

FORMAR CIENTÍFICOS EN CONDICIONES DE ADVERSIDAD

Palabras clave: física experimental, espectroscopía Mössbauer, importancia social del pensamiento científico, enseñanza de las ciencias.
Key words: experimental physics, Mössbauer spectroscopy, social importance of scientific thinking, physics education research.

■ Roberto Carlos Mercader

Instituto de Física La Plata, CCT-La Plata,
CONICET
Departamento de Física, Facultad de Ciencias
Exactas
Universidad Nacional de La Plata

mercader@fisica.unlp.edu.ar

■ PRÓLOGO

Esta reseña de mi trayectoria, con cuya solicitud me ha honrado la AAPC, intenta transmitir algunas reflexiones sobre cómo facilitar la investigación científica. La preparación de la misma me ha permitido reconocer algunas ideas que han surgido a partir de mis experiencias como investigador y docente a lo largo de mi quehacer universitario y que vale la pena compartir. No abundaré en detalles demasiado particulares que probablemente no tengan un valor general que sí tienen otros. Excepto algunas menciones ineludibles, estas cuestiones son complementarias de lo que muchos investigadores ya han expuesto en las excelentes reseñas que pueden encontrarse en las páginas de la AAPC sobre las condiciones políticas y sociales en las décadas que nos ha tocado desarrollar la investigación en la Argentina.

Puesto que está de moda poner en tela de juicio todas las acciones de las personas públicas de todos los tiempos con categorías del presente, tomaré partido no por el análisis de

las orientaciones o las motivaciones de cada una, sino por las obras que, donde no había nada y luchando desinteresadamente, ellas construyeron dejando a la posteridad proyectos e instrumentos que perduran hasta hoy dando forma a las instituciones y al país en el que vivimos.

■ LOS COMIENZOS

Las circunstancias que rodearon mi educación son producto de las ideas que pudo plasmar Joaquín Víctor González (1863-1923), un extraordinario pensador riojano que abarcó amplios campos y que desde su modo de ver la humanidad a principios del siglo XX imaginó y destinó todo su generoso esfuerzo al progreso del país. En 1904, trece años antes de la revolución rusa, siendo ministro del interior redactó y presentó al Congreso de la Nación el Código del Trabajo, ley de vanguardia para su época. Mi formación académica transcurrió básicamente en tres instituciones por él fundadas. Mi escuela primaria fue la Escuela Graduada Joaquín V. González, Anexa a la Facultad de Humanida-

des y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). En un principio, todos los maestros de la Anexa eran egresados de esa facultad y la escuela tenía un proyecto drásticamente diferente de cualquier otra en detalles que sería demasiado extenso describir. Luego, sin discontinuidad, entré al Colegio Nacional de la UNLP, en donde casi sin esfuerzo logré atravesarlo habiendo tenido la distinción de ser el mejor egresado de mi promoción. Para mis estudios universitarios ingresé a la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la UNLP.

A la hora de elegir carrera, tuve el privilegio de tener el consejo de Enrique Loedel Palumbo, quien me dijo que si me gustaba la física no ganaría mucho dinero en la vida, que eligiera algo más aplicado, ingeniería o química, pero que una vez comenzados los cursos podría ver qué es lo que más se adecuaba a mis preferencias. Como en ese entonces existía en la UNLP la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas en la que se estudiaba física, me inscribí simultáneamente en inge-

nería en telecomunicaciones (nombre que en 1962 tenía lo que luego se llamó ingeniería electrónica). Después de terminar el primer año ya no tenía más dudas sobre a qué me quería dedicar. No obstante, habiendo materias optativas en el plan de estudios de la licenciatura, como medidas eléctricas, que dictaba Juan Sabato, las cursé y me sirvieron muchísimo en mi vida profesional.

■ QUÉ INVESTIGAR

Mis primeros pasos en la investigación a fines de 1966 se desarrollaron en el Laboratorio de Física Nuclear de bajas energías, un ámbito en donde la investigación estaba vista como algo secundario a la función docente. Era para mis profesores un pasatiempo o un hobby para realizar en los ratos libres. Lo importante era saber física y enseñarla con convicción. Es decir, no seguían la impronta que había querido darle González a la universidad que también él fundara en 1905, distinta a las otras dos que entonces existían en nuestro país, Córdoba (1613) y Buenos Aires (1821). En sus palabras: *La Universidad que se establecerá en La Plata será científica...*, lo que junto a numerosos discursos y escritos del fundador, explican por qué *PRO SCIENTIA ET PATRIA* es su lema.

A mediados de 1960 existía un estado de marcado menosprecio por la investigación en gran parte de los integrantes del Instituto de Física fundado por González, pionero por haber graduado los cuatro primeros doctores en física de Latinoamérica antes de 1916. Lo que recogí como estudiante del doctorado en física fue un ambiente de abierta lucha entre las dos posiciones (docencia pura versus investigación y docencia) que había llegado a paralizar el Laboratorio de Física Nuclear y que había afectado a todo el Depar-

tamento ya que estimo que durante mis años de estudiante, a pesar de que la biblioteca tenía muchas colecciones completas de las revistas de física relevantes de la época, se publicaron muy pocos trabajos.

Quizás las palabras de Teófilo Isnardi puedan ilustrar mejor a qué me refiero. Decía T. Isnardi (Isnardi, 1916):

Nuestra misión principal no debe ser por hoy la investigación. Hacer algunos trabajos originales y publicarlos en la revista de la Facultad y las revistas alemanas puede ser muy interesante -y no a todos- desde un punto de vista personal, pero interesa muy poco al país si esos trabajos no son el motivo -casi el pretexto- para preparar nuestro ambiente intelectual de modo que mañana puedan ser, no cuatro, sino cuatrocientos los investigadores y profesores de física egresados de la Escuela. ... La función de enseñanza es por algunos años -tal vez por algunas decenas de años- principal, sin que esto signifique relegar la otra al olvido, lo que, no obstante, sería siempre preferible al caso inverso, actualmente en práctica.

La forma de concebir la actividad de un físico cambió drásticamente en la segunda mitad de la década de 1960, con la incorporación al Departamento de Física de J. J. Giambiagi y C. Bollini, quienes se unieron al claustro docente del Departamento un tiempo después de la noche de los bastones largos en la UBA, y con la formación de un grupo de teoría de campos y partículas elementales. Ese cambio, sin embargo, se limitó principalmente a la física teórica. Los físicos experimentales no teníamos ningún modelo para seguir. No obstante, con los pocos fondos que recibía de subsidios anuales de la Organización de Estados Americanos, el Departamento de Física

decidió apoyar la formación de un laboratorio de estado sólido como forma de hacer renacer la física experimental que había estado en los ideales fundacionales. Se pensó que la mejor técnica a tales fines era la resonancia paramagnética electrónica, EPR. Con mucho esfuerzo se compró un imán adecuado y se inició la formación de un grupo experimental que desarrollaría los instrumentos necesarios para hacer EPR y de otro grupo, que haría teoría del sólido para darle sustento a las mediciones que surgirían del laboratorio.

