exigencias para humillarlos y por eso aceptaron con protestas menores un ritmo muy fuerte de estudio. Sin embargo, años después me he cuestionado la eficacia de aquel ritmo. Creo que faltaban espacios de tiempo para que los alumnos pensaran, optaran, etc., intervalos necesarios para un buen aprendizaje (distinto de una buena enseñanza). Mi propia formación – tan opuesta en éstos y otros aspectos – al fin de cuentas no había sido tan mala.

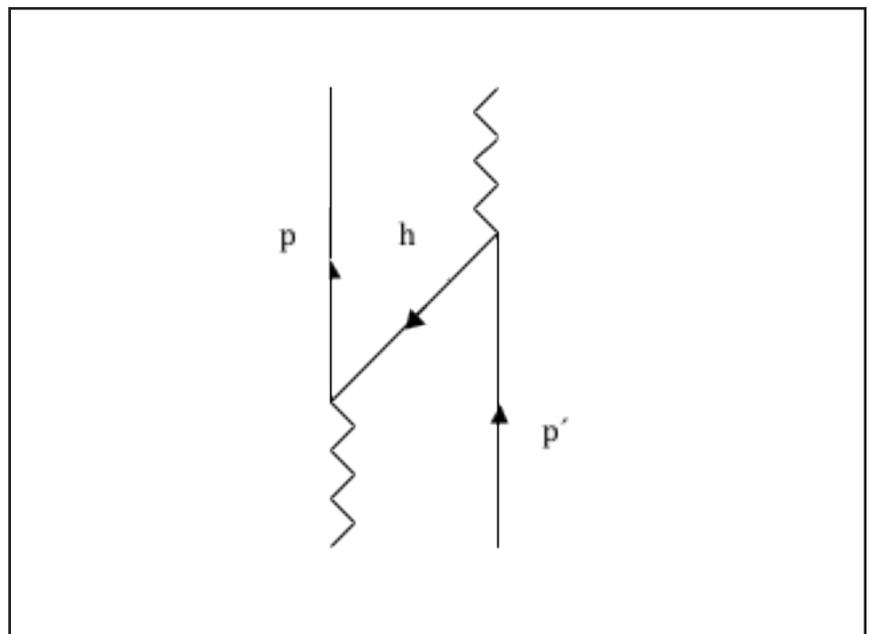
El Departamento de Física también se enriqueció con la presencia de muy buenos estudiantes de doctorado. En particular, el grupo de física nuclear siguió creciendo con la incorporación de Ricardo Broglia y Julio Gratton (CAB), de Guillermo Dussel, Mario Mariscotti y Roberto Perazzo (FCEyN) y de Anthony Evans, un investigador inglés. Muchos físicos nucleares argentinos son descendientes de quienes formamos ese grupo³. Éramos privilegiados en cuanto al acceso a Clementina, primera computadora existente en el país en una institución universitaria, marca Ferrante-Mercury. Agradezco a Rebeca Guber la autorización para usarla inclusive de noche. Continuamos los trabajos vinculados con modelos nucleares estudiando el uso de fuerzas simplificadas en el modelo de capas y las vibraciones de apareamiento vinculadas a la transición entre estados normales y superfluidos (Bes y cols., 1966). En particular, fueron predichas las propiedades del primer estado excitado 0_+^+ en ^{208}Pb , posteriormente verificadas experimentalmente con buena precisión. También introdujimos el concepto de apareamiento cuadrupolar. La solución BCS apareció con propiedades y dificultades semejantes a los del modelo unificado con deformaciones y rotaciones en el espacio de "gauge" (en este caso el generador de las rotaciones es el número de partículas y no el momento angular).

En 1966, la intervención del gobierno de facto en la UBA interrumpió el sueño de consolidar un Departamento de Física de nivel internacional. Provocó la emigración del 85% de profesores y jóvenes graduados. Con mi familia nos trasladamos a USA, primero a la *Carnegie Mellon University* (CMU, Pittsburgh) y poco después a la *University of Minnesota* (Minneapolis, UM). En EE.UU. trabajé sobre todo

