

# Las Actividades de Investigación y Desarrollo en el País

## LA FISICA EN CHILE

*Durante los meses de abril a noviembre la Academia de Ciencias del Instituto Chile y la Corporación de Promoción Universitaria (CPU) organizaron un ciclo de Charlas sobre Ciencia y Tecnología en Chile, durante el cual se hizo un detallado análisis de la evaluación de la investigación científica en diversas disciplinas.*

*El ciclo fue de gran valor por lo completo de las exposiciones presentadas y por las interesantes discusiones sostenidas.*

*En números anteriores, NOTICIAS ha informado ya de las exposiciones y debates concernientes a Ingeniería y a Matemáticas. En ésta oportunidad presentamos el trabajo que preparó el Prof. Patricio Martens Director del Departamento de Física de la Facultad, para las sesiones en que se abordó el tema de la Investigación en Física en Chile. En atención a que el documento elaborado por el Prof. Martens contiene una visión retrospectiva que consideramos de gran valor, en lugar de la síntesis habitual que NOTICIAS realiza para entregar su información, se ha decidido reproducirlo in extenso, para que pueda ser apreciado en su totalidad.*

### I. INTRODUCCION

Física es la ciencia que estudia las propiedades del espacio, el tiempo y la materia. Como tal es, ante todo, una ciencia experimental y su ámbito ilimitado.

La investigación constituye la esencia de la ciencia y en la física esta acción sistemática de búsqueda de nuevo conocimiento adquiere tal relevancia que hay quienes llegan a considerarla como un fin por sí misma.

Se trata de una actividad dinámica, no sujeta a esquemas rígidos, donde el interés de los físicos se vuelca a veces, masivamente, sobre ciertas líneas abiertas que se vislumbran en algún momento como de gran trascendencia. Algunas de estas líneas llegan a constituir verdaderos frentes de avanzada de alta competencia y sofisticación, a los que en la actualidad se ha dado en calificar como investigación de frontera. Sin embargo, existen también permanentemente numerosos problemas de gran interés, que sin llegar a constituir

## NOTICIAS



*Patricio Martens, Director del Departamento de Física, prepara el informe sobre el desarrollo de esta especialidad en Chile.*

modas, revisten especial importancia y significación, proporcionando fuentes de investigación seria para muchos físicos calificados.

Las características dominantes en la forma de llevar a cabo la investigación conducen a una primera clasificación de los físicos en experimentales y teóricos. Se suele, entonces, aceptar que los físicos experimentales son aquellos que en parte importante por disposición y habilidad naturales participan en la planificación, montaje y ejecución de experimentos destinados a reunir determinada información sobre ciertos fenómenos físicos o para poner a prueba determinadas teorías.

Los físicos teóricos, en cambio, se caracterizarían por conducir usualmente su investigación mediante la formulación de modelos matemáticos que en algunos casos pueden llegar a alcanzar estados de elevada abstracción y complejidad, requiriendo, por lo tanto, de especiales aptitudes y gran dominio matemático conceptual, especialmente en aquellos casos en que impulsados por motivaciones cuya inspiración no procede ya directamente de hechos experimentales, deben abrirse camino teorizando en el campo de la especulación abstracta.

En todo caso, sus resultados, debidamente interpretados, pretenden igualmente la obtención de un definitivo progreso en el conocimiento de las características físicas del universo.

Una adecuada interacción entre físicos de ambos tipos puede resultar altamente provechosa para los fines de ambos.

El físico investigador necesita, en general, de una sólida preparación en física y matemáticas, con un profundo conocimiento de sus principales teorías, además de condiciones naturales de creatividad, concentración, independencia, constancia y dedicación absoluta. El grado académico del doctor de algunas reconocidas universidades de diversos países garantiza en la actualidad una sólida y adecuada preparación, pero ésta no resulta ser con todo una condición suficiente para hacer de él un verdadero investigador: una igualmente verdadera vocación debe necesariamente conjugarse para ello con las condiciones anteriores.

La investigación en física experimental requiere de físicos altamente creativos, capaces de generar e impulsar nuevas ideas en conjunto con colaboradores de alta preparación que hagan posible

su realización y debido aprovechamiento. Por su parte y por su misma naturaleza, el trabajo del físico teórico suele ser de carácter más individual, de donde las exigencias requeridas para estos investigadores suelen también ser mayores.

Actualmente y de acuerdo a las circunstancias, los niveles de doctorado y magister han sido adoptados como requerimientos indispensables en la mayoría de nuestras universidades donde se pretenda hacer investigación y docencia de alto nivel, dentro de sus normas de selección para contrataciones futuras, marcando con ello el comienzo de una etapa de mayor profesionalismo y madurez.

