

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1972

RG
061.3: 669
C76
1972

Conferencia interamericana en tecnología de materiales. 3., Río de Janeiro, 14-17 ago. 1972. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), Jun. 1972, p. 701-704.

04.72.07

CIENCIA DE LOS MATERIALES EN UNA ESCUELA
DE FISICA: UNA EXPERIENCIA DE INTERACCION
ENTRE ORGANISMOS EDUCACIONALES Y DE INVESTIGACION Y DESARROLLO.

Alberto Bonfiglioli
Gerencia de Tecnología
Comisión Nacional de Energía Atómica
Buenos Aires, Argentina

Aldo Craievich y Alberto Maiztegui
Instituto de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba
Córdoba, Argentina

RESUMEN

Se presentan los resultados de un programa de investigación y enseñanza en ciencia de los materiales que se viene desarrollando en el Instituto de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, con miras a orientar la formación de físicos hacia áreas con posibilidades de aplicaciones. Un elemento fundamental del programa es la interacción entre dicho instituto universitario con un organismo de investigación y desarrollo: la Gerencia de Tecnología de la Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina. Se discuten las innovaciones en los currículos de física y los temas de investigación que se están desarrollando. Se describen las características particulares de la interacción entre las instituciones actuantes.

INTRODUCCION - FUNDAMENTOS

Puede admitirse en líneas generales que las necesidades de distintos tipos de materiales que tiene un país, están ligadas al desarrollo de su sector industrial manufacturero. Este sector es el más dinámico de la economía argentina (1). Aparte de los sub-sectores que tradicionalmente componen dicho sector (metales y siderurgia, vehículos y maquinarias, productos químicos, piedra vidrio y cerámica, etc.) durante los últimos años se han instalado modernas industrias: petroquímica; electrónica incluyendo pequeñas computadoras; aeroespacial que, aunque pequeña en volumen, ha logrado la producción de distintos tipos de aviones a lo largo de los últimos 40 años y ha iniciado proyectos de exploración del espacio. La construcción de una central eléctrica nuclear y el proyecto de otras para el futuro inmediato constituyen el fermento de una industria nuclear cuyo punto clave es la experiencia de la Comisión Nacional de Energía Atómica en el desarrollo y fabricación de los elementos combustibles para los reactores que funcionan en nuestro país. Siempre desde el punto de vista de las necesidades de materiales, se debe destacar que la Argentina cuenta con importantes escuelas de medicina y centros asistenciales en los que permanentemente se llevan a cabo implantes in-vivo.

Contrastando con esta situación, en ninguna de las universidades del país -en las cuales las carreras de física, química e ingeniería han alcanzado muy buen nivel- existe la posibilidad de especialización en ciencia y tecnología de

los materiales aún cuando se realizan esfuerzos más o menos aislados en ingeniería metalúrgica y física del estado sólido. Quienes han adquirido una formación en aspectos particulares de la ciencia de los materiales, en general lo han hecho fuera de los organismos universitarios. El caso más patente -y también el más importante por el nivel alcanzado y el volumen de su actividad- es el de la Gerencia de Tecnología de la Comisión Nacional de Energía Atómica (en adelante la GT) donde trabajan, en distintos aspectos de la metalurgia, 150 profesionales universitarios -ingenieros, físicos y químicos- los cuales han adquirido su formación como metalurgistas en ese organismo o en centros extranjeros. Como parte de ese esfuerzo, desde principios de la década del 60 un conjunto de graduados en física comenzaron a orientarse hacia la metalurgia. Desde entonces hasta la actualidad alrededor de 50 físicos de todo el país trabajan en distintos aspectos de la metalurgia física, cifra altamente significativa si se tiene en cuenta que el número total de graduados en física no supera los 300 (2). Además, en la Argentina las investigaciones en física y la formación de físicos se iniciaron a principios de este siglo (aún cuando el volumen de esas actividades se hace notable en los últimos 20 años) pero salvo muy contadas excepciones, los físicos argentinos se desarrollaron siempre en la investigación académica y en la docencia prácticamente sin interacción con otras disciplinas. En este contexto, la orientación de un número significativo de físicos hacia la metalurgia cobra particular importancia. Sin embargo, debe notarse que las actividades de la Comisión Nacional de Energía Atómica en metalurgia -derivadas de sus propios planes de investigación y desarrollo- no tienen equivalentes en otras áreas de la ciencia de los materiales (vidrios y cerámicos, polímeros, materiales biomédicos, etc.)

