

CONTRIBUCIÓN A LOS PAÍSES DE ORIGEN DE CIENTÍFICOS CON FORMACIÓN EN CENTROS EXTRANJEROS. REPERCUSIÓN DE LA ESCUELA DE ANDRÉ GUINIER EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO DE LA ARGENTINA Y DEL BRASIL

Palabras clave: André Guinier, desarrollo científico, formación avanzada.
Key words: André Guinier, scientific development, advanced formation.

La formación en universidades y entes de investigación de América Latina ha sido frecuentemente integrada al sistema científico-tecnológico internacional en el cual investigadores y profesionales en general han podido alcanzar niveles competitivos con los colegas de centros más avanzados. Sin embargo, la contribución del personal de este nivel al desarrollo científico-tecnológico de los propios países, que debería incluirse entre los objetivos prioritarios de los programas de alta formación, es parte de un proceso complejo que no ha sido suficientemente analizado. Dicho proceso depende de numerosas variables, no siempre bien caracterizadas, entre las cuales se deben considerar las opciones personales, las condiciones de cada país y, no último, las características de las escuelas y los respectivos maestros en las cuales dicho personal se ha desempeñado. En el presente artículo nos proponemos ilustrar, mediante las experiencias personales de sus autores, la importancia de una escuela y de su líder intelectual, André Guinier, así como de variables locales en la contribución al desarrollo científico y tecnológico de Argentina y Brasil. Sobre la base de este análisis particular, se tratará de obtener indicaciones a tener en cuenta en la decisión de favorecer la formación avanzada de graduados en universidades locales, en universidades u otros centros del sistema científico internacional.

Training at Latin American universities and research bodies has often been encompassed within the international science and technology system, thanks to which researchers and professionals in general have been able to attain levels competitive with colleagues from more advanced centres. However, the contribution of these highly qualified people to the scientific and technological development of their own countries, which should be one of the priority targets of further training programmes, is part of a complex process that has not been analysed in sufficient detail. This process is dependent on multiple factors, not always appropriately characterized, including personal choices, the general situation of each Country and the features of the schools and the respective teachers where the advanced training took place. This article illustrates, through the personal experiences of its authors, the significance of one school and its intellectual leader, André Guinier, in addition to the local variables in the contribution to science and technology development of Argentina and Brazil. The purpose of the analysis of this particular case is to make explicit some variables that should be considered, as a matter of priority, in the decision of fostering advanced training of graduates from local universities at centres of the international scientific system.

■ 1. INTRODUCCIÓN

El intercambio de personas entre escuelas y centros de investigación de distintos países ha sido siempre

fundamental para la creación científica y ejerció fuerte influencia en los procesos de innovación con potenciales efectos sobre el desarrollo

socioeconómico. En particular, un gran número de graduados latinoamericanos en disciplinas científicas y tecnológicas han frecuentado uni-

■ Alberto Bonfiglioli (1) y Aldo Craievich (2,*)

(1) Consultor en Gestión de la Innovación, Roma (Italia)

(2) Profesor Senior, Instituto de Física, Universidad de San Pablo, San Pablo, Brasil

E-mail: craievich@if.usp.br

(*) Autor corresponsal

versidades e instituciones de investigación y desarrollo de otros países, consideradas de más alto nivel.

Frecuentemente en las instituciones de los países de origen existen, o pueden establecerse fácilmente, contactos con las organizaciones científico-tecnológicas de alta calidad hacia dónde orientar los candidatos para una formación avanzada. Por otro lado, al menos hasta épocas recientes, existía un acceso relativamente fácil a becas, contratos temporales u otros instrumentos indispensables para sostener los gastos de viaje y estadía en las organizaciones consideradas.

En cambio, crear condiciones favorables para una contribución efectiva al propio país de origen del personal formado en centros del sistema científico-tecnológico internacional es, hoy como en el inmediato pasado, una cuestión más compleja y difícil de afrontar. Lo han experimentado en la práctica quienes regresaron al propio país después de un periodo de trabajo en uno de tales centros. La cuestión se presenta, con modalidades quizás diferentes, también en los países a los que se atribuye un mayor grado de desarrollo. Aún hoy, cuando no existen eventos tan dramáticos como los que afectaron a Europa en el siglo pasado, numerosos científicos emigran para completar su formación o trabajar permanentemente en condiciones que consideran más favorables que las existentes en su propio país.

Algunas variables que determinan o condicionan el desarrollo científico-tecnológico de un país pueden ser fácilmente imaginadas pero en general todas son difíciles de caracterizar. Se justifican pues los esfuerzos para explicitar al menos algunas de ellas que deberían ser tenidas prioritariamente en cuenta

por las instituciones de los países de origen y por las organizaciones que proveen becas y otros instrumentos que permiten la frecuentación de universidades y otros centros considerados más avanzados. Explicitar tales variables es hoy una urgente necesidad debido a las dificultades por las que atraviesan los sistemas científicos, agudizadas por la pesada crisis económica que desde hace ya casi un decenio afecta a los países que se consideraban más desarrollados.

En el presente artículo se describen las experiencias de los autores, quienes después de la graduación en física en Argentina, realizaron sus trabajos de tesis de doctorado en la escuela del profesor André Guinier en la *Université Paris-Sud*, Orsay, regresando después al país de origen, del que años después emigraron para continuar las propias actividades en otros países. Aún cuando los casos particulares, como el que aquí se considera, tienen siempre una validez limitada, ellos permiten explicitar algunas de las variables a considerar en la promoción de la formación internacional de jóvenes graduados.