La existencia en el país de cuadros de investigadores de calidad y experiencia en diversos campos de la física, resulta indispensable para que esta necesaria actividad sea automantenida. El contacto entre ellos a través del intercambio de ideas y la crítica científica se constituye en importante mecanismo de estímulo y superación.

De acuerdo a la motivación que guía al investigador, se suele, también, dividir la física en pura y aplicada, calificativos que se hacen extensivos a la investigación correspondiente.

La investigación científica pura o básica, se considera como desprovista de toda otra motivación que no sea exclusivamente la de extender el conocimiento, en tanto que la investigación aplicada busca, precisamente, la posibilidad de utilización de dicho conocimiento.

No es de extrañar el hecho de que muchos físicos consideren a su ciencia como la más fundamental, teniendo en consideración que el modelo de naturaleza revelado por ella se ha ido imponiendo como base científica en la química, biología, astronomía y diversas ciencias de la Ingeniería. De allí el surgimiento de áreas interdisciplinarias, por una parte, y de generación de tecnología, por otra.

Al grado de desarrollo actual alcanzado por la física en el mundo han contribuido las mentes privilegiadas de grandes genios y también las de legiones de físicos que al correr de los últimos siglos han participado de esta inmensa aventura intelectual, poniendo a su servicio sus distintos grados de inteligencia, creatividad y preparación, pero una misma mística en la tarea común de develar los misterios del universo.

Pese a las dificultades que ello implica, un país en desarrollo no puede marginarse de la tarea de contribuir a la generación de nuevo conocimiento científico mediante una labor de investigación original y seria dentro de límites

adecuados a sus posibilidades. El no hacerlo, pretextando prioridades de cualquiera índole, significa resignarse a ser cada día más dependiente del mundo desarrollado, renunciando voluntariamente al derecho a forjar su propio destino.

Durante demasiado tiempo en Chile hubimos de conformarnos con permanecer como meros espectadores ante el acelerado desarrollo de la física y sólo por parte de algunos académicos a cargo de la docencia superior, que destacaron en diversas épocas por su alta preparación y capacidad en esta ciencia, se evidenciaron esfuerzos por superar esta situación, sin llegar, sin embargo, a poder vencer las dificultades originadas de condiciones demasiado adversas.