con Ben Bayman (gran amigo desde la primera época de Copenhague); con integrantes de nuestro ex grupo de la FCEyN: Mariscotti (*Brookhaven National Laboratory*); Dussel (CMU); Broglia y Perazzo (UM) y con estudiantes de doctorado norteamericanos. En lo que respecta al apareamiento de nucleones, proseguimos con el tratamiento puramente colectivo de la superfluidez nuclear incluyendo el isospin (Bayman y cols., 1969; Dussel y cols., 1971). En analogía con el efecto Josephson (corrientes de pares de electrones entre un superconductor y otro) la transferencia de pares de nucleones entre algunos niveles de dos núcleos superconductores se ve altamente favorecida. En colaboración con Taro Tamura (*University of Texas*) desarrollamos un programa computacional de canales acoplados para describir la transferencia de pares de nucleones entre estados excitados de bandas rotacionales (Tamura y cols., 1970). Fui consultor de *Los Alamos National Laboratory* donde existía un haz apropiado de tritio para estudiar reacciones (t,p) especialmente apropiadas para medir estos procesos de transferencia. Maqueda y sus alumnos siguieron esta línea de trabajos en Buenos Aires.

La teoría gráfica de perturbaciones debida a R. Feynman (1949) fue redescubierta por la comunidad nuclear durante la segunda mitad de los sesenta. La figura representa la historia de un fonón (una superposición de pares formados por una partícula p y un agujero h). En un momento dado, el fonón inicial se desintegra en sus componentes. El agujero se escapa y forma pareja con otra partícula p' para dar lugar a otro fonón. Esta historia cuántica puede ser contada con letra de tango o calculada con reglas precisas provenientes de teoría de perturbaciones. En este caso, se obtiene una corrección de segundo orden para la energía del estado partícula+fonón. En la UM calculamos estas correcciones en la zona del Pb, teniendo en cuenta tanto los fonones de tipo partícula-agujero (como el de la figura) como los de apareamiento.

Después de unos años decidimos con Gladys no seguir siendo inmigrantes. Fue una decisión difícil, que llevó tiempo tomar, pues yo me encontraba a gusto y con "tenure" en la UM. Finalmente, en 1971 me reincorporé a la CNEA adonde todavía continúo. Fue importante para mí el hecho de que parte del



grupo nuclear de la UBA se hubiese reconstituido allí (Dussel, Maqueda, Mariscotti, Perazzo) y también la intervención de Ema Pérez Ferreyra, quien nos ahorró problemas burocráticos en innumerables ocasiones. Fue también esencial para mí mantener contactos regulares con el exterior a través de visitas anuales: i) para recibir así estímulos provenientes de un medio científicamente más activo; ii) por la necesidad de que mis trabajos despertaran el interés suficiente como para ser invitado con gastos pagos (raramente fui apoyado económicamente por instituciones argentinas); iii) porque dictar algunos seminarios en el camino ayudaba a llegar hasta fin de año especialmente cuando la retribución en Argentina no llegaba a los 100 dólares mensuales. Ciertamente estas separaciones no facilitaban nuestra vida familiar.

En Buenos Aires tratamos de averiguar hasta qué punto los sucesivos órdenes perturbativos convergían a resultados exactos (obtenidos en modelos solubles analíticamente) y qué modificaciones a las reglas conocidas de la teoría de perturbaciones podían mejorar dicha convergencia. Estudiamos varios casos con resultados positivos pero no exactos. En este estado del tema llegué a Copenhague en abril de 1973 donde tuve una interacción intensa con Mottelson. Durante varios días discutimos y aplicamos modificaciones a la teoría de perturbaciones. En particular, Mottelson objetó nuestro olvido de la contribución de Fock a la energía de partícula independiente. Otro día demostró que los cálculos exactos y perturbativos debían diferir al tercer orden. Pero esa misma noche, no sólo encontré un error en su argumento sino que pude sumar toda la serie perturbativa y esta suma reprodujo el resultado exacto. ¡El modelo nuclear que superponía partículas y fonones (ignorando el exce-

so de grados de libertad, el principio de Pauli, etc.) no sólo constituía una aproximación más o menos útil sino el orden cero de un procedimiento perturbativo gráfico que corregía todos estos errores! El caso de dos fonones sirvió para confirmar este resultado al día siguiente. La solución obtenida se llamó *Teoría de Campos Nucleares* (NFT, por las siglas en inglés)⁴ (Bes y cols., 1974).