■ 2. EL CASO CONSIDERADO

Los autores de este artículo se graduaron en el Instituto de Física de Bariloche, sudoeste de Argentina (hoy Instituto Balseiro), en 1959 (AB) y en 1964 (AC). Ambos optaron inicialmente por la orientación en física del estado sólido y sus aplicaciones a la metalurgia física, hoy considerada parte de la física de la materia condensada y la ciencia de materiales. Estas disciplinas generalmente no se trataban en las escuelas de física de la época, que eran orientadas preponderantemente hacia la física atómica y nuclear.

El Instituto Balseiro, fue creado

en 1955 en base a un acuerdo entre la Universidad Nacional de Cuyo (UNC) y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Esta última institución tenía en esa época una urgente necesidad de personal científico formado en una variedad amplia de disciplinas para llevar a cabo los ambiciosos programas que se había prefijado. La adopción en los *curricula* del Instituto Balseiro de las entonces nuevas materias de física del estado sólido y más específicamente de metalurgia física se debió a la visión de largo alcance de dos protagonistas principales en la implementación de esas disciplinas: Jorge Sábato, bajo cuya dirección la CNEA había iniciado el desarrollo de materiales para reactores nucleares y José A. Balseiro, fundador y director del Instituto que hoy lleva su nombre.

Desde su fundación, el Instituto Balseiro había adoptado una clara política de internacionalización que facilitaba el perfeccionamiento de sus graduados en los centros internacionales de mayor prestigio. En áreas como la física de estado sólido y metalurgia física, disciplinas que habían tenido hasta principios de la década de 1960 un desarrollo muy limitado en el país, fue necesario recurrir a la colaboración de científicos extranjeros, provenientes de escuelas internacionalmente reconocidas.

De particular importancia resultó la colaboración con instituciones argentinas del profesor Robert Cahn, un distinguido metalurgista británico de origen alemán, que se mantuvo desde 1958 hasta su fallecimiento en el 2007 (Cahn, 2001). Como parte de esa colaboración, Cahn dictó en 1959 un curso de metalurgia física en el Instituto Balseiro; el primero que se dictaba sobre esta disciplina en una escuela argentina de física. Dirigió además trabajos finales de

graduación de varios estudiantes.

El curso de Robert Cahn fué el origen indirecto de la fructífera colaboración de un prestigioso físico y cristalógrafo francés, André Guinier con investigadores e instituciones argentinos y brasileños, que se detallará en este artículo. Las principales realizaciones de André Guinier son presentadas en el Apéndice y una semblanza de su persona fue publicada por Cahn (2002).

3. CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO CIENTÍFICO EN LA ARGENTINA

Teniendo en cuenta la orientación preponderante en las escuelas de física a mediados del siglo pasado, las contribuciones científicas de Guinier a la física del estado sólido, pese a la relevancia de las mismas, en la época no eran conocidas en el Instituto Balseiro de Bariloche. Robert Cahn, en su curso hizo una presentación entusiasta de esas contribuciones, basadas esencialmente en la observación y el análisis de la dispersión difusa de rayos X fuera de los máximos de difracción (picos de Bragg) producidos por la materia cristalizada. Este tipo de observaciones requirió desarrollar nuevos métodos experimentales y teóricos que permitieron evidenciar y caracterizar los desórdenes estructurales de los sólidos a nivel atómico, esenciales para la interpretación de sus propiedades físicas, con implicaciones de relevancia tecnológica.

Poco más tarde Cahn hizo los contactos necesarios para que uno de los autores (AB) fuera aceptado para trabajar bajo la dirección de Guinier y, gracias a su apoyo y al de la CNEA, obtuvo en 1960 una beca del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Durante sus tres años de estadía en el *Service de Physique des Solides* de la Facul-

tad de Ciencias de Paris-Orsay, hoy *Laboratoire de Physique des Solides* (LPS) de la *Université Paris-Sud*, que Guinier mismo había contribuido a crear, estudió las distribuciones atómicas locales en aleaciones de aluminio mediante la difusión de rayos X a pequeños ángulos a baja temperatura, trabajo que constituyó su tesis de doctorado. La guía de Guinier, aparentemente distante, inducía en los jóvenes investigadores de su escuela a desarrollar la propia creatividad, lo que era favorecido por la atmósfera estimulante de camaradería que prevalecía en sus laboratorios. Guinier, que en la época era Director del LPS y Decano de la *Faculté des Sciences de Paris* en Orsay, mantenía una actitud diferente de la del "grand patron", que era frecuente entre los profesores franceses de prestigio, y no descuidaba los problemas de la vida diaria que debía afrontar un estudiante proveniente de un país lejano con una modesta beca.

A fines de 1963, AB regresó a Argentina en donde formó un grupo de investigaciones mediante técnicas de dispersión y difracción de rayos X en la Gerencia de Tecnología de la CNEA, dirigida en la época por Jorge Sábato. Al mismo tiempo tuvo que elaborar una considerable masa de datos experimentales obtenidos previamente en Orsay. Una carta de Guinier de once páginas fue una fantástica guía para la interpretación de esos datos evidenciando una vez más sus cualidades de maestro. En 1965, el trabajo iniciado en Orsay y completado en Buenos Aires, fue presentado como tesis doctoral a la Universidad Nacional de Cuyo y expuesto ante un jurado del cual formó parte Guinier, que ese año había sido invitado para dictar una materia en el curso Panamericano de Metalurgia, organizado anualmente por la CNEA para graduados universitarios latinoamericanos.