En estas condiciones, el Instituto de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba (IMAF en lo sucesivo) ha decidido iniciar un programa de investigación y entrenamiento en ciencias de los materiales para canalizar parte sustancial de sus actividades en física. Por una parte, esto satisface una real necesidad nacional, por otra parte, la participación de los físicos en áreas interdisciplinarias tiene, de por sí, una gran importancia ya que la formación en la metodología científica que han adquirido les permitiría actuar de manera directa en la solución de

problemas más o menos inmediatos que afectan a la comunidad, a la vez que se les abrieran nuevas fuentes de trabajo.

La ciencia de los materiales es particularmente favorable para iniciar una apertura interdisciplinaria pues aún cuando la física entra en franco contacto con otras disciplinas, sus principios, leyes y metodología, encuentran aplicación inmediata. No es necesario entonces -al menos en una primera aproximación- introducir en la formación de los físicos cambios drásticos cuyas características son difíciles de establecer.

DESARROLLO HISTORICO

El IMAF fue fundado en 1956 como una escuela destinada a preparar matemáticos, físicos y astrónomos utilizando la infraestructura del Observatorio Astronómico de Córdoba, organismo que desde su fundación en 1871 ha tenido una importante gravitación en la vida científica argentina no sólo en el terreno de la astronomía sino en diversas ramas de las ciencias físicas. Los estudios en IMAF -que incluyen un trabajo de iniciación a la investigación- tienen una duración de 5 años, al término de los cuales se otorga el título de Licenciado. Con un trabajo de tesis que, previa autorización de la Universidad Nacional de Córdoba, puede hacerse en otras instituciones argentinas o extranjeras, es posible alcanzar el grado de doctor. En la década 1961-71 obtuvieron sus licenciaturas 94 personas (8 en astronomía, 34 en matemática y 52 en física), mientras que en el mismo período han alcanzado el doctorado 13 egresados (1 en astronomía, 10 en física y 2 en matemática). En la actualidad cursan sus estudios alrededor de 150 alumnos contándose con un total de 20 profesores con dedicación exclusiva.

En 1962, la dirección del IMAF consideró oportuno efectuar una apertura en la carrera de física hacia áreas que pudieran tener un interés inmediato en el ámbito nacional y local de Córdoba.

Esa ciudad, cuyo complejo urbano nuclea cerca de un millón de habitantes, es uno de los centros más importantes de Argentina tanto en lo cultural como en lo económico. Existen importantes industrias metalúrgicas y mecánicas, incluyendo fábricas de material ferroviario pesado y la industria automotriz de mayor volumen del país, a la vez que se encuentra centralizada en esa ciudad la industria aeronáutica y espacial. La Universidad Nacional de Córdoba, fundada en 1613 cubre una amplia gama de carreras y especialidades que incluyen escuelas de medicina, de artes y de ingeniería, funcionando en sus dependencias un centro de asesoramiento industrial. Otras dos universidades de creación reciente han sumado sus actividades a las ya tradicionalmente desarrolladas por la antigua Universidad Nacional.

La apertura de áreas totalmente nuevas implica considerables inversiones en recursos humanos y materiales sin contar los aspectos organizativos que se ven seriamente afectados por la falta de tradición de la nueva área a desarrollar. Esta apertura, por otra parte, no debía significar una disminución del esfuerzo en otras líneas que, aunque con menor posibilidad de aplicaciones, se consideraron igualmente importantes. Pareció entonces lo más adecuado aprovechar al máximo la experiencia adquirida por otros organismos así como parte de sus recursos, a través de programas conjuntos que resultaran de mutuo interés. Se

iniciaron tratativas con la GT -a cuya experiencia en la formación de metalurgistas ya nos hemos referido- y en 1963 se firmó el primer convenio entre la Universidad Nacional de Córdoba y la Comisión Nacional de Energía Atómica, en virtud del cual investigadores de esta institución tomaban a su cargo el dictado de un curso -seminario de un semestre de duración sobre metalurgia física. Este curso incluyó una serie de trabajos prácticos que -aparte del entrenamiento de los estudiantes- permitió el montaje de dispositivos elementales de laboratorio (hornos, dispositivos de medida y control de temperatura, etc.). Después de esa primera experiencia el IMAF y la GT decidieron, en 1966, dar mayor regularidad a sus actividades conjuntas manteniéndolas dentro de márgenes amplios y flexibles. La estructuración del IMAF permite una fácil orientación de las carreras hacia áreas que se juzguen de interés. En efecto, en los tres últimos semestres del plan de estudios hay tres materias y dos trabajos -uno de revisión bibliográfica y otro consistente en una pequeña investigación original - cuyo contenido no es fijo, sino que lo establece el IMAF para cada estudiante; toda vez que se juzga oportuno, los estudiantes son autorizados a cursar esas materias y/o hacer esos trabajos en otras universidades o en organismos extrauniversitarios apropiados, adjudicándoseles una ayuda financiera. La actuación de la GT, por su parte, quedó centralizada en un coordinador responsable que se desempeñó -sin ningún tipo de trabas administrativas- como profesor y asesor del IMAF. De este modo -y sin que la Universidad de Córdoba tuviera que afrontar otras erogaciones que las derivadas de compensación de gastos de viaje- se pudieron dictar con regularidad cursos de cristalografía y difracción de rayos X, transformaciones de fase, defectos cristalinos, solidificación. En varias oportunidades el número siempre pequeño (inferior a 10) de estudiantes permitió, sin grandes gastos, su traslado a los laboratorios de la GT, en algunos de cuyos programas de investigación han participado.