La validez de la NFT fue comprobada por medio de modelos de complejidad creciente en Buenos Aires (tesis de Hugo Sofía, quien quedó incorporado a nuestro grupo de la CNEA que ya integraban Olga Dragún y Silvia Reich) y también demostrada a partir de primeros principios. La investigación básica en física recibió un impulso con la instalación del acelerador TANDAR. Nuestra tarea –de la que no me arrepiento– consistió en mantener viva la investigación en física durante los años en que descendimos a los infiernos.

Obviamente, la NFT requiere que sea posible aplicar la teoría de perturbaciones. Esto es posible en núcleos doblemente mágicos y, consecuentemente, las aplicaciones a casos realistas fueron realizadas principalmente en la zona del Pb. Pero no es cierto en núcleos deformados en los cuales la deformación puede cambiar de orientación sin gasto de energía en un medio isotrópico. Esto da lugar a estados degenerados que producen divergencias infrarrojas en teoría de perturbaciones. En colaboración con Víctor Alessandrini (*Université de Paris-Sud, Orsay*) intentamos aplicar procedimientos usados en teorías de gauge con éxito parcial (Alessandrini y cols., 1978). Reconozco especialmente la contribución de Jorge Kurchan en la solución que finalmente encontramos en Buenos Aires (Kurchan y cols., 1990; Bes y Kurchan, 1990): dado un ob-

jeto deformado, podemos distinguir entre el sistema de laboratorio (fijo) y el sistema intrínseco (rotante) cuya orientación está dada por coordenadas colectivas. Elegimos describir el objeto desde este último sistema. Es obvia la equivalencia entre rotar al conjunto de partículas en una dirección y el cambio de coordenadas colectivas en la dirección contraria. Esta condición desempeña un papel similar a una invariancia de gauge en teorías de campo. En particular, permite aplicar el procedimiento desarrollado por C. Becchi, A. Rouet, S. Stora y I.V. Tyutin para cuantificar teorías de gauge (BRST) (Becchi y cols., 1974; Becchi y cols., 1976; Tyutin, 1975). En lugar de eliminar los grados de libertad en exceso, la solución BRST consiste en introducir más grados de libertad y explotar una nueva simetría propia del espacio ampliado para separar estados físicos de los espurios y poder aplicar la teoría de perturbaciones a los primeros.

Quizás hubiese sido apropiado hacer cálculos nucleares realistas con el formalismo recién desarrollado. Esta es una tarea todavía pendiente. Pero, por una parte, debía ser hecha por nuevos estudiantes, ya que los doctorados eran estimulados a abrirse camino por su cuenta en el exterior (éramos conscientes de que la endogamia es uno de los males de las instituciones científicas argentinas). Por otra parte era problemático entusiasmar a los nuevos estudiantes para que se adentraran en la física nuclear tal como la entendíamos en la década del 50. Hacia 1990 esta física se había convertido en una rama madura de la ciencia con pocas posibilidades de aparición de conceptos nuevos. La física nuclear pasó a ocuparse tanto de entes subnucleares (la constitución de neutrones, protones y de otras partículas “elementales”) como de objetos astrofísicos (estrellas de neutrones,

big-bang). Tengo la satisfacción de que Norberto Scoccola y Juan Pedro Garrahan, además de Kurchan, hayan realizado exitosas carreras en el exterior al margen de la física nuclear que pude haberles impartido. El primero de ellos está actualmente al frente de nuestro grupo de física teórica en la CNEA. En colaboración con él y con un grupo de estudiantes, fue interesante cuantificar solitones usando el formalismo BRST (Garrahan y cols., 1995).

Debí interrumpir mi dedicación exclusiva a la investigación durante la segunda mitad de la década de los noventa, como explicaré más adelante. La retomé posteriormente en colaboración con Osvaldo Civitarese (Universidad Nacional de La Plata) a quien agradezco muchas discusiones y su dominio del tema y que, con ese objeto, soporta semanalmente cinco horas de viaje entre La Plata y Buenos Aires. Usamos el núcleo como laboratorio donde tienen lugar procesos de doble desintegración beta. Estos procesos constituyen una puesta a prueba del modelo estándar de partículas elementales (siguiente nivel de muñecas rusas) pues pueden brindar información, por ejemplo, acerca de la masa de los neutrinos. En nuestros cálculos representamos al núcleo como un medio superfluido con inclusión del isospin en el que tienen lugar rotaciones en este último espacio y en el de gauge (Bes y Civitarese, 2002). Por consiguiente, puede aplicarse la parafernalia BRST desarrollada previamente.