■ TESIS DOCTORAL

Después de finalizar mi servicio militar (1967) en 1968 el laboratorio de sólido no había avanzado prácticamente nada y yo personalmente tenía inclinación para hacer mi tesis en física nuclear. Me entusiasmaba aportar al conocimiento de las fuerzas que mantienen unido al núcleo atómico en una época en que no se sabía mucho sobre su naturaleza y en que había una gran ebullición en laboratorios de todo el mundo por los descubrimientos que se hacían sobre estas cuestiones casi diariamente. Pero resultaba difícil encontrar un tema apto para tal tarea con los muy limitados recursos de lo que había quedado del laboratorio.

Quien fuera mi directora de tesis, Ana Mocoroa, conocía a Sonia Nassiff quien había hecho importantes aportes en radioquímica con Walter Seelman-Eggebert trabajando en la Comisión Nacional de Energía Atómica. Sonia propuso que estudiara reacciones de deuterones incidentes sobre Zr en el sincrociclotrón de la CNEA. Fue así que después de varias iniciativas, apoyado por Cristina Caracocha, en apenas tres años, a fines de 1971, logré presentar mi tesis doctoral y publicarla en una revista internacional con arbitraje (Merca-

der, 1972) después de mucho tiempo en que las tesis se publicaban solamente en revistas nacionales o no se publicaban. La tesis propiamente dicha consistió en medir secciones eficaces de reacciones nucleares inducidas por los deuterones de 28 MeV del sincrociclotrón de la CNEA incidentes sobre zirconio. En La Plata preparaba los blancos de ^{90}Zr y los llevaba a irradiar a Buenos Aires, midiendo luego los productos de desexcitación en el laboratorio de La Plata.

Las medidas no estuvieron exentas de inconvenientes. Por un descuido –del que no fui responsable– se rompió un cristal de 3" x 3" de NaI(Tl) recién comprado (y cuyo precio era cercano a los mil dólares estadounidenses, suma extraordinaria para nosotros) que ya estaba montado en el preamplificador que yo mismo había diseñado y construido. Por eso, las medidas se tuvieron que hacer con los viejos cristales de NaI(Tl) de 2" x 2" de mucha menor eficiencia. Además, el único multicanal que había en el laboratorio, el viejo PENCO de 100 canales, estaba abandonado desde hacía varios años y funcionaba a válvulas que ya no se conseguían en el mercado. Estudiando un poco la forma en la que trabajaba el PENCO me di cuenta de que haciendo varias triquiñuelas se podría lograr que volviera a funcionar. Por ejemplo, cambiando de lugar las válvulas que parecían no funcionar se conseguía que colectara espectros sin que se ‘cayeran’ demasiados canales. Los cálculos los hice utilizando la recién llegada HP9100A que tenía 196 pasos de programación. A principios de 1970 la universidad compró una IBM/360 con la que finalicé los ajustes y los cálculos.

Dentro de mis limitadas posibilidades o de la gente que yo conocía, no pude encontrar en ese entonces

ninguna persona en el país que fuera capaz de calcular las funciones de excitación de deuterones incidentes sobre ^{90}Zr con herramientas que incorporaran los últimos avances en física nuclear. Por eso tuve que emplear modelos semiclásicos, como el de Peaslee (Peaslee, 1948), que propone una reacción de *stripping*, modificado con el agregado de un parámetro de absorción total (Otozai, 1966). Este sería mi último trabajo en física nuclear. Haciendo física nuclear de bajas energías en La Plata quedó un grupo residual del viejo laboratorio de física nuclear. Pero yo me sentí pertenecer a la nueva generación de físicos que decidimos, utilizando técnicas nucleares, volcarnos al estudio de la física del estado sólido o *esa ciencia de materiales que ustedes hacen* en las acertadas palabras de Blas Alascio. Alberto López García nos mostró la importancia de las correlaciones angulares perturbadas, TDPAC, desarrolladas en la década anterior. Varios becarios se dedicaron entonces a estudiar distintos sistemas utilizando las *time differential perturbed angular correlations*.

También me incorporé al grupo TDPAC, pero al poco tiempo haría mi perfeccionamiento postdoctoral en otra técnica hiperfina. En efecto, con una beca de la OEA fui tres meses en 1973 a Rio de Janeiro para aprender espectroscopía Mössbauer (absorción resonante de rayos gamma) con Jacques Danon. Para mis estudios postdoctorales, como mi esposa Graciela Punte había hecho su tesis en el grupo de teoría del sólido sobre factores g en compuestos de Cu, elegimos AERE Harwell como lugar para desarrollar la beca externa que el CONICET me había otorgado, donde iría yo a trabajar con T. E. Cranshaw y ella podría trabajar en EPR con John Owen en el *Clarendon Laboratory* de Oxford, distante 16 millas de Harwell.

■ LOS AÑOS DEL PROCESO

A mi regreso de Inglaterra en 1976 el país que encontramos ya era caótico. Sin ir más lejos, en AERE Harwell, donde se producía y reprocesaba plutonio, había mucha sensibilidad por los atentados del IRA, de modo que se autorizó a que un guardia por puesto pudiese portar una pistola. Esto encolerizó a los investigadores que protestaron tan airadamente que tuvieron que dejar de usarlas. Recuerdo, en cambio, que a mi regreso a La Plata, en una ocasión que intenté cruzar una avenida, pasó a toda velocidad un Falcon verde erizado de armas largas que salían por todas las ventanillas y que me apuntaron cuando pasaron frente a mí.

Los años siguientes fueron dramáticos, sobre todo en el Departamento de Física, a principios de 1977 semanalmente se llevaban de sus casas a colegas o amigos. Sufríamos frecuentemente requisas policiales o militares sin previo aviso. Obviamente, en ese ambiente era muy difícil concentrarse en la investigación. Aparte de eso, los recursos eran tan escasos que para poder seguir con las pocas cosas que estábamos haciendo, poníamos de nuestro bolsillo en una ‘caja chica’, de la que sacábamos para comprar los pequeños repuestos o cosas que se gastaban.