En cuanto a las investigaciones que específicamente iban a desarrollarse en IMAF se optó por centralizarlas alrededor de un laboratorio de difracción de rayos X. Este método -de validez bastante general, tanto en las investigaciones básicas como en la resolución de una amplia gama de problemas prácticos- aún teniendo cierta tradición en Argentina, no era utilizado en ningún laboratorio de Córdoba. Por el contrario, en otros laboratorios de la Universidad o de las industrias locales, existían facilidades para microscopía óptica y electrónica, ensayos mecánicos, tratamientos térmicos, etc. Se consideró pues conveniente encontrar áreas de interés común con las dependencias que disponían de equipamiento adecuado para tener acceso al mismo. Esto no sólo evitaría inversiones que no hubiesen podido hacerse, sino que tendría la ventaja de integrar las actividades de IMAF con las de otros centros de la región. A principios de 1970 son 16 las personas de IMAF que han participado de este programa, sea siguiendo cursos de especialización, sea con trabajos de iniciación en la investigación, sea con trabajos al nivel de tesis doctoral realizados en el país o en el exterior. De estas 16 personas, 5 han pasado a formar parte del personal de la Comisión Nacional de Energía Atómica; 6 pertenecen al personal estable de IMAF y las restantes se desenvuelven en otros organismos de investigación y enseñanza. Otros dos grupos de trabajo del IMAF deben ser mencionados: uno (3 integrantes) dedicado a teoría del sólido (propiedades electrónicas) y otro grupo experimental (6 integrantes) dedicado a estudios de

resonancia cuadrupolar, técnica apta para estudiar cuerpos amorfos o parcialmente cristalizados. Vale decir, que hasta principios de 1970, un total de 24 personas ha recibido en entrenamiento y trabaja en diversas disciplinas de la ciencia de los materiales. Este número, en relación a las dimensiones del IMAF (que se desprenden de las cifras correspondientes al número de graduados y profesores especificadas más arriba) da una medida real del esfuerzo realizado.

A partir de 1970, se consideró oportuno ampliar las líneas de trabajo abordando el estudio de materiales que no habían sido objeto de investigaciones sistemáticas en la Argentina: materiales compuestos y vidrios. Los primeros revisten interés para la industria aeronáutica y espacial (que está instalada en Córdoba); la elaboración de distintos tipos de vidrios en Argentina constituye -por su parte- una actividad industrial importante sin un esfuerzo paralelo en la investigación. Para iniciar esta última línea se contrató desde principios de 1971 un profesor extranjero. Ya se ha completado una instalación básica que permite obtener cantidades suficientes de vidrios de distinto tipo, a la vez que comenzaron a dictarse cursos sobre físico-química de los vidrios.

RESULTADOS

Al finalizar 1971 las actividades de IMAF en Ciencia de los Materiales puede resumirse en la siguiente enumeración de las líneas de trabajo en desarrollo:

I. Metales y Aleaciones

I.1 Solidificación unidireccional de aleaciones eutécticas y sus propiedades mecánicas.

I.2 Cristalografía de transformación masiva

Personal: 1 profesor responsable, dos estudiantes graduados. La línea I.1 se conduce en conexión con el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales de Córdoba, y ambas líneas I.1 y I.2, están estrechamente conectadas con otras líneas de investigaciones desarrolladas en la GT.

II. Estudio estructural del carbono vítreo y de fibras de tungsteno-boro

Personal: 1 profesor responsable, 1 estudiante graduada. Esta última, graduada en IMAF, trabaja financiada por el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales.

III. Vidrios

III.1 Separación de fases en vidrios borados

III.2 Variación de la densidad de vidrios borados y su relación con cambios estructurales.