Paso ahora a resumir otras actividades cuya documentación guardo en mi PC bajo el rótulo de "paraciencia". Fui especialmente afortunado al poder rechazar (hasta prácticamente este siglo) tareas en cargos administrativo-gerenciales. También tuve la ventaja representada por muy buenos superiores jerárquicos.

Ello me proporcionó tiempo y libertad para incursionar en campos fuera de la física. Tuve un ejemplo demasiado valioso en la figura de N. Bohr como para no haber tratado de hacerlo aunque, por supuesto, con alcances mucho más limitados. En 1987 fui invitado a participar en el Foro de Moscú, reunido por Michael Gorbachov, para discutir la reducción de las armas nucleares entre otros problemas. Ahí me introduje en este tema interesante y amedrentador en el que seguí trabajando durante 1988. Posteriormente, la disminución de las urgencias vinculadas al mismo hizo que me ocupara de problemas más cercanos a nuestro país como la deuda externa argentina y la relación entre investigación científica y economía en países en desarrollo, ambos en colaboración con Martín, mi hijo economista (Bes y Bes, 1991; Bes y Bes, 1992).

En 1988 la visita de Ennio Candotti, presidente de la Sociedad Brasileira para el Progreso de las Ciencias, nos motivó a seguir el ejemplo de la SBPS y de su acción significativa en el restablecimiento de la democracia en el Brasil. En nuestro país no existían - ni existen - asociaciones que representen a un sector amplio del espectro científico. Lanzamos con éxito la revista *Ciencia Hoy* (1989 -) que sobrevivió al parto a pesar de la hiperinflación existente durante los primeros años. No hubo una suerte semejante en cuanto a la representatividad. Creo que las persecuciones sufridas, la desconfianza, la dispersión ideológica y geográfica de los investigadores impiden que una sola institución pueda defender con eficacia los intereses vinculados al desarrollo en CyT, frente a las oscilaciones en este tema de los poderes públicos.

Como miembro de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales participé en la for-

mulación de proyectos para organizar la CyT en nuestro país (Arvía y cols., 1995).

Entre 1994 y 1998 fui presidente de la Asociación Física Argentina. Sentí el deber de aceptar este desafío frente a la involución que afectaba entonces a la ciencia argentina⁵. Tuve el apoyo de excelentes colaboradores (Huner Fanchiotti y Juan Pablo Paz durante el primer período; Maqueda y Diego Harari en el segundo). Además de las tareas organizativas tradicionales nuestra gestión se caracterizó por frecuentes entrevistas y/o críticas a autoridades, reuniones con otras asociaciones científicas de distintas orientaciones políticas, comunicación con la prensa, entre otras. De todo esto dábamos cuenta a los asociados por medio del Boletín Electrónico en el que también aparecían informaciones sobre concursos, becas, escuelas, premios, etc. Aparecieron en total 47 números. En contraposición a la involución mencionada, tuvo lugar en ese período la creación de la Agencia Nacional para la Promoción Científica y Tecnológica a cargo de Mariscotti. Entendí que como presidente de AFA debía continuar con la actitud de crítica (Mariscotti, 1997) a pesar de lo mucho que me hubiese gustado colaborar con Mario en la organización de esta necesaria institución. Creo conveniente que esta actitud institucional crítica sea mantenida por la AFA y que continúe la información a los socios.

En 1996 recibí el premio *Bunge y Born*. En mi agradecimiento me referí a los problemas de la ciencia argentina en especial a aquellos que surgen al sustituir exigencias de calidad por criterios basados en temas, aplicaciones, distribución geográfica, etc. Estos y otros problemas éticos de nuestro medio científico están discutidos en un informe que preparé para el Consejo Argentino

de Relaciones Internacionales (Bes, 2005). Si bien muchos estuvieron de acuerdo con lo que escribí, no sé si esta puesta a punto de nuestros defectos tuvo alguna consecuencia.