En esos años seguíamos midiendo TDPAC en distintos compuestos con una mesa de correlaciones angulares gamma-gamma que habíamos construido (López García, 1979, Caracoche, 1982). Personalmente, con los elementos que podía, fui preparando las cosas para lograr armar un laboratorio de espectroscopía Mössbauer. El grupo TDPAC en ese ambiente adverso, sin embargo, se consolidó más. En 1978 nos visitó el Director del Departamento

de Física de la Universidad de Bonn, Erwin Bodenstedt, y gestionó ante el *Kernforschungszentrum Karlsruhe* un subsidio para que pudiéramos tener alguna infraestructura adecuada para desarrollar en La Plata nuestras técnicas hiperfinas, TDPAC y Mössbauer. Bodenstedt nos trató como si fuéramos sus 'hijos académicos' ya que nuestra condición le recordaba mucho a lo que él había vivido en la Alemania de 1946. Así, en 1980 llegaron varios instrumentos que nos permitieron preparar muestras, armar mejores mesas TDPAC y también el primer espectrómetro Mössbauer. Aprovechando una estancia de un mes en julio de 1980 que, gracias a una beca de Karlsruhe pasé en el Departamento de Física de Bonn, conseguí traer una interfaz RS-232 para conectar las mesas de correlaciones angulares y el espectrómetro Mössbauer con la PDP-11/34 que se acababa de adquirir con un subsidio de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Esto permitió que no tuviéramos que ingresar más los espectros canal a canal perforando tarjetas que luego se analizaban en las IBM de la UNLP. Nuestro laboratorio fue así uno de los primeros en el mundo en tener conexión directa entre los espectrómetros y un medio de cómputo capaz de analizar sin demora los datos recién adquiridos, adelanto que le dio a nuestros estudios una dinámica superior.

Hacia el final de la dictadura, a principios de 1983, había un licenciado en física, Luis Terminiello, que había estado secuestrado un corto tiempo y que había sido liberado con la promesa de no volver nunca a La Plata. Durante esos años se había desempeñado como cajero del banco de Quilmes, pero su intención era terminar el doctorado, por lo que pretendía presentarse a una beca de iniciación de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia

de Buenos Aires. Resultó que todos aquellos profesores que habían manifestado gran repudio por su detención no estaban dispuestos a actuar como directores de beca. En cambio yo no le presenté objeción; ese fue mi primer becario. Aparte de investigar en los temas de su tesis, por ese tiempo realicé medidas Mössbauer junto a varios investigadores de laboratorios de nuestro país.

■ LA ESPECTROSCOPÍA MÖSSBAUER

El efecto Mössbauer es la emisión y absorción resonante de rayos gamma. A comienzos de 1958, Rudolf Mössbauer publicó un artículo pionero basado en los resultados de su tesis doctoral sobre la absorción resonante de los rayos gamma de 129 keV del ^{191}Ir (Mössbauer, 1958). En 1961 fue galardonado con el Premio Nobel por su descubrimiento que dio origen a lo que luego se llamó espectroscopia Mössbauer, una técnica sobresaliente para estudiar física de estado sólido, ciencia de materiales y una amplia gama de disciplinas. De hecho, la información única obtenida a través de ella mediante el ^{57}Fe , isótopo natural del hierro, por ser éste el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, ha extendido sus aplicaciones a casi todos los temas de caracterización de materiales científicos y tecnológicos.

Actualmente hay decenas de miles de publicaciones que han hecho uso de la técnica con aplicaciones a la mineralogía, geología, catálisis, química, corrosión, medio ambiente, nuevos materiales biológicos y fármacos. Aparte de tener aplicación en muy distintos campos de la investigación científica también puede brindar resultados únicos por su riqueza y valor científico, por lo que uno puede hacer muy buena ciencia con su uso apropiado.

Encontré que Mössbauer era una técnica adecuada para las especiales circunstancias y limitaciones económicas en las que se desarrollaba la investigación en esa época. En efecto, a pesar de ser de un costo relativamente bajo, la técnica permite realizar estudios científicos de gran profundidad en casi todas las ramas del quehacer científico y de la industria. Así, el laboratorio de espectroscopia Mössbauer de La Plata se fue construyendo por partes con los limitados fondos de los subsidios que permitían solicitar las agencias promotoras de la investigación, adecuando sus planes de investigación a las exigencias de excelencia y pureza temática que se pedían en el CONICET y en el Departamento de Física, atendiendo, no obstante, las demandas de otras disciplinas que encontraban en los resultados Mössbauer un complemento indispensable para sus investigaciones (Apella, 1983).

■ LA NORMALIZACIÓN DURANTE EL GOBIERNO DE ALFOSÍN

En 1987 el CONICET convocó a la presentación de LANAIS, Laboratorios Nacionales de Investigación y Servicios. Ante esa convocatoria tuve la idea de presentar un LANAIS de espectroscopia Mössbauer. El costo era mínimo con relación al de otras técnicas. Recibí muchos apoyos de colegas de todo el país para su presentación, pero a un miembro del directorio del CONICET no le pareció bien el proyecto. Vale la pena destacar que tampoco el Laboratorio Nacional de Difracción, que se quiso presentar dentro el Departamento de Física, tuvo apoyo de parte del mismo, motivo por lo que cuando finalmente se creó terminó dependiendo directamente del Decanato de la Facultad de Ciencias Exactas. El único LANAIS que Física apoyó fue un implantador que presentó el grupo TDPAC, el que finalmente no

se pudo concretar por falta de fondos y porque la presentación de los casi infinitos papeles que cualquier compra requiere se demoraron hasta la anticipada finalización de la presidencia de Raúl Alfonsín.

La física experimental no tuvo un papel importante en las nuevas reglas de juego que se impusieron a partir del concurso para todos los cargos de profesor regular del Departamento en 1985. Los físicos teóricos cobraron un papel relevante en el diseño académico de la física en La Plata. La física experimental fue relegada a un lugar secundario. El plan de estudios y la mayor parte de los recursos del Departamento se volcaron a la física teórica. A diferencia de los países desarrollados, en nuestro Instituto de Física el presupuesto de investigación se reparte por partes iguales entre los recursos dedicados a la física teórica y los dedicados a la experimental.

En el período de renormalización de los primeros años de la presidencia de Alfonsín, se llegó a llamar a expertos internacionales para que evaluaran el desempeño de la física experimental en el Departamento y plantear líneas de investigación de avanzada, considerando que los experimentales existentes hasta el momento no estaban a la altura adecuada. No fue esa, sin embargo, la evaluación que hizo Aron Pinczuk, uno de los especialistas consultados, quien manifestó que los laboratorios parecían bien adaptados a las circunstancias y escasísimos recursos de los que disponían.