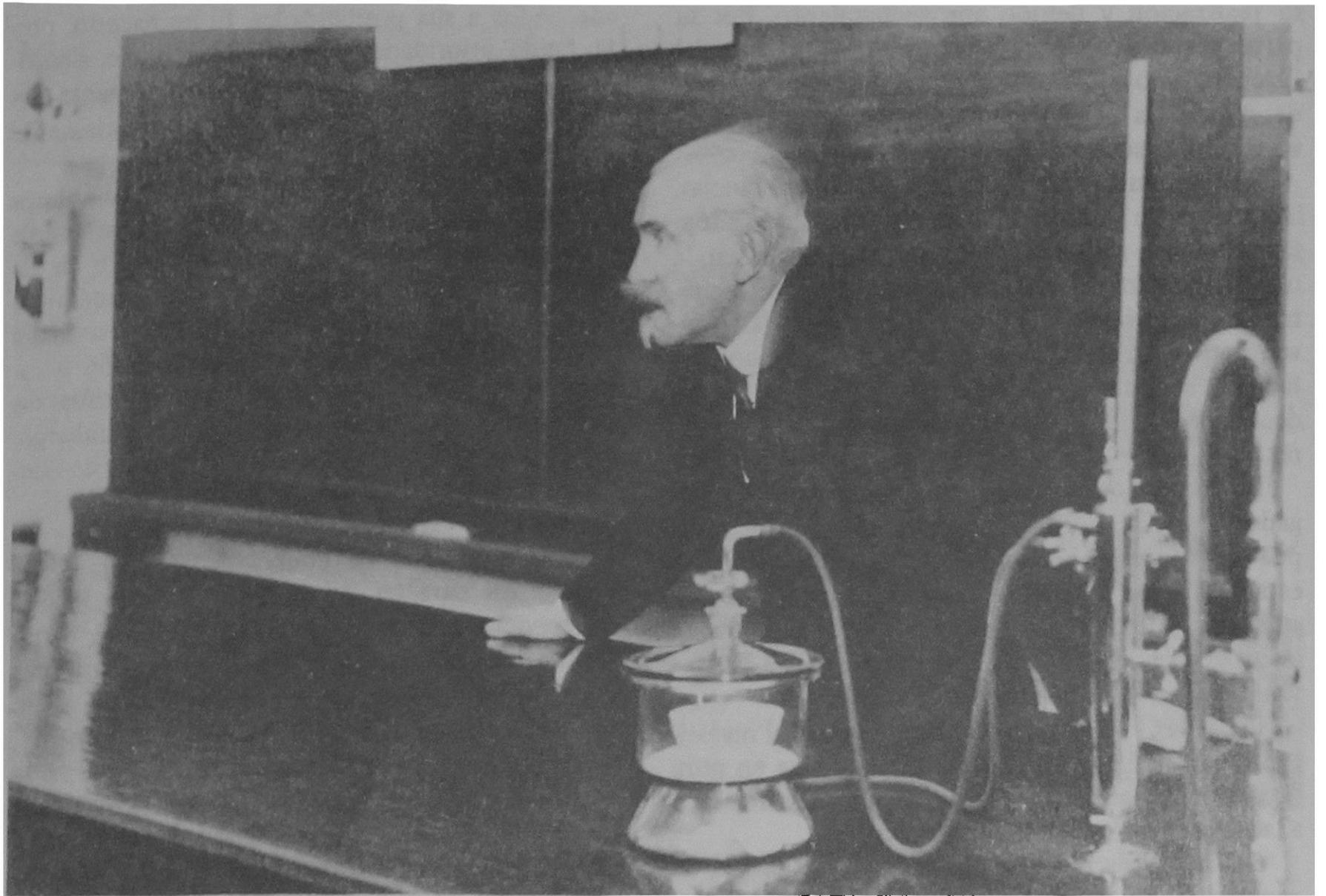
Signos de estos esfuerzos por lograr a lo menos el más alto nivel de conocimiento de la física dentro del carácter de disciplina principalmente de servicio predominante hasta 1950, se manifiestan en la existencia de revistas científicas como "The Physical Review" e "Il Nuovo Cimento", desde los años 1925 y 1930, respectivamente, en la biblioteca del Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile y de bibliografía avanzada en otras bibliotecas universitarias y hasta en algunas particulares, mostrando una preocupación e iniciativa más allá de lo estrictamente docente en algunos académicos de esa época. En este mismo sentido cabe destacar el ciclo de seis conferencias sobre la teoría de la relatividad de Einstein, que ofreciera en 1929 el distinguido profesor de las Universidades de Chile y Católica, ingeniero don Ramón Salas Edwards y la promoción de algunas visitas de científicos extranjeros de prestigio para dictar conferencias de su especialidad, como es el caso del físico francés Paul Langevin, quien en 1928 fuera además recibido solemnemente como miembro honorario de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Hoy, a los veinticinco años de iniciada la investigación sistemática en física en la Universidad, intentaremos analizar su situación y dar un diagnóstico crítico de ella.

## II. DESARROLLO HISTORICO DE LA DISCIPLINA EN EL PAIS

Los orígenes de la física se remontan a los siglos IV al II antes de Cristo, con Aristóteles y Arquímedes, pero no es sino hasta el siglo XVI de nuestra era cuando comienza a emerger como una disciplina identificable de entre la vasta acumulación de conocimiento científico existente a la época.

## NOTICIAS



*Conferencia de M. Paul Langevin en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile (1928).*

Se considera como a uno de sus principales responsables a Galileo Galilei (1564-1642), quien, junto con la incorporación del método científico, funda las bases de la moderna teoría del movimiento que culminaría años más tarde con el desarrollo de la mecánica clásica, obra del incomparable genio de Isaac Newton (1642-1727).

Para establecer una conexión de lugares y circunstancias basta pensar que a la muerte de Galileo y nacimiento de Newton, acaecidos el mismo año de 1642, la ciudad de Santiago tenía ya 101 años de haber sido fundada por Pedro de Valdivia. En Chile es la época de la Conquista y comienzos de la Colonia, donde la vida intelectual se reduce a la escasa instrucción que se daba en los claustros de las comunidades religiosas o en los seminarios conciliares.

El reconocimiento social de la ciencia como el saber constituido comienza en Europa en el siglo XVI con los grandes descubrimientos y su legitimación a nivel mundial es un proceso lento al que contribuyen factores como las revoluciones francesa y de independencia norteamericana, la

revolución industrial y desarrollo del maquinismo y la subsecuente utilización de la ciencia en la producción

Es un hecho que en la actualidad la casi totalidad de la investigación en física que se realiza en el país tiene lugar en las universidades y para mejor enjuiciar y comprender su evolución y estado actual parece adecuado hacerlo teniendo presente la perspectiva histórica de su desarrollo, por lo que nos referiremos brevemente a su difícil gestación, rescatando de paso algunos hechos importantes que constituyen hitos significativos en esa evolución.