Durante su visita a Argentina en 1965, Guinier dictó seminarios y conferencias en varias instituciones e inició en particular una fructífera relación con el Instituto de Matemática, Astronomía y Física (IMAF), actualmente Facultad (FaMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba, dirigido en la época por Alberto Maiztegui. Teniendo en cuenta la amplia variedad de aplicaciones de los métodos desarrollados por la escuela de Guinier, se consideró que convenía crear un nuevo laboratorio en Córdoba para alcanzar una masa crítica en la Argentina sobre el empleo de los métodos de difracción y dispersión de rayos X en distintas áreas disciplinarias.

Uno de los autores de este artículo (AC), que en 1965 había iniciado sus actividades científico-docentes en el IMAF, fue seleccionado por la Dirección de ese Instituto para realizar su trabajo de tesis de doctorado también, como el otro autor, en el LPS de la *Université Paris-Sud* bajo la dirección de Guinier. Así, desde agosto de 1966 hasta enero de 1969 AC trabajó en el LPS de Orsay realizando investigaciones sobre la descomposición a bajas temperaturas de soluciones sólidas PbSn y sobre los efectos estructurales producidos por la dezincificación de aleaciones CuZn-alfa. Los resultados correspondientes al estudio de las aleaciones CuZn fueron presentados como tesis doctoral de AC en el Instituto Balseiro de la Universidad Nacional de Cuyo en 1969.

En el período transcurrido entre 1959, cuando las importantes contribuciones de Guinier eran casi desconocidas en Argentina, y los años 1970, época en la cual los laboratorios de rayos X de la CNEA en Buenos Aires y en el IMAF en Córdoba ya estaban en funcionamiento, fueron realizadas cuatro tesis doctorales y doce tesis de master, presentadas en

distintas universidades argentinas, sobre transformaciones en escala atómica de aleaciones estudiadas mediante dispersión a pequeños ángulos y dispersión difusa de rayos X. Estos trabajos dieron origen a doce publicaciones en revistas con *peer review* y varias comunicaciones en congresos internacionales.

Como parte de sus respectivas misiones, los Laboratorios de Rayos X de la Gerencia de Materiales de la CNEA y de FaMAF, debían responder también a requerimientos derivados de otras actividades que implicaban el uso de técnicas de rayos X tales como, en el caso del Laboratorio de la CNEA, de estudios de materiales nucleares, determinaciones de tensiones internas y texturas en metales y aleaciones.

El Laboratorio de Rayos X del FaMAF comenzó a operar en 1969, poco después del regreso de AC de Francia, y sus actividades fueron dirigidas principalmente al estudio estructural de materiales vítreos mediante la técnica de dispersión de rayos X a pequeños ángulos, que fue el método principal utilizado por los dos autores durante sus tesis dirigidas por Guinier. Numerosos alumnos del FaMAF se integraron al Laboratorio y algunos de ellos fueron posteriormente a realizar sus tesis al exterior. Uno de ellos, Oscar Taurián, como los autores de este artículo, también fue a realizar su tesis al LPS de la Université Paris-Sud. Otro alumno de esa época, Juan Miguel Sánchez fue encaminado a realizar su tesis en la Universidad de California en Los Ángeles sobre teoría de transformaciones de fases en materiales, colaboró después durante muchos años en varios trabajos científicos con AC y es actualmente *Vice-President for Research of the University of Texas at Austin*. Mayores detalles sobre la actividades desarrolladas durante esa época en

FaMAF y sobre la colaboración entre esa institución y CNEA en el área de materiales fueron descriptas por Bonfiglioli y col. (1972).

Los nuevos laboratorios de la CNEA y del IMAF dedicados a la investigación de materiales, inspirados en la escuela de Guinier, trataban de responder esencialmente a criterios y necesidades locales. Por otro lado, Guinier continuó dando a estos laboratorios apoyo y una guía crítica y estimulante. Logró también activar mecanismos de la cooperación francesa que permitieron adquirir nuevos instrumentos. Durante sus visitas a la Argentina, colaboró con las autoridades responsables de la CNEA y de la Universidad Nacional de Córdoba transmitiendo su visión sobre el esfuerzo que debe ser dedicado a la investigación básica y a sus implicaciones en las aplicaciones tecnológicas. Contribuyó también a elaborar programas específicos de formación que fueron integrados a los cursos Panamericanos de Metalurgia organizados por la CNEA.

■ 4. LOS AÑOS 1970. DIVERSIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y EMIGRACIÓN DE LOS AUTORES.

Desde principios de la década de 1970 las actividades de los autores se diversificaron. Uno de ellos (AB) después de un periodo como investigador post-doctoral en la Universidad Cornell de los EE.UU. ocupó una posición gerencial en el área de investigación y desarrollo de la empresa argentina de producción de aluminio ALUAR. El otro autor (AC), en el año 1973 emigró al Brasil donde se desempeñó como investigador y profesor, inicialmente en el *Instituto de Física e Química* de la *Universidade de São Paulo*, en São Carlos (estado de São Paulo).

AC realizó siempre investigación y enseñanza en campos afines a los

del área de su tesis desarrollada bajo la dirección de Guinier. Después de su tesis volvió a trabajar por dos períodos anuales en la Université Paris-Sud, en Orsay, en 1976 en el LPS y en 1981 en el laboratorio de luz sincrotrón LURE. De regreso al Brasil en 1982, se desempeñó como investigador en el *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas* (CBPF) de Rio de Janeiro. Durante la década de 1987 a 1997 fue vicedirector y jefe del departamento científico del Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón (LNLS) en Campinas. En 1997 ingresó al Instituto de Física en la Universidad de San Pablo (IF-USP), donde se jubiló en 2009 y continúa actualmente trabajando como profesor senior.