■ FORMACIÓN DE INVESTIGADORES Y PROYECCIÓN EN LATINOAMÉRICA

En 1988 finalizaron las dos primeras tesis que se realizaron bajo mi dirección. En la tesis de Sergio Gustavo Marchetti, en la que actué

como codirector, se aplicó el efecto Mössbauer a la caracterización y optimización de catalizadores soportados de Fe para la síntesis de Fischer-Tropsch. En su tesis doctoral y varias publicaciones posteriores, (Cagnoli, 1990) se pudo encontrar cuáles eran los soportes catalíticos y las atmósferas más apropiados para aumentar la actividad y selectividad en la síntesis de Fischer-Tropsch. Gustavo ha formado un grupo de investigación de importancia en el CINDECA, ha hecho desarrollos experimentales de vanguardia en síntesis de diversos compuestos, está incursionando en temas de avanzada en catálisis y ha dirigido numerosos investigadores.

En la actualidad todavía seguimos haciendo investigaciones en conjunto. Uno de los logros conseguido gracias a la capacidad de sintetizar nanopartículas de forma controlada y con resultados completamente repetitivos, es el haber podido encontrar cómo depende la transición de Morin de la forma y la interacción de intercambio magnético entre cristalitas de sistemas de nanopartículas pseudocúbicas de hematita (Bengoa, 2010).

La tesis de Terminiello abordó por primera vez en el Departamento de Física temas de magnetismo en compuestos en estado sólido. Fue una descripción detallada del comportamiento magnético del pirofosfato de sodio y hierro (Mercader, 1990). Sobre este compuesto había dudas sobre su régimen magnético a bajas temperaturas y se había sugerido que podía ser un antiferromagneto tipo-L. Pudimos demostrar que eso no era así, que el compuesto se comportaba como un antiferromagneto de Heisenberg isotrópico tridimensional normal y que mostraba una transición de Néel a 29.0 K. La dependencia de su campo hiperfino a bajas temperaturas ha servido para calibrar numerosos criostatos

Mössbauer en varios laboratorios argentinos y europeos. A esas tesis siguieron varias más trabajando en temas de magnetismo que requerían la colaboración de laboratorios argentinos o extranjeros.

■ LOS LACAME

Desde la puesta en funcionamiento del primer espectrómetro Mössbauer en la UNLP, estuve en contacto con otros colegas, principalmente brasileños. Tuvimos la iniciativa de organizar reuniones que permitieran a otros investigadores de la región sumarse a la naciente comunidad que usábamos el efecto Mössbauer para nuestros estudios. Así, en 1988 en Rio de Janeiro, formé parte del grupo de miembros fundadores del Comité Latinoamericano de Espectroscopía Mössbauer. Desde 1988 se vienen realizando en forma ininterrumpida cada dos años los congresos *Latin American Conference on the Applications of the Mössbauer Effect*, LACAME, en los que he tenido una importante participación como organizador, evaluador y editor de los *proceedings*.

Con la excepción de Brasil que tiene un ministerio de ciencia y técnica desde mediados de la década de 1980, la realidad de otros países latinoamericanos era similar o peor que la nuestra. En 1988 no éramos más que unos pocos investigadores que hacíamos Mössbauer en la región. La sede de la LACAME fue cambiando para incluir a todos los países y no sólo aquéllos con más tradición en la técnica. Cuando en un país se organizaba un LACAME, los científicos locales encontraban recursos para crear laboratorios nuevos.

Hoy América Latina es la región en donde más ha crecido la espectroscopía Mössbauer en el mundo y el rol de los LACAME ha sido par-

ticularmente significativo para ello. La existencia de laboratorios científicos en países cuyas sociedades no consideran que la investigación pueda ayudar al desarrollo general, son fundamentales para fomentar el pensamiento crítico, apoyar actividades científicas y comenzar a establecer enfoques científicos que luego se consolidan, por ejemplo, en los órganos directivos de las universidades.

■ MÖSSBAUER Y CIENCIA DE MATERIALES

La espectroscopía Mössbauer tuvo su punto de culminación allá por la década de 1990. En ese entonces prácticamente todos los laboratorios que hacían ciencia de materiales o estaban dedicados a temas específicos contaban con un espectrómetro Mössbauer. Aún hoy día los departamentos de física que tienen entre sus tópicos la ciencia de materiales, como el de la universidad de Memphis en EEUU, <http://www.memphis.edu/physics/resources/facilities/index.php>, la lista entre sus técnicas de caracterización.

Por la versatilidad de la espectroscopía Mössbauer, no solamente hicimos aplicaciones a la ciencia de materiales sino que también quisimos probar la validez de un principio básico de la teoría de la relatividad. Así, en 1987, diseñé un espectrómetro Mössbauer de velocidad constante muy sencillo e hicimos una verificación del principio de equivalencia que mejoró las determinaciones de la época. Eso se logró midiendo los corrimientos isoméricos de una lámina de hierro a lo largo de seis meses y verificando su independencia con respecto a la velocidad de la tierra respecto de su posición estelar (Vucetich, 1988).

Nuestra situación actual es diferente de la de 1988. La investiga-

ción se encuentra ahora en la agenda política de muchos países. Un ejemplo notable es el de Brasil. La primera fuente brasileña de luz sincrotrón (LNLS) fue diseñada en 1983 y comenzó a operar sólo 14 años más tarde, en 1997. Desde 2013, el proyecto 'Sirius' una fuente de luz sincrotrón de 3 GeV está en construcción a pocos metros del mismo LNLS. Sincrotrones como el Sirius capaces de emitir rayos gamma aptos para absorción resonante ya existen en varios puntos del globo, pero no es fácil efectuar estudios en sus instalaciones. La investigación de temas muy específicos y de gran actualidad se realiza en esos centros por concurso de horas de haz. Los resultados que se obtienen son de una importancia y trascendencia imposible de alcanzar unos años atrás.

Para La Plata, Mössbauer era una técnica única debido a la tradición científica que reina entre nuestros centros de investigación y en las agencias que la auspician. Yo presentaba proyectos para efectuar investigaciones básicas pero no muy alejadas de posibles aplicaciones concretas.

Si los proyectos entonces hubiesen propuesto solamente estudios de materiales o desarrollos tecnológicos, los investigadores del CONICET bajo mi dirección, que dependían de la comisión asesora de física, habrían tenido inconvenientes para sus promociones. Quizás esto se deba a que la investigación aplicada era y sigue siendo difícil de evaluar. Desde hace unas cuatro décadas, cuando se fundó la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación bajo la dirección de Alberto C. Taquini, se impulsaba a los jóvenes a dedicarse a investigaciones aplicadas. Pero las reglas de evaluación para la aprobación de los informes o las promociones no se modificaron, tanto en el CONICET como en la Universidad.