El despertar cultural del país comienza con el establecimiento de la primera universidad conventual en 1622, seguida por la Real Universidad de San Felipe, en 1738, donde se agregan a los ya tradicionales estudios de teología y artes, los de derecho, medicina y matemáticas. En 1839 esta Universidad se transforma en la Universidad de Chile, en torno a cinco facultades-academias sin funciones docentes. Los miembros académicos de estas facultades sirven sus cargos a título hono-

rífico y con sus trabajos e investigaciones deben contribuir a estimular el cultivo y adelanto de las ciencias. Esta función científica de las facultades queda claramente definida por el rector Andrés Bello en su discurso de inauguración, el 17 de septiembre de 1843.

En cuanto a la docencia de nivel medio y superior, ésta es impartida por catedráticos en el Instituto Nacional y algunos colegios privados, con la superintendencia de la Universidad de Chile, cuya influencia se va acentuando progresivamente hasta hacerse cargo por completo de la dirección de los estudios superiores, incorporando a los catedráticos a las facultades correspondientes. Se va tendiendo así al modelo napoleónico de universidad, caracterizado por la doble finalidad de enseñanza desinteresada del saber, por una parte, y de formación profesional, por otra.

De esta época data la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, bajo la autoridad de su primer decano, don Andrés Antonio de Gorbea, y teniendo como secretario a don Ignacio Domeyko; es la primera mención explícita de reconocimiento a las ciencias físicas que encontramos en nuestra historia universitaria y que expresa la intención de propender a su cultivo y difusión.

Con la ley orgánica de 1879, sin embargo, el quehacer universitario, cediendo a la presión del rápido desarrollo económico y político del país que reclamaba con urgencia la formación de técnicos, se orienta resueltamente hacia esta última tarea, relegando casi por completo a la investigación científica pura. En la nueva Facultad, ahora de Ciencias Físicas y Matemáticas, se advierte claramente este carácter profesionalista-docente cuando se establece que "el título de licenciado será considerado como título profesional de ingeniero en las menciones de geógrafo, de minas o civil". Es la época del salitre y de la Guerra del Pacífico, que comprometería por años la concentración de los esfuerzos nacionales.

A nuestro parecer, algunas ciencias, y en particular la física que nos ocupa, veían alejarse así la oportunidad de sentar las bases para una futura actividad de investigación científica organizada. Esto ocurría, precisamente, cuando en Europa culminaba un período de espectaculares realizaciones en esta ciencia y cuando los grandes inventos, productos de su incipiente unión con la tecnología, preparaban trascendentales cambios en la vida de los hombres y las naciones.

Suelen distinguirse dos períodos en el desarrollo histórico de la física: el período clásico, que se extiende hasta fines del siglo 19, y el período moderno, que se extiende desde entonces hasta el presente.

A fines del período clásico, la mecánica había alcanzado un elevado grado de perfección con los trabajos, entre otros, de Euler, Lagrange y Poincaré y, en otro aspecto, de Boltzmann, Maxwell, Gibbs y Liouville. Notables avances se habían logrado, además, en electricidad, magnetismo, óptica, termodinámica y acústica. Pero tal vez uno de los éxitos más significativos del siglo 19 lo constituyó el desarrollo de la teoría del electromagnetismo por James Clerk Maxwell, unificando dentro de un esquema único y coherente fenómenos aparentemente tan diversos como los de la luz, el calor, la electricidad y el magnetismo.

De esta manera las teorías fundamentales de la mecánica y el electromagnetismo parecían poder describir prácticamente la casi totalidad de los fenómenos físicos estudiados hasta ese momento, dando la impresión de que la inmensa obra teórica emprendida trescientos años antes estaba siendo finalmente completada.

Portadores de esta realidad, los profesores contratados por el gobierno en Alemania para que enseñaran en el Instituto Pedagógico, fundado en 1839 con el fin de preparar profesores secundarios, intentan allí dar nuevamente estímulo a la investigación en su sección Ciencias, que abarcaba Matemáticas y Ciencias Físicas y Naturales.

En esta misma época, la cátedra de Física General en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas estaba a cargo de don Luis Ladislao Zegers Recasens, quien había sido ayudante de Domeyko y que la desempeñaría por más de cuarenta años. Al decir de los que lo conocieron, a sus dotes de brillante expositor, unía su amor por esta ciencia, en la que procuraba mantenerse al tanto de los descubrimientos que se sucedían con vertiginosa rapidez. Apenas publicados, por ejemplo, los descubrimientos de Roentgen sobre los rayos X (diciembre 1895), don Luis Zegers, junto al profesor Arturo Salazar, se las ingeniaba para obtener con los escasos elementos a su disposición, y solamente tres meses más tarde (22 de marzo, 1896), la primera radiografía hecha en Chile, de una nitidez sorprendente, como puede apreciarse en las fotografías.

## NOTICIAS