A principios de 1978 AB también dejó la Argentina. Trabajó primero como investigador senior en la *Science Policy Research Unit* de la *Universidad de Sussex*, ocupándose de las estrategias de la innovación relacionadas con la eficiencia energética y los efectos ambientales en las industrias de materiales. Desde 1980 está radicado en Italia, en donde ocupó posiciones gerenciales en la industria y actuó como asesor en el *Ministero dell'Università e della Ricerca*, dedicándose en particular a la negociación y ulterior implementación de un vasto programa financiado por los fondos estructurales de la Unión Europea. Después de su jubilación continúa actualmente sus actividades colaborando con empresas y entes de investigación y desarrollo, dentro de programas de la Unión Europea (UE) y de otras organizaciones internacionales.

Pese a sus diferentes trayectorias profesionales, ambos autores reconocen la validez y la importancia de la formación adquirida bajo la dirección de Guinier, que los preparó intelectualmente no sólo para actividades específicas de investigación y

docencia sino también para afrontar una variedad amplia de actividades que ambos desarrollaron en países y ambientes muy diferentes.

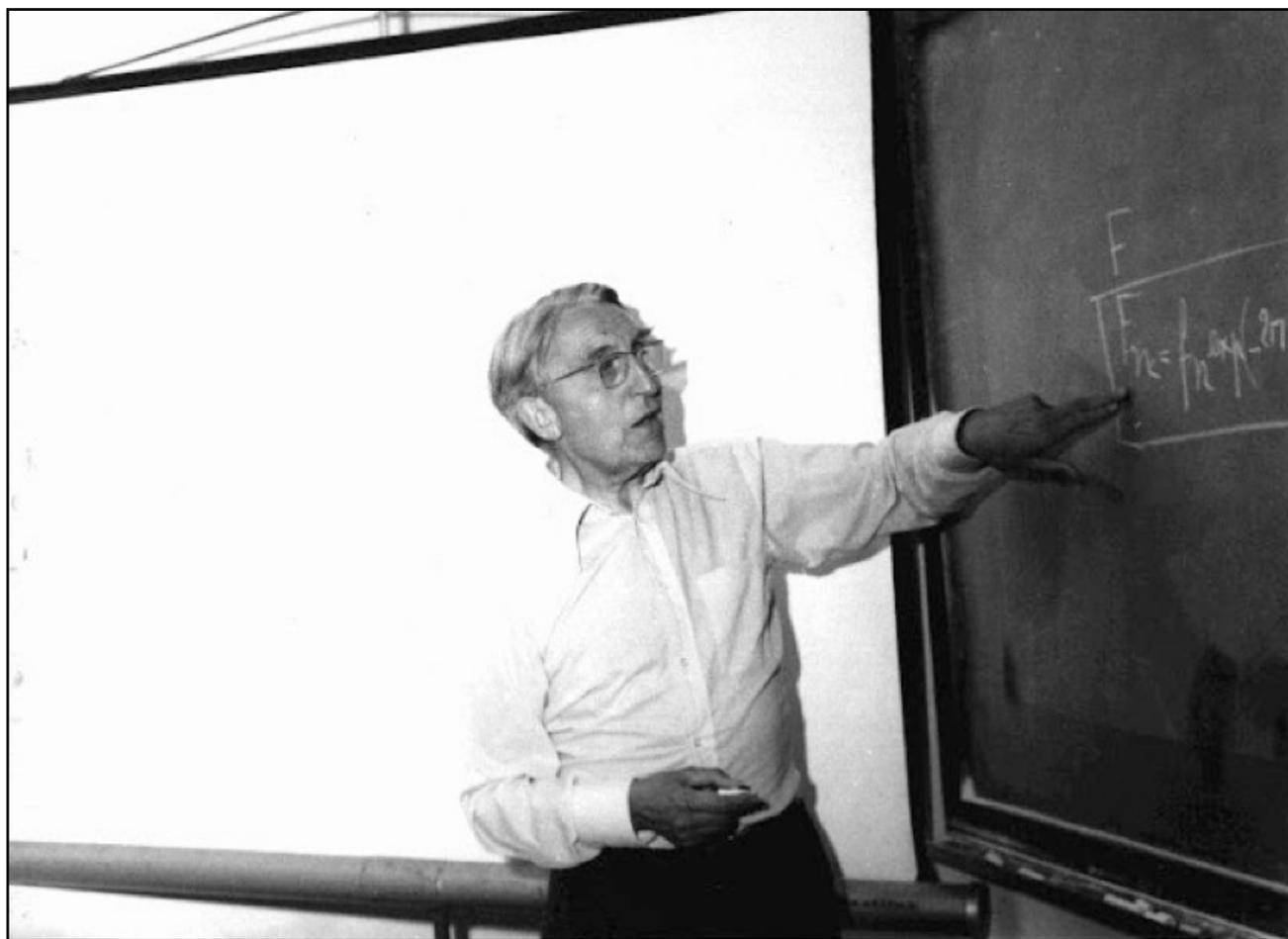
Durante la segunda mitad del siglo pasado, la situación general de la Argentina y del Brasil, así como la de otros países de América Latina, presentaban características similares. Sin embargo, los sistemas científicos de esos países evolucionaron de forma diferente. En Brasil, pese a las características del régimen imperante en la época, las capacidades científicas en sus múltiples aspectos se desarrollaron con notable continuidad, lográndose atraer un buen número de científicos extranjeros. En la Argentina habían florecido escuelas de nivel científico internacionalmente reconocido

pero fueron severamente afectadas por la dramática crisis que perjudicó a todos los sectores de la sociedad argentina. Como consecuencia de estas diferencias, las contribuciones de Guinier a partir de la década de 1970 se manifestaron con mayor claridad y continuidad en el Brasil que en la Argentina.