En la actualidad es igualmente difícil juzgar la labor científica de un investigador. Se usan distintos parámetros que tienen en común que se les otorga seriedad en cuanto a que esos trabajos han pasado por los filtros de la revisión de expertos internacionales en el tema. Pero para juzgar proyectos y resultados en áreas interdisciplinarias o nuevas, se requiere de un conjunto de especialistas que es difícil de conseguir y, además, en los trabajos aplicados o tecnológicos entran en juego variables ajenas al quehacer científico. En consecuencia, sigue el problema de distinguir entre trabajos serios de aquéllos que no lo son.

■ AÑO SABÁTICO EN JOHNS HOPKINS

Durante mi postgrado en Harwell, pude conocer a un físico estadounidense, James C. Walker, con quien habíamos discutido numerosos problemas durante una estadía estival que él había tenido en Harwell en 1975. En 1987, Walker fue electo jefe del Departamento de Física de la *Johns Hopkins University* en Baltimore, Maryland, EEUU. En 1988 me propuso que fuese un año como Profesor Visitante a Baltimore. Walker quería estudiar superconductores de alta temperatura crítica, tema en el que yo también estaba interesado no solamente por los compuestos superconductores en sí sino también por sus fases relacionadas (Mercader, 1990). Dadas las difícilísimas condiciones reinantes en esos años en nuestro país, la oferta de Walker fue más que bienvenida. Sin embargo, no era sencillo irse por un año, ya que tendríamos que trasladar a mis tres hijos, uno en la escuela primaria y los otros dos en el Colegio Nacional, hasta los EEUU.

En noviembre de 1989 llegamos al *Homewood Campus* de la Johns

Hopkins en un mal momento, ya que se estaba finalizando el nuevo edificio del Departamento de Física. Michael Bloomberg, ex alumno de Hopkins, había hecho una donación de casi cuarenta millones de dólares para la construcción del nuevo edificio del Departamento de Física y Astronomía, que desde entonces se llama el *Bloomberg Center for Physics and Astronomy*. Mi estadía en Hopkins se superpuso en su totalidad con la mudanza desde el viejo edificio al nuevo, por lo que la investigación necesariamente se vio relegada a las necesidades edilicias. No obstante, la infraestructura del laboratorio de Walker era exuberante para mí. Disponía de un *Molecular Beam Epitaxy* (MBE) con el que se podían depositar monocapas atómicas de una gran variedad de elementos. Fue así que participé del estudio de ondas de spin en multicapas de hierro y plata (Qiu, 1991). El Fe podía ser natural, o el isótopo resonante Mössbauer, ^{57}Fe , por lo que los espectrómetros Mössbauer tenían sensibilidad a lo que ocurría en la interface misma de las monocapas.

Respecto a la parte instrumental, pude hacer interesantes aportes, ya que ellos dependían de los criostatos con helio líquido para hacer medidas a bajas temperaturas y no sabían de la existencia de criógenos de ciclo cerrado, cosa que por haber desarrollado mi investigación con pocos recursos, yo conocía en La Plata. Desde mi posición de profesor, solicité y se otorgó el dinero para comprar un criógeno de ciclo cerrado de He que si bien no alcanzaba los 4.2 K, tenía varias ventajas sobre el complicado manejo de los criostatos y permitía medir espectros Mössbauer en función de la temperatura en forma rápida *in situ* de las láminas recién preparadas en el MBE.

■ EL LABORATORIO DE MAGNETISMO

Desde las primeras investigaciones en temas de magnetismo para mí quedó claro que era necesario disponer de técnicas complementarias a las hiperfinas para poder obtener resultados competitivos. En 1986 comencé a solicitar magnetómetros en todos los concursos de proyectos que conocía. Mientras tanto, las medidas necesarias las hicimos con investigadores del Laboratorio de Resonancias del Instituto Balseiro. Esos concursos a los que mi grupo se presentaba eran abiertos y competíamos con instituciones de mucha mayor experiencia y prestigio en el tema, por lo que, sin apoyo de los grupos TDPAC, hubo que esperar mucho tiempo hasta conseguir que llegara a La Plata el primer susceptómetro, un LakeShore AC 7130. Lograr los locales adecuados en la Facultad de Ciencias Exactas y poder sacarlo de la aduana fue una labor muy ardua que demandó enorme esfuerzo y muchos años.

Cuando tuvimos el susceptómetro con nosotros, ya vencida la garantía de fábrica, solamente siguiendo las instrucciones a la distancia de los técnicos de Lake Shore y los consejos de nuestros amigos de Bariloche, con Rodolfo Borzi (Chufó) quien estaba haciendo la tesis conmigo, logramos que finalmente funcionara según las especificaciones del manual en 2000. Esto abrió el camino para que las medidas complementarias del susceptómetro hicieran que no solamente nosotros sino muchos investigadores comenzaran a usarlo como un instrumento importante en sus estudios y que algunos grupos variaran la orientación de sus planes hacia temas cercanos al magnetismo de pequeñas partículas.

En 2000 se abrió en el CONICET un concurso de “grandes instrumen-

tos” que otorgaría hasta US\$100.000 a grupos de investigadores directores de Proyectos de Investigación Plurianuales, PIP, del CONICET que se agruparan y presentaran un proyecto común. A raíz de eso, me puse en contacto con el presidente de LakeShore, Shane Hritz, para preguntarle si había alguna posibilidad de lograr que nos ofrecieran un magnetómetro de muestra vibrante por un precio que permitiera presentarlo a ese concurso –sabiendo yo que el valor de ese instrumento en el mercado era significativamente superior. En reconocimiento a nuestra experiencia con el susceptómetro, Shane me respondió que si aceptábamos montarlo nosotros mismos, sin garantía, y nos comprometíamos a ser ‘centro de referencia’ para América Latina, entonces podía cotizarlo. ‘Centro de referencia’ quería decir que debíamos medir con prioridad cualquier muestra que algún investigador de algún otro país latinoamericano pudiera solicitarnos. Así fue como en 2000 LakeShore cotizó a una asociación de cinco PIP en ejecución en el Departamento de Física, un VSM LakeShore 7304 por US\$ 99.850,58. Ese año el CONICET no nos otorgó el subsidio. Pero nuevamente nos presentamos, ahora siete grupos, en 2001 y allí sí lo logramos.