Personal: 1 profesor responsable, 1 profesor adjunto, 1 ingeniero metalúrgico, 1 estudiante graduado.

IV. Resonancia cuadrupolar

Desarrollo de los métodos experimentales con vistas a aplicaciones en sólidos amorfos y parcialmente cristalizados.

Personal: 1 profesor responsable, 4 estudiantes graduados, 1 ingeniero electrónico.

V. Teoría del sólido

Propiedades electrónicas de metales y semiconductores.

Personal: 1 profesor, 2 estudiantes graduados.

En las distintas líneas de investigación enumeradas, 9 estudiantes se hallan realizando sus trabajos finales de graduación.

En lo que concierne a la integración de las actividades del IMAF al quehacer general de centros de la región, ya se ha dicho que las líneas de trabajo I.1 y II se llevan a cabo en conexión con el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales. Por otra parte, el laboratorio de difracción de rayos X del IMAF ha programado conjuntamente con el Centro de Investigaciones de Materiales -organismo de asesoramiento tecnológico dependiente de la Universidad Nacional de Córdoba- un trabajo tendiente a la determinación de austenita retenida en aceros. También se han establecido vínculos con la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba. Además, dos profesores del IMAF se desempeñan, a partir de 1971, como profesores del Curso Panamericano de Metalurgia que se dicta regularmente en Buenos Aires, organizado por la GT (3).

Para 1972 se ha previsto enviar 2 estudiantes graduados a centros extranjeros. Uno de ellos se orientará hacia la teoría de las transiciones de fase, con miras a constituir - en el futuro- un grupo de apoyo a los grupos experimentales que en Córdoba y otros centros del país trabajan en diversos aspectos de las transformaciones en sólidos. El otro se capacitará en teoría de macromoléculas, con miras a formar un equipo de trabajo que, en conjunción con el laboratorio de difracción de rayos X y el de resonancia cuadrupolar, inicie el estudio de polímeros. Se estimó enviar en el curso de 1973 dos estudiantes graduados a centros extranjeros para capacitarse en materiales biomédicos.

Cabe notar que todo el desarrollo del programa de física de materiales se hizo sin grandes erogaciones. Las inversiones mayores desde 1966 han sido la del laboratorio de difracción de rayos X (aproximadamente u\$s 30.000) y del laboratorio de resonancia cuadrupolar (aproximadamente u\$s 10.000). Por otra parte, salvo un profesor visitante incorporado en 1971, todos los profesores a cargo de líneas de trabajo pertenecían ya al cuerpo docente de IMAF antes de iniciarse la orientación hacia la física de los materiales. En las etapas iniciales, las materias y trabajos de especialización fueron desarrollados en el marco de la colaboración con la GT lo que, para la Universidad, significó una mera compensación de gastos de viaje.

CONCLUSIONES

Un instituto universitario tiene entre sus funciones fundamentales no sólo crear y transmitir conocimientos sino además facilitar y preparar la aplicación de los mismos en beneficio de la comunidad. Para esto último resulta particularmente útil establecer líneas con intereses comunes a otras instituciones de investigación y desarrollo. Puede lograrse así una beneficiosa interacción que se traduzca en cooperación y mutuo respaldo, minimizando la superposición de esfuerzos o perjudiciales aislamientos, a la vez que se favorece el trabajo interdisciplinario.

La cooperación GT-IMAF ejemplifica la posibilidad de una acción inter-institucional con aprovechamiento eficiente de sus recursos humanos y materiales. Los resultados obtenidos teniendo en cuenta el número de personas involucradas son altamente significativos cuando se los compara con el número total de graduados en física en IMAF y en el país. El valor relativo de la experiencia aumenta si se considera que ella es una de las muy escasas que se hicieron

en Argentina en el terreno de la ciencia de los materiales y que casi todas las líneas de trabajo establecidas no existían previamente en el país.

Se considera, en consecuencia, que la experiencia realizada brinda hasta el presente un saldo positivo y puede servir de base a experiencias cooperativas similares.

REFERENCIAS

(1) Las industrias manufactureras representaron en los úl-

timos 5 años un promedio del 34,4% del producto bruto interno. En el año 1970 ellas representaron el 35,9% contra el 13,4% del sector agricultura, caza, selvicultura y pesca. Datos publicados por el Banco Central de la República Argentina, La Nación, 2 de setiembre 1971.

- (2) Una encuesta del Consejo Nacional de Ciencia y Técnica realizada en 1968 arroja un total de 262 graduados en física que trabajan en el país.
- (3) Libanati, N. y Sabato, J. Congreso Interamericano sobre Tecnología de Materiales, S. Antonio, Texas, 1968