■ 5. CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO CIENTÍFICO EN BRASIL

En 1974 Guinier fue invitado para participar en congresos y visitar diversas instituciones de investigación en el Brasil. Su participación en la Reunión Anual de la Sociedad Brasileña para el Progreso de las Ciencias que se realizó en Recife, le permitió entrar en contacto con la comunidad científica de ese país.

Visitó el *Instituto de Física e Química* de São Carlos donde se habían iniciado investigaciones utilizando, por primera vez en Brasil, la técnica de dispersión de rayos X a pequeños ángulos. En ese Instituto, Guinier dictó además un curso sobre cristalografía, focalizando en particular los estudios de defectos cristalinos mediante dispersión difusa de rayos X y dispersión de rayos X a pequeños ángulos. Este conjunto de actividades representó un fuerte estímulo para el desarrollo de investigaciones no convencionales de materiales, mediante técnicas de dispersión de rayos X, particularmente en los todavía incipientes laboratorios de cristalografía que se estaban creando o iniciaban su consolidación en São Carlos, Campinas y São Paulo.



André Guinier dando un Curso de Cristalografía durante su visita al Instituto de Física y Química de São Carlos, de la Universidad de San Pablo, en 1974

Más tarde, en 1982, Guinier participó en una reunión realizada en la Université Paris-Sud con el Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones del Brasil (CNPq) y el Director del *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas* (CBPF). En esa reunión Guinier apoyó el *Projeto Radiação Síncrotron* del CNPq, que había sido iniciado en esa época en el CBPF. Con argumentos claros y convincentes presentó su visión sobre las posibilidades abiertas por el uso de la radiación sincrotrón, su importancia para las actividades científicas y su utilidad para la ciencia del Brasil y del resto de América Latina.

En 1988, poco después de iniciadas las actividades del nuevo Laboratorio Nacional de Luz de Síncrotrón (LNLS) en Campinas, Guinier visitó nuevamente el Brasil. Su principal actividad fue la conferencia de apertura de la primera Reunión de Usuarios del LNLS, titulada "Progresos en la instrumentación para la cristalografía". Presentó en su habitual estilo una clara descripción de las cualidades y de las aplicaciones de la radiación de sincrotrón y de la instrumentación asociada, lo que contribuyó para entusiasmar a numerosos jóvenes científicos brasileños que pudieron así evaluar las posibilidades abiertas por esta nueva y compleja instrumentación. A tal descripción llegó después de haber trazado en su conferencia el desarrollo de la cristalografía desde 1912 hasta los años 1980, enfatizando en particular los cambios en esta disciplina derivados de la reciente disponibilidad de nuevas potentes computadoras y de la "appearance of the marvelous synchrotron radiation source" (Guinier, 1989).

El apoyo de una autoridad científica como Guinier al proyecto del nuevo sincrotrón contribuyó también para disipar las reservas de algunos investigadores de la co-

munidad científica del Brasil sobre la capacidad local de realización y gestión de un proyecto costoso y de alta complejidad.

Las relaciones de Guinier con la comunidad científica brasileña continuaron en la década de 1990. Su libro *La Structure de la Matière* (Guinier, 1980) dirigido principalmente a los docentes de escuelas secundarias fue traducido al portugués y publicado por la *Editora de la Universidade de São Paulo* (EDUSP) en 1996. Aunque ya se había retirado de sus principales actividades de investigación, Guinier aceptó formar parte del comité científico de la *X International Conference on Small Angle Scattering* realizada en Campinas en 1996.

André Guinier falleció el 3 de Julio del 2000 a la edad de 89 años. El 20 de setiembre del 2001 el Laboratorio de Cristalografía del Instituto de Física de la *Universidade de São Paulo* organizó una Jornada Científica en su homenaje. Numerosos cristalógrafos, físicos y científicos de materiales brasileños evocaron en esa reunión su figura y su obra, con particular referencia a su contribución al desarrollo científico de Brasil.

■ 6. DISCUSION

La formación avanzada de científicos de países periféricos y su ulterior desarrollo profesional son más complejos actualmente que en la segunda mitad del siglo pasado, cuando los autores hicieron sus experiencias formativas en la Université Paris-Sud. En ese período, las economías de los países centrales evidenciaban el fuerte crecimiento que las había caracterizado desde el final de la segunda guerra mundial. También el sistema científico-tecnológico evidenciaba un acelerado desarrollo, con grandes inversiones

en energía nuclear y otros grandes campos disciplinarios, con aplicaciones civiles y militares, incluidas las escuelas que debían responder a la fuerte demanda cada vez más diversificada de personal calificado, aventajándose del relativamente fácil acceso a becas y otros instrumentos de sostén.

La situación en los países centrales cambió después radicalmente, alterándose el entero sistema sociopolítico en un contexto internacional complejo. Se evidencia actualmente en particular una severa crisis económica de larga duración que afecta inevitablemente los sistemas científico-tecnológicos, acentuando el efecto de sus factores estructurales propios. Entre éstos tiene particular importancia la redistribución de actividades, con la reducción drástica de algunas de ellas no compensadas aún por nuevos desarrollos. En consecuencia, se observa una modificación radical de la demanda de personal calificado (ver, por ej. Cyranoski y col., 2011).