El envío del dinero se demoró dos años, por lo que cuando el giro llegó en 2003 ya no se fabricaba más el 7304 (aparte de que en 2001 ya en Bariloche se había comprado un 7304 y en 2002 otro en el Laboratorio de Bajas Temperaturas de la UBA, por lo que para LakeShore ya no era tan urgente entrar al mercado latinoamericano) y el precio del nuevo modelo 7404 había subido a US\$ 120.323,45. Eso nos obligó a recurrir a alguna fuente de financiación para lo que superaba los US\$100.000 que nos otorgó el CONICET y que decidió no modificar. Por eso, para superar el problema,

hablamos con Lino Baraña, entonces presidente de la ANPCyT, quien nos recomendó que hiciéramos una presentación al FONTAR pidiendo un CAI (crédito a instituciones) porque el trámite era relativamente rápido. Para abreviar; el dinero se giró en 2006, el instrumento llegó el 1 de junio de 2006 y logramos que estuviera funcionando el 31 de agosto de 2009 con un desempeño que superaba en un 20% las especificaciones del manual.

■ CREACIÓN DE UN LABORATORIO

Pensando que el esfuerzo y la dedicación de formar un laboratorio podían desaprovecharse cuando cualquier circunstancia cambiara, con Judith Desimoni iniciamos los larguísimos trámites necesarios para que se creara institucionalmente un laboratorio cuyo destino dependiera de la decisión académica del Consejo Directivo y no de cuestiones fortuitas. Tomando lo que entonces era el Laboratorio de Espectroscopía Mössbauer y el Laboratorio de Magnetismo, solicitamos la creación de uno nuevo.

Después de un largo proceso el Consejo Superior de la UNLP creó el actual Laboratorio de Aplicaciones del Efecto Mössbauer y Magnetismo de la UNLP, LAEMM, en agosto de 2005 y se me nombró director en marzo de 2006. En el laboratorio se han efectuado investigaciones que han cubierto esencialmente tres áreas: óxidos de hierro, metalurgia y catalisis. Hemos incursionado también en óxidos complejos, minerales, suelos y aplicaciones al medio ambiente con una muy buena producción científica y, solamente bajo mi dirección o codirección, se han formado ocho doctores de la Facultad de Ciencias Exactas y numerosos licenciados.

Aparte de haber logrado que ahora exista un laboratorio institucionalmente reconocido en el Departamento, tengo la alegría de ver que dos excelentes investigadores que se formaron conmigo, Gustavo Marchetti y Silvana Stewart, se han hecho cargo de la dirección de hecho de los laboratorios de Espectroscopía Mössbauer y de Magnetismo, respectivamente –Silvana con Fabiana Cabrera como codirectora.

■ LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

El pensamiento científico es fundamental no sólo para el desarrollo social sino para el individual de cada persona. Sin embargo, las instituciones de enseñanza no ayudan a que esto ocurra. La realidad actual es muy parecida a la que describía Víctor Mercante en el siglo XIX (Mercante, 1893) quien encontraba que, aún sin tomar en cuenta la forma y los métodos de la educación, ya los mismos programas que se enseñaban no eran científicos sino literario-clásicos y que no servían *para formar físicos, químicos, naturalistas, artistas, industriales o sociólogos que sepan digerir los hechos sociales*. Notaba que no preparaban a los estudiantes *para ver y estudiar la tierra que pisan y lo que pasa a su alrededor*. Fue así que, simultáneamente con mi preocupación por hacer investigación científica con el mayor rigor posible, tomé como un llamado imperioso el cambio de la forma en que se enseñaban las ciencias y la física en particular. Compartía (sin saberlo en ese momento) el pensamiento de Houssay (Houssay, 1958): *La enseñanza universitaria no es una simple transmisión de conocimientos adquiridos, sino que debe preparar a los alumnos para que se instruyan toda la vida, tengan iniciativa, juicio correcto, amor a su profesión y que sean capaces*

de encontrar problemas nuevos y resolverlos acertadamente.

Habiendo sido formado en una educación completamente tradicional, a los treinta y un años obtuve por concurso interno del Departamento un cargo de Profesor Adjunto. La materia que debía dictar, y que estaba totalmente a mi cargo, era un curso anual de Física General para 350 alumnos de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo. El programa abarcaba toda la física, comenzando con cinemática y finalizando con física nuclear. Debido a la casi total ignorancia de los alumnos en matemáticas muy básicas –aún en la actualidad no saben la ecuación de la línea recta y necesitan de la tecla '%' para poder calcular un porcentaje– y al entrenamiento que los estudiantes de ciencias naturales tienen para materias como las taxonomías, las 36 bolillas de física eran otro libro para memorizar sin comprender ningún concepto.

Las materias de los años superiores que necesitaban de algunos conceptos físicos, por ejemplo, el funcionamiento de los microscopios en botánica y geología, o las ecuaciones de un circuito de corriente alterna que se usan como analogía de reservorios energéticos naturales en ecología, tenían que dedicar un par de meses para que los estudiantes adquirieran esos conocimientos. Como es materialmente imposible en un solo año que un alumno adquiriera tal cúmulo de conocimientos, pregunté a cada profesor de materias correlativas de física qué concepto podríamos enfatizar en nuestras clases de física y cuál no sería tan importante para su asignatura. La respuesta de todos los profesores fue que los alumnos debían saber 'mucho física', pero no pudieron elegir nada en particular. En realidad, la física general parecía su-

perflua, ya que nadie esperaba que los estudiantes adquirieran ningún conocimiento útil durante su curso y aquéllos necesarios más adelante tendrían que aprenderlos en su momento.

Frente a esa realidad, pensé que la física podría servir más como introducción al pensamiento científico que para memorizar tópicos y manejo de instrumentos cuyos principios los alumnos ignoraran totalmente y luego tendrían que estudiar a la hora de usarlos en cada materia de años superiores. Propuse y conseguí que se aprobara que el número de temas pasara de 36 a 14. Aun así, los estudiantes de ciencias naturales detestaban la física y, probablemente por sus recuerdos de la escuela secundaria, se sentían *a priori* incapacitados para poder comprender nada. Al fin y al cabo, muchos de ellos ¡habían elegido ciencias naturales para huir de la física!

A principios de la década de 1980 habían comenzado a aparecer publicaciones provenientes de distintos países que demostraban que los estudiantes de física no llegan al aula como *tabula rasa*, sino que piensan los fenómenos naturales que estudia la física con categorías impregnadas por los conceptos aristotélicos que todavía en la actualidad prevalecen en nuestras sociedades. Para poder poner de manifiesto esos preconceptos es suficiente efectuar encuestas conceptuales anónimas sobre muchos tópicos que se enseñan en física general. Osvaldo Cappannini, quien era uno de los Jefes de Trabajos Prácticos que tenía la cátedra, me propuso esa idea que abracé entusiasmado.