Dije también en mi charla de 1996 que en países periféricos es muy difícil transformar los resultados de la ciencia en innovaciones productivas⁶. Sin embargo, la ciencia básica puede transformar la enseñanza y el buen aprendizaje es uno de los requisitos para transformar la economía. Como sucede en países como Alemania, la educación superior puede contribuir a mejorar patrones de calidad industrial y a la difusión de nuevas tecnologías a través del mejor nivel de los egresados y de la interacción universidad-empresa. Me cuestioné personalmente entonces cuál había sido mi papel en este sentido, ya que había estado alejado de los claustros universitarios (de los cuales debí renunciar en 1966 y fui cesanteado en 1974). Al año siguiente Ricardo Pichel, Rector de la Universidad Favaloro (UF) me invitó a integrar la futura Facultad de Ingeniería de la UF, de la que fui primer Decano (1998). En esta oportunidad debí sacrificar mi negativa a realizar tareas de gestión. Éstas no fueron facilitadas ni por la muerte del Dr. Favaloro ni por la inflación de esa época: Las invitaciones al exterior prácticamente desaparecieron. Pero de todas maneras fue un placer renovar en 1999 el contacto con alumnos y contar con la ayuda de buenos colaboradores. Pude verificar una vez más las ventajas de impulsar la creatividad y la buena costumbre de pensar desde los primeros años en carreras universitarias, particularmente en carreras tecnológicas. Como durante estos años predominan las materias científicas (física, matemática, química), la separación entre facultades científicas y tecnológicas obstaculiza esta relación positiva. Tampoco es alentada

por políticas excesivamente pro-institutos del CONICET. La buena relación con los alumnos en mis clases de mecánica cuántica me ayudó a escribir un texto sobre el tema. Pude poner a prueba este texto tanto en la UF como en la FCEyN (Bes, 2004) que ha sido objeto de tres ediciones en inglés y una en japonés.

Esta reseña constituye una buena oportunidad para reconocer el apoyo de todos los que trabajaron conmigo durante mis actividades tanto científicas como paracientíficas y me ayudaron a ser reconocido en esta mezcla de "hobby" y trabajo en que pude ocuparme. En especial a Gladys y a mis tres hijos, a los que con el tiempo se fueron agregando también mis nueras y nietos, quienes contribuyeron con su cariño al funcionamiento de mi hemisferio derecho.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Alessandrini V., Bes D., Machet B. (1978). *Collective coordinates in Fermi systems*. Nucl Phys **B142**, 489.
- Arvía A., Bes D., Pascual R., Pignotti A., Segovia Fernández C., Stoppani A. (1995). *Consideraciones y pautas para una Ley marco de Ciencia y Técnica*, AN-CEFYN, **IX**.
- Bardeen J., Cooper L., Schrieffer R. (1957). *Theory of superconductivity*. Phys. Rev. **106**, 162; 108, 1175.
- Bayman B., Bes D., Broglia R. (1969). *Isospin structure of pairing collective motion*. Phys. Rev. Lett. **23**, 1299
- Dussel G., Perazzo R., Bes D., Broglia R. (1971). *Collective treatment of the pairing Hamiltonian (II). Charge-independent*

force-Hamiltonian and symmetries. Nucl. Phys. **A175**, 513.

- Becchi C., Rouet A., Stora S. (1974). *The Abelian Higgs-Kibble model. Unitarity of the S operator*. Phys. Lett. **52B**, 344.
- Becchi C., Rouet A., Stora S. (1976). *Renormalization of gauge theories*, Ann. Phys. **98**, 287.
- Bes D. (1961). *A study of nuclear potential energy surface and gamma vibrations*. Dan. Mat. Fys. Medd. **33**, no.2.
- Bes, D. (2004). *Quantum Mechanics. A Modern and Concise Introductory Course*. Springer Verlag, Heidelberg; (2007), (2012); versión japonesa (2012) Maruzan Planet Co., Tokio.
- Bes D. (2005) *Siete problemas capitales del sistema-científico tecnológico*, Ciencia Hoy, **vol.15**, no. 89, 10.
- Bes D. (2011). *Niels Bohr y la bomba atómica*. Revista SAAP, **vol. 5**, no. 1, 191
- Bes D., Bes M. (1991). *Let us not forget the North-South dialogue, the challenge of an open world. Essays dedicated to N. Bohr*. N. Barfoed et al., eds. Munksgaard, Copenhagen, 208.
- Bes D., Bes M. (1992). *The relation between scientific research and the development of the South. The Essential Role of Science in Technological Progress and Economical Development*, Trieste, Italia, Abril 1992. M.H.A. Hassan y S.W. Mwanjyky eds. Third World Academy of Sciences, 27.
- Bes D., Broglia R. (1966) *Pairing vibrations*, Nucl. Phys. **80**, 289