Pese a esta situación fuertemente mutada, el problema de seleccionar y eventualmente implementar una trayectoria formativa de científicos de países periféricos en centros considerados de excelencia de otros países sigue siendo claro, lo que facilita la búsqueda de posibles soluciones. Es mucho más complejo y menos definido, hoy como en el pasado, el problema de crear las condiciones para que los científicos formados en el exterior puedan después desarrollar sus actividades en su propio país manteniendo un nivel internacionalmente competitivo. Este último problema está afectado por situaciones generales de los países y del contexto internacional, que inciden sobre todos los sectores de la sociedad y, en particular, sobre los sistemas científicos. Un análisis aunque sea sumario de tales situa-

ciones, está obviamente fuera de los propósitos de este artículo. Lo que aquí se presenta, mucho más modesto, tiende a explicitar, como ya fue señalado, algunas variables que pueden favorecer el trabajo posterior de científicos que tuvieron una formación avanzada en su propio país y en otros centros del sistema científico internacional.

Más allá de la obligación moral de los individuos que hayan recibido de las instituciones del propio país toda la asistencia necesaria para el perfeccionamiento en el exterior, debería ser una prioridad institucional crear las condiciones apropiadas para que puedan retribuir lo que en ellos se haya invertido. No se trata solamente de un tratamiento económico adecuado, sin dudas importante; es fundamental también promover la contribución de los científicos que retornan manteniendo niveles internacionalmente competitivos y proveerles un estimulante desarrollo de carrera.

Entre las condiciones que permitieron a los autores de este artículo realizar un trabajo fructífero al regresar a su propio país y, sucesivamente, en otros países, deben mencionarse las siguientes:

1) Existencia en la Argentina de instituciones como la CNEA, el Instituto Balseiro y el FaMAF, todas ellas con una visión de largo plazo en sus respectivos ámbitos.

Los requerimientos específicos de la CNEA contribuyeron a orientar la formación y los programas de investigación en el Instituto Balseiro, adecuadamente integrados al sistema internacional y con una red de colaboraciones científicas, generalmente informales y sin trabas burocráticas, con otras instituciones del país. Por otro lado, el FaMAF, además de la formación en ciencias

básicas (en matemática, astronomía y física), orientó una parte de sus actividades hacia temas de aplicación más directa, que permitió la implantación de un laboratorio de rayos X para la investigación de materiales vítreos, mediante una colaboración ágil e informal con la CNEA desarrollada principalmente entre 1965 y 1973.

2) Orientación intelectual y apoyo recibido por los autores de parte de la CNEA y del FaMAF para trabajar bajo la dirección de André Guinier en Francia.

La relación científica con Guinier se reveló fundamental para el seguimiento de las actividades en Argentina, donde se pudieron establecer áreas de investigación que no habían sido desarrolladas precedentemente en el país y facilitó a uno de los autores (AB) diversificar sus actividades en un sector industrial importante para el desarrollo nacional. Sucesivamente, esa relación tuvo un rol importante para uno de los autores (AC) después de su emigración a Brasil. Las condiciones favorables en la CNEA y en FaMAF ya citadas lograron concretarse laboriosamente pese a la situación política y económica que afectaba en esa época a varios países de América Latina, entre ellos Argentina. La situación en este país se agravó dramáticamente durante la década de 1970 y, por motivos diferentes, ambos autores decidieron emigrar. Uno de ellos (AC) emigró al Brasil en 1973, donde pudo ampliar sus actividades, continuando, por una parte sus relaciones con Guinier y su escuela y, por otra, con universidades y organizaciones científicas de la Argentina y de otros países de América Latina.

3) Existencia también en el Brasil de instituciones cuyas misiones estaban desde el principio bien definidas en una perspectiva de largo plazo.

Se ha señalado ya que, pese a la compleja situación brasileña en la década de 1970, existían condiciones favorables para la investigación científico-tecnológica, lo que favoreció la radicación en ese país de numerosos científicos originarios de otros países, particularmente de Argentina, y el desarrollo del proyecto y construcción del nuevo Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón (LNLS).

Como se dijo, los intereses profesionales de AB se habían orientado hacia la investigación y el desarrollo industrial, y así emigró a Inglaterra en 1978 radicándose años más tarde en Italia. En Europa trabajó siempre en temas de investigación y desarrollo industriales y en el desarrollo de estrategias y gestión de la innovación. Sus relaciones con Argentina fueron esporádicas, limitándose a dar breves cursos sobre las temáticas mencionadas arriba y sobre análisis sectoriales dentro de programas de la organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO). Aunque su orientación profesional pueda parecer lejana del área de su formación inicial, la experiencia adquirida en la escuela de Guinier contribuyó fuertemente para afrontar con éxito una variedad amplia de actividades que desarrolló en países y ambientes muy diferentes.

■ 7. CONCLUSIONES

Atraer y conservar personal altamente calificado proveniente de centros científico-tecnológicos o escuelas considerados de excelencia, es una cuestión compleja que se presenta con modalidades diferentes en prácticamente todos los países, cualquiera sea su grado de desarrollo. Aunque la descripción de algunos casos particulares no es suficiente para indicar alternativas de amplia validez que permitan afrontar esa cuestión, su análisis

puede dar indicaciones útiles sobre algunas variables a tener en cuenta en las decisiones para promover la formación avanzada de científicos en centros extranjeros. Reviste gran importancia la presencia en los países de origen de instituciones con una idea clara de la propia misión en una perspectiva amplia y de largo plazo.