Aparte de haber sido docentes desde nuestros años de alumnos, no teníamos ninguna formación pedagógica y los conceptos importantes para aquellos pedagogos que

consultamos diferían totalmente de nuestros propósitos. Los conductistas premiaban al mejor repetidor y los constructivistas buscaban una mayor eficiencia en la manera de enseñar. Ninguno apuntaba a estimular la curiosidad, la creatividad, la motivación de los estudiantes. Nadie tenía como objetivos fomentar la participación, la discusión de ideas, la defensa de argumentos y el crecimiento de los estudiantes como personas en un ambiente de respeto. De esa manera tratamos de seguir los lineamientos que nos parecían practicables, sin vulnerar los reglamentos de la universidad, pero introduciendo modificaciones en la formas y actitudes con que dictábamos nuestras clases.

De todos modos, siendo conscientes de que la motivación y creatividad no se pueden imponer, de que existen en todo curso muchos estudiantes que prefieren la enseñanza tradicional y de que es esencial lograr la participación de los docentes en forma comprometida con el modo en que se imparte la enseñanza, dimos libertad a los estudiantes y docentes de elegir, dentro de la numerosa cátedra, qué comisiones eran sus preferidas. A pesar de que yo dictaba para los 350 alumnos una sola clase teórica –siempre tratando de hacer demostraciones con los pocos instrumentos que habían quedado de los miles que disponía el Departamento en su fundación– esas comisiones tenían su Jefe de Trabajos Prácticos y sus Ayudantes. Cada uno elegía voluntariamente su manera de cursar la materia en propuestas que, al principio del semestre, se explicaban a todos los alumnos. La existencia de esos cursos tradicionales fue esencial para el éxito de la nueva forma de enseñanza-aprendizaje que queríamos poner en práctica.

En cuanto a nuestro cambio

de actitud en el aula, en sucesivos cursos fuimos adaptando a nuestra realidad los resultados de las investigaciones que leíamos en las últimas publicaciones. Siguiendo nuestras ideas, fuimos dando a los alumnos que habían elegido las comisiones innovadoras cada vez más protagonismo. Fuimos cambiando nuestro rol de docentes depositarios de todo el conocimiento y de *la* verdad hacia el de orientadores de ideas que favorecieran la aplicación sistemática de la metodología científica.

■ EL TALLER DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

La empresa de crear un Taller de enseñanza de la física junto con Osvaldo Cappannini fue un audaz proyecto empezado en 1984. No tuvimos el asesoramiento de ningún pedagogo, quienes desalentaron nuestras intenciones. En 1985 en lugar de hacer prácticas de laboratorio tipo receta de cocina, decidimos que los alumnos que así lo quisieran, podrían agruparse en comisiones de aproximadamente cuatro estudiantes y realizar proyectos de investigación en las materias de su interés guiados por profesores de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo. La cátedra de física general serviría para aportar los instrumentos, los fundamentos metodológicos y asegurar la metodología científica.

Para citar solamente uno de los varios proyectos que se realizaron, el Profesor Titular de la cátedra de Paleontología II, Eduardo Tonni había descubierto unos años antes en las salinas grandes de Hidalgo, La Pampa, restos fósiles del ave más grande conocida aún hasta hoy, la *Argentavis magnificens*. Sin embargo, no estaba claro qué tipo de ave habría sido, por ejemplo, corredora o voladora, ni qué tipo de dieta habría tenido. Nuestros alumnos recorrieron todas las colecciones de hue-

sos de aves que pudieron –en particular, fueron muy bien atendidos en el Museo Bernardino Rivadavia de la Ciudad de Buenos Aires– y midieron las relaciones de longitud a diámetros de los húmeros y radios de todas las aves vivientes para determinar en qué categoría podía estar la *Argentavis magnificens*. El único antecedente de un estudio similar era una publicación de la *Smithsonian Institution* de 1928.

Treinta y tres años después de aquellos cursos todavía queda un grupo que prosigue con la misma forma de dar clase que ha transformado la enseñanza en muchas áreas de las facultades de Ciencias Naturales y Museo y de Ciencias Exactas de la UNLP. Innovaciones que introdujimos entonces en nuestros cursos, como las encuestas docentes que comenzamos en 1984, hoy son obligatorias en la FCE-UNLP. Se creó una mayor conciencia de la importancia de las prácticas de laboratorio, se emprendieron proyectos diseñados por alumnos.

La experiencia del Taller ha sido usada para realizar varias tesis doctorales en enseñanza de las ciencias. Hay varias cuestiones que fueron pioneras en la década de 1980 y que hoy están aconsejadas por sociedades científicas como la *American Physical Society*. Por ejemplo, dar clase en aulas planas, trabajar en equipos tanto de docentes como de estudiantes o modificar la forma de dar física en colegios secundarios. También ha habido cambios en la forma en la que se enseña física experimental en el Departamento de Física, en donde se ha creado el Laboratorio de Enseñanza de la Física.

Los principios en los que basamos desde el comienzo nuestra enseñanza es que los ejercicios conceptuales debían darse además de los conocimientos tradicionales y

no en lugar de éstos. En esa dirección, en 2001, junto con Julio Benegas, Graciela Punte, Nieves Baade y Pablo Mercader, traducimos los Tutoriales de Lilian McDermott de la universidad de Seattle al castellano (Mercader, 2001). Por equívocas posturas políticas, se desechó la posibilidad de trabajar en conjunto con la gente de Seattle a raíz de que se pensó que nuestros alumnos no debían servir de conejillos de Indias de nadie.

Ese tipo de esquema de pensamiento rígido es muy común en la actualidad entre los investigadores de lo que se llama la *Physics Education Research* (PER). A pesar de que ahora la *American Physical Society* publica desde 2005 una sección especial, *Physics Education Research*, en su muy prestigiosa revista *Physical Review*, la mayoría de los profesores siguen sin aceptar formas distintas de enseñar física. Probablemente, la inflexibilidad en los métodos sugeridos por la PER sea la causa por la que no se logra cambiar universalmente el modo tradicional y dogmático de dictar las clases de física en todos los niveles educativos. Otro motivo puede ser que dar clase al modo de nuestras propuestas y las de los grupos que hacen PER en todas partes es mucho más trabajoso, no está recompensado o estimulado ni económica ni académicamente, y hay que hacerlo robando horas al descanso o a otras actividades que sí sirven para avanzar en una carrera académica.

■ CONCLUSIONES

A pesar de la reputación y de la tradición del Departamento de Física, las metas científicas iniciales no se mantuvieron en el tiempo y los físicos experimentales de mi generación nos tuvimos que formar como autodidactas, sin cursos de materias de postgrado apropiadas, sin planes

de tesis adecuados y sin ningún investigador de prestigio que nos mostrara el camino que se debía seguir para hacer investigación seria.