- Bes D., Civitarese O. (2002). *Collective motion in iso- and gauge spaces, Application to two-neutrino beta decay transitions*. Nucl. Phys. **A705**, 297.
- Bes D., Dussel G., Broglia R., Liotta R., Mottelson B. (1974). *Nuclear Field Theory as a method of treating the problem of overcompleteness in descriptions involving elementary modes of both quasi-particles and collective type*. Phys. Lett. **B52**, 253.
- Bes D., Federman P., Maqueda E., Zuker A. (1965) *Properties of the gamma-vibrational state*, Nucl. Phys. **65**, 1.
- Bes D., Kurchan J. (1990). *The treatment of collective coordinates in many-body systems. An application of the BRST invariance*, Lecture Notes in Physics **no. 34**. World Scientific, Singapur.
- Bohr, A. (1952). *The coupling of nuclear surface oscillations to the motion of individual nucleons*. Dan. Mat. Fys. Medd. **26**, no. 14.
- Bohr A., Mottelson B. (1953). *Collective and individual-particle aspects of nuclear structure*. Dan. Mat. Fys. Medd. **27**, no. 16.
- Bohr A., Mottelson B. (1975) *Nuclear Structure*, W.A. Benjamin, Inc., Reading, Massachusetts.
- Davidovich, L. (Entrevista) (2011) *Quantum Steps*, TWAS Newsletter, **vol. 23** no. 3, 22.
- Garrahan J., Kruczenski L., Schat C., Bes D., Scoccola N. (1995). *Becchi-Rouet-Stora-Tyutin quantization of a soliton model in 2+1 dimensions*, Phys. Rev. **D51**, 2950.
- Kurchan J., Bes D., Cruz Barrios S. (1990). *A systematic treatment of triaxial systems at high spin*. Nucl. Phys. **A509**, 306.
- Mariscotti M. (1997). (Entrevista como Presidente de ANPCyT). Boletín Electrónico de la Asociación Física Argentina, año 5, no. 37, 1.
- Orione J. (2008) *Historia Critica de la Ciencia Argentina*. Capital Intelectual, Buenos Aires, 62.
- Tamura T., Bes D., Broglia R., Landowne S. (1970). *Coupled-Channel Born-Approximation Calculation of Two-Nuclear Transfer Reactions in Deformed Nuclei*. Phys. Rev. Lett. **25**, 1507.
- Tyutin I. (1975). *Gauge invariance in field theory and statistical mechanics*. Lebedev preprint FIAN no. **39**.
- 5 En el CONICET, presupuestos de operación y equipamiento despreciables frente a los de sueldos y administración, falta de transparencia; en la CNEA, desmembramiento y posterior eliminación del personal más apto mediante retiros voluntarios, falta de objetivos; etc.
- 6 Tengo a mano los datos sobre Brasil. Durante la presidencia de Lula se duplicó en dólares el presupuesto de CyT, llegando a 23.000 millones. Sin embargo, y a pesar de las contribuciones brasileras en biocombustibles, agricultura, extracción off-shore, etc., la mayor parte de CyT tiene lugar en la academia, con fondos del estado. La investigación y desarrollo en la industria sigue estando sustancialmente por debajo del promedio de la OECD. El número de patentes en EE.UU. ha permanecido estancado [Davidovich, 2011].

■ NOTAS

- 1 Lamentablemente en 1947 Lida debió exiliarse en México, donde formó parte del Colegio de México y fundó la Nueva Revista de Filología Hispánica, entre otras actividades. En 1953 sucedió a su maestro, A. Alonso, en la cátedra de la Universidad de Harvard. Durante todo ese tiempo mantuvo correspondencia con su ex alumno del CNBA. Pude visitarlo en 1966, cuando yo también tuve que irme del país.
- 2 Bohr, en lo que sigue. En cambio, el apellido del fundador de la mecánica cuántica irá precedido por la inicial "N."
- 3 Alrededor de la mitad de los descendientes ha continuado su actividad en el extranjero.
- 4 Las principales modificaciones a las reglas perturbativas fueron: 1) la elección de parámetros de