Las experiencias particulares aquí descritas ponen en evidencia que la calidad de la escuela en la que se completa la trayectoria formativa en el exterior puede ser determinante en el desarrollo científico del personal formado, tanto en su propio país como en otros, aún en ámbitos disciplinarios lejanos de los de la formación inicialmente adquirida.

Ambos autores, con la experiencia de medio siglo de actividades científicas, tecnológicas y de gestión, reconocen hoy que André Guinier y su escuela contribuyeron fuertemente a sus propios desarrollos científicos, dejando una marca indeleble aún en actividades lejanas del área de la formación inicial adquirida bajo su dirección.

Es sorprendente cómo el conocimiento y las relaciones humanas pueden difundirse en el tiempo y en el espacio geográfico, con efectos positivos y en contextos muy diferentes. Lo ha logrado André Guinier y su excepcional personalidad.

■ APÉNDICE: ANDRÉ GUINIER (1911-2000).

André Guinier se graduó en física en l'*Ecole Normale Supérieure* (ENS) de París en 1934 y se orientó hacia la cristalografía con su trabajo de tesis doctoral dirigido por Charles Mauguin, que en la época era ya bien conocido por sus contribuciones fundamentales a esta discipli-

na. En su tesis, presentada en 1938, Guinier introdujo la técnica de difusión a pequeños ángulos de rayos X (SAXS), hoy ampliamente utilizada para estudiar la estructura ultramicroscópica de la materia, desde aleaciones metálicas a macromoléculas biológicas en solución.

Como parte de su tesis, Guinier caracterizó la estructura de pequeñas zonas de segregación (hoy se diría en escala nanométrica) de átomos de cobre en una matriz de aluminio, denominadas más tardes zonas de Guinier-Preston o zonas GP, observadas en numerosas aleaciones, con efectos determinantes en sus propiedades físicas (Guinier, 1938). Estas zonas no podían ser observadas con la instrumentación disponible en la época a causa de sus pequeñas dimensiones y su descubrimiento -una de las primeras observaciones de un material nanoestructurado!- permitió explicar el endurecimiento de aleaciones de aluminio, lo que facilitó la aplicación de las mismas, hoy ampliamente conocidas en sectores que van desde la vida doméstica a la tecnología aero-espacial.

Las observaciones de SAXS requirieron desarrollar un sistema de monocromatización y focalización de los rayos X mediante un cristal curvo, origen de la "cámara de Guinier", ampliamente utilizada aún hoy. La interpretación general de los resultados de la difusión a pequeños ángulos por heterogeneidades ultramicroscópicas requirió el desarrollo de un esquema teórico que permite determinar, mediante la llamada "ley de Guinier" el radio de giro de las pequeñas heterogeneidades lo que, años más tarde, se reveló de gran importancia para el estudio de macromoléculas biológicas y polímeros (Guinier y Fournet, 1955). Menos conocida es la técnica de Guinier-Tennevin que permite estudiar desorientaciones de microcristales

metálicos del orden de segundos de arco, lo que ha representado una contribución importante en los estudios sobre la recristalización en metales y aleaciones.

Gran parte de los trabajos iniciales de Guinier se realizaron en un modesto laboratorio de ensayos del *Conservatoire National des Arts e Métiers*, en París, donde empezó a recibir a jóvenes científicos provenientes de Francia y del exterior. En 1949 fue nombrado profesor en la Facultad de Ciencias de París, en la sede tradicional de la Sorbonne. Diez años más tarde, cuando se creó la Facultad de Ciencias en el nuevo gran centro universitario de Orsay en las afueras de París, fue nombrado primer decano. En ese centro fundó el *Service de Physique des Solides* (sucesivamente *Laboratoire de Physique des Solides-LPS*) junto con Jacques Friedel y su ex estudiante Raimond Castaing que había desarrollado en su tesis la microsonda electrónica, hoy ampliamente utilizada tanto en los laboratorios de investigación como en los de análisis y ensayos de materiales. El LPS es actualmente uno de los más prestigiosos centros europeos de investigaciones sobre la materia condensada en el cual trabajaron, entre otros, científicos del nivel de los premios Nobel Pierre Gilles De Gennes y Albert Fert.

Acompañando su intensa actividad en investigación, Guinier siempre realizó una actividad docente original y de alto valor didáctico. En 1956 publicó la primera edición de su libro *Theorie et Technique de la Radiocristallographie* y una segunda edición en 1964 (Guinier 1964). Este texto traducido a varios idiomas es una "biblia" para quienes utilizan los métodos de rayos X en los más variados campos, incluidos el de los materiales amorfos y los cristales imperfectos, raramente tratados en

la abundante bibliografía sobre cristalografía de rayos X. En 1955 publicó el libro *Small-Angle Scattering of X-rays* (Guinier y Fournet, 1955), que se transformó rápidamente en un clásico. Sucesivamente dedicó un esfuerzo notable a la divulgación científica mediante la publicación de libros destinados a amplias audiencias tales como *La structure de la matière. Du ciel bleu à la matière plastique* (Guinier, 1980) y *La matière à l'état solide* (Guinier y Jullien, 1987).

La autoridad científica de Guinier fue ampliamente reconocida en Francia y en el ámbito internacional. Fue miembro de la Academia de Ciencias de París y presidió la Sociedad Francesa de Física y la de Cristalografía y Mineralogía. Fue presidente de la Unión Internacional de Cristalografía, que instituyó un premio que lleva su nombre y recibió numerosos premios y reconocimientos de entidades francesas y de otros países.

André Guinier fue un entusiasta promotor de la cooperación científ-

ca entre países, que benefició significativamente a las comunidades de investigación de física de la materia condensada y ciencias de los materiales de muchos países, entre ellos Argentina y Brasil.

■ REFERENCIAS

Bonfiglioli A., Craievich A., Maiztegui, A. (1972). *Ciencia de materiales en una escuela de Física: Una experiencia de interacción entre organismos educacionales y de investigación y desarrollo*. Anales de la III Conferencia Panamericana de Tecnología de Materiales, 701-704.

Cahn R.W. (2001). *The coming of materials science*, Pergamon Press (London), cap. 14 párrafo 14.4.4.

Cahn R.W. (2002). *A great crystallographer*. *Materials Today*, 5, 13.

Cyranoski D., Gilbert N., Ledford H., Nayar A., Yahia M. (2011). *The PHD Factory*. *Nature*, 472, 276-279.

Guinier A. (1938). *Structure of age-hardened aluminum-copper alloys*. *Nature*, 24, 569-570.

Guinier A., Fournet G. (1955). *Small-Angle Scattering of X-rays*. (Wiley, New York).

Guinier A. (1964). *Théorie et Technique de la Radiocristallographie*. (Dunod, Paris)

Guinier A. (1980). *La Structure de la Matière: Du Ciel Bleu à la Matière Plastique* (Hachette, Paris). Traducción al portugués: Craievich A., Tolentino H., Ramos A. (1996) *A Estrutura da Matéria: Do Ceu Azul ao Material Plástico* (EDUSP, São Paulo).

Guinier A., Jullien R. (1987). *La Matière à l'Etat Solide* (Hachette, Paris).

Guinier, A. (1989). *Progress in instrumentation for Crystallography*. Synchrotron Light: Applications and Related Instrumentation, A.F. Craievich, Editor (World Scientific, Singapore), p. 3-11.

El 98 por ciento de los doctores formados por el CONICET tiene empleo

Según un informe dado a conocer por este organismo científico acerca de la inserción de doctores, sólo un 1 por ciento de estos ex-becarios no tiene trabajo o no poseen ocupación declarada y un 10 por ciento posee remuneraciones inferiores a un estipendio de una beca doctoral.

Asimismo, proyecta que el 89 por ciento de los encuestados tiene una situación favorable en su actividad profesional, pero sobre todo asegura que más del 98 por ciento de los científicos salidos del CONICET consigue trabajo.

Los datos surgidos del estudio "Análisis de la inserción laboral de los ex-becarios Doctorales financiados por CONICET", realizado por la Gerencia de Recursos Humanos del organismo, involucró 934 casos sobre una población de 6.080 ex-becarios entre los años 1998 y el 2011.

Al respecto, en el mismo se considera que del número de ex-becarios consultados, el 52 por ciento (485 casos), continúa en el CONICET en la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico.

De los que no ingresaron en el organismo pero trabajan en el país, sobre 341 casos, el 48 por ciento se encuentra empleado en universidades de gestión pública y un 5 por ciento en privadas; el 18 por ciento en empresas, un 6 por ciento en organismos de Ciencia y Técnica (CyT), un 12 por ciento en la gestión pública y el resto en instituciones y organismos del Estado.

En tanto, en el extranjero, sobre 94 casos, el 90 por ciento trabaja en universidades, el 7 por ciento en empresas y el 2 por ciento es autónomo.

El mismo informe traduce que la demanda del sector privado sobre la

incorporación de doctores no es aún la esperada, pero está creciendo. La inserción en el Estado, si se suma a las universidades nacionales y ministerios, se constituye en el mayor ámbito de actividad.

Frente a ello, a los fines de avanzar en la inserción en el ámbito publico-privado el CONICET realiza actividades políticas de articulación con otros organismos de CyT, es decir, universidades, empresas, a través de la Unión Industrial Argentina (UIA), y en particular con YPF que requiere personal altamente capacitado en diferentes áreas de investigación.

Desde el CONICET se espera que en la medida que la producción argentina requiera más innovación, crecerá la demanda de doctores. Para cuando llegue ese momento el país deberá tener los recursos humanos preparados para dar respuestas. Es por ello se piensa en doctores para el país y no solamente doctores para el CONICET.

Programa +VALOR.DOC

Sumar doctores al desarrollo del país

A través de esta iniciativa nacional, impulsada por el CONICET y organismos del Estado, se amplían las posibilidades de inserción laboral de profesionales con formación doctoral

El programa +VALOR.DOC bajo el lema "Sumando Doctores al Desarrollo de la Argentina", busca vincular los recursos humanos con las necesidades y oportunidades de desarrollo del país y fomentar la incorporación de doctores a la estructura productiva, educativa, administrativa y de servicios.

A partir de una base de datos y herramientas informáticas, se aportan recursos humanos altamente calificados a la industria, los servicios y la gestión pública. Mediante una página Web, los doctores cargan sus curriculum vitae para que puedan contactarlos por perfil de formación y, de esta manera, generarse los vínculos necesarios.

Con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, este programa tiene como objetivo reforzar las capacidades científico-tecnológicas de las empresas, potenciar la gestión y complementar las acciones de vinculación entre el sector que promueve el conocimiento y el productivo.

+VALOR.DOC es una propuesta interinstitucional que promueve y facilita la inserción laboral de doctores que por sus conocimientos impactan positivamente en la sociedad.

Para conocer más sobre el programa www.masVALORDoc.conicet.gov.ar.