Instalar y mantener en funcionamiento laboratorios experimentales en las condiciones del Departamento fue una actividad que consumió casi todo el tiempo de mi vida académica sin que ese esfuerzo haya sido reconocido adecuadamente por parte de los colegas ni de las comisiones asesoras.

No obstante, a pesar de todas las condiciones adversas que en alguna medida han quedado reflejadas en estas páginas, siento mucha satisfacción por lo realizado. Logramos crear el primer laboratorio constituido institucionalmente en el Departamento de Física basado en dos laboratorios inexistentes al comienzo de mi carrera, el de espectroscopía Mössbauer y el de Magnetismo.

Asimismo hemos contribuido a llevar a países hermanos, sin tradición en la investigación, una visión científica de cómo avanzar en ese camino y desarrollar proyectos alrededor de algo tan apropiado para nuestra realidad como la espectroscopía Mössbauer. Esto ha sido muy apreciado y reconocido por una comunidad de científicos latinoamericanos que se ha formado con un entusiasmo que no se ve en otras latitudes.

Me siento pertenecer al grupo de personas que queremos seguir a González o a Houssay, y que, a pesar de las dificultades, de nuestras propias limitaciones, de nuestra mucha o poca preparación, intentamos hacer lo que está a nuestro alcance para lograr un mundo de personas más plenas y más libres, que sean ciudadanos de una sociedad más justa, más solidaria, que les dé más oportunidades de crecimiento y rea-

lización personal.

Si bien queda mucho por andar, hemos sembrado en nuestros estudiantes la idea de que el país se beneficia con la existencia y funcionamiento de laboratorios de investigación experimentales y que la enseñanza de la ciencia es un aspecto central de la vida académica. La aplicación de la investigación científica a temas concretos de nuestra realidad está teniendo últimamente un giro favorable, pero todavía subsiste el problema de cómo evaluar la seriedad de los proyectos.

Nuestra convicción se ha basado en que tanto la realización de investigaciones como la formación de estudiantes residen en el respeto, en el fomento de la creatividad, en el rigor científico, en el trabajo grupal. Si bien las modificaciones que se verifican parcialmente en la forma de enseñar en la facultad son pequeñas, tenemos la esperanza de que varias instituciones que también siguen lineamientos similares en otros puntos de nuestra geografía, percolen en algún momento e influyan para que nuestro país pueda encontrar en la ciencia un camino que sirva para transformar nuestra realidad, para ampliar y enriquecer la vida de sus ciudadanos, para abrir la imaginación y liberar a nuestra sociedad de los lazos de la ignorancia y de la superstición.

■ BIBLIOGRAFÍA

Apella M.C., Baran E.J., Etcheverry S.B., Mercader R.C. (1983) *IR and ^{119}Sn Mössbauer spectra of some tin(II) phosphates*. Monatshefte für Chemie **114**, 1149-1159.

Bengoia J.F., Alvarez A.M., Bianchi A.E., Punte G., Vandenberghe R.E., Mercader R.C., Marchetti S.G. (2010) *The Morin transition in nanostructured pseudocubic hematite: effect of the intercrystallite magnetic exchange*. Materials Chemistry and Physics **123**, 191-198.

Cagnoli M.V., Marchetti S.G., Gallagos N.G., Alvarez A.M., Mercader R.C., Yeramián A.A. (1990) *Influence of the support on the activity and selectivity of high dispersion Fe catalysts in the Fischer-Tropsch reaction*. Journal of Catalysis **123**, 21-30.

Caracoche M.C., López García A.R., Martínez J. A., Mendoza Zélis L.A., Mercader R.C. (1982) *Time differential perturbed angular correlations investigations of phase transitions and dynamical effects in K_2HfF_6* . Physical Review B **25**, 5972-5976.

Houssay, B.A. (1958) *La libertad académica y la investigación científica en la América Latina*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales **10**, X-XXI.

Isnardi, T. (1916) Memoria de la Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Astronómicas, año 1916, p. 54.

López García A.R., Bibiloni A. G., Caracoche M.C., Martínez J. A., Mercader R.C., Pasquevich A.F., Dymont F. (1979) *Application of TDPAC technique to diffusion models: diffusion mechanism of Ag in In*. Journal of Physics: F **9**, 1283-1293.

Mercader R.C., Caracoche M.C., Mocoora A.B. (1972) *Excitation functions for the production of ^{90}Nb and ^{88}Y by irradiation of zirconium with deuterons*. Zeitschrift für Physik **255**, 103-111.

Mercader R.C., Terminiello L., Long G.J., Reichel D.G., Dickhaus K., Zysler R., Sánchez R., Tovar M. (1990) *A Mössbauer effect and*

neutron diffraction study of the magnetic properties of NaFeP_2O_7 . Physical Review B **42**, 25-32

Mercader R.C., Punte G., Baran E. (1990) *Mössbauer study of Sn-doped Y_2BaCuO_5* . Solid State Communications **74**, 943-945

Mercader R.C. Coordinador de la Traducción y Revisión Técnica (2001) *Tutoriales para Física introductoria*, McDermott L.C., Schaffer P.S. & Physics Education Group, Serie Innovación Educativa. Prentice Hall y Pearson Educación, Buenos Aires, ISBN: 987-9460-58-8

Mercante V. (1893). *Museos escolares argentinos y la escuela moderna*, Buenos Aires, 14-16.

Mössbauer R. L. (1958). *Kernresonanzfluoreszenz von Gammastrahlung in Ir^{191}* . Zeitschrift für Physik **151**, 124-143.

Otozai, K., Kume, S., Koyama, M., Mitsuji, T., Nishi, T., Fujiwara, I. (1966) *Excitation functions for the reactions induced by deuterons on ^{142}Ce up to 14.2 MeV*. Nuclear Physics **81**, 322-338.

Peaslee D.C. (1948) *Deuteron-Induced Reactions*. Physical Review **74**, 1001-1013.

Qiu Z.Q., Gutierrez C.J., Wiczorek M.D., Tang H., Mercader R.C., Walker J.C. (1991) *Two-dimensional spin waves excitations in MBE grown $\text{Fe}(110)/\text{Ag}(111)$ multilayers*. Journal of Applied Physics **69**, 5286-5288

Vucetich H., Mercader R.C., Lozano G., Mindlin G., López García A.R., Desimoni J. (1988) *Mössbauer null red-shift experiment*. Physical Review D **38**, 2930-2936.

El artículo 41 de la Constitución Nacional expresa:

Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano, y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes, sin comprometer las de las generaciones futuras.

Para ello, trabajamos en el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3iA) en docencia, investigación y desarrollo tecnológico.

3iA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL
www.unsam.edu.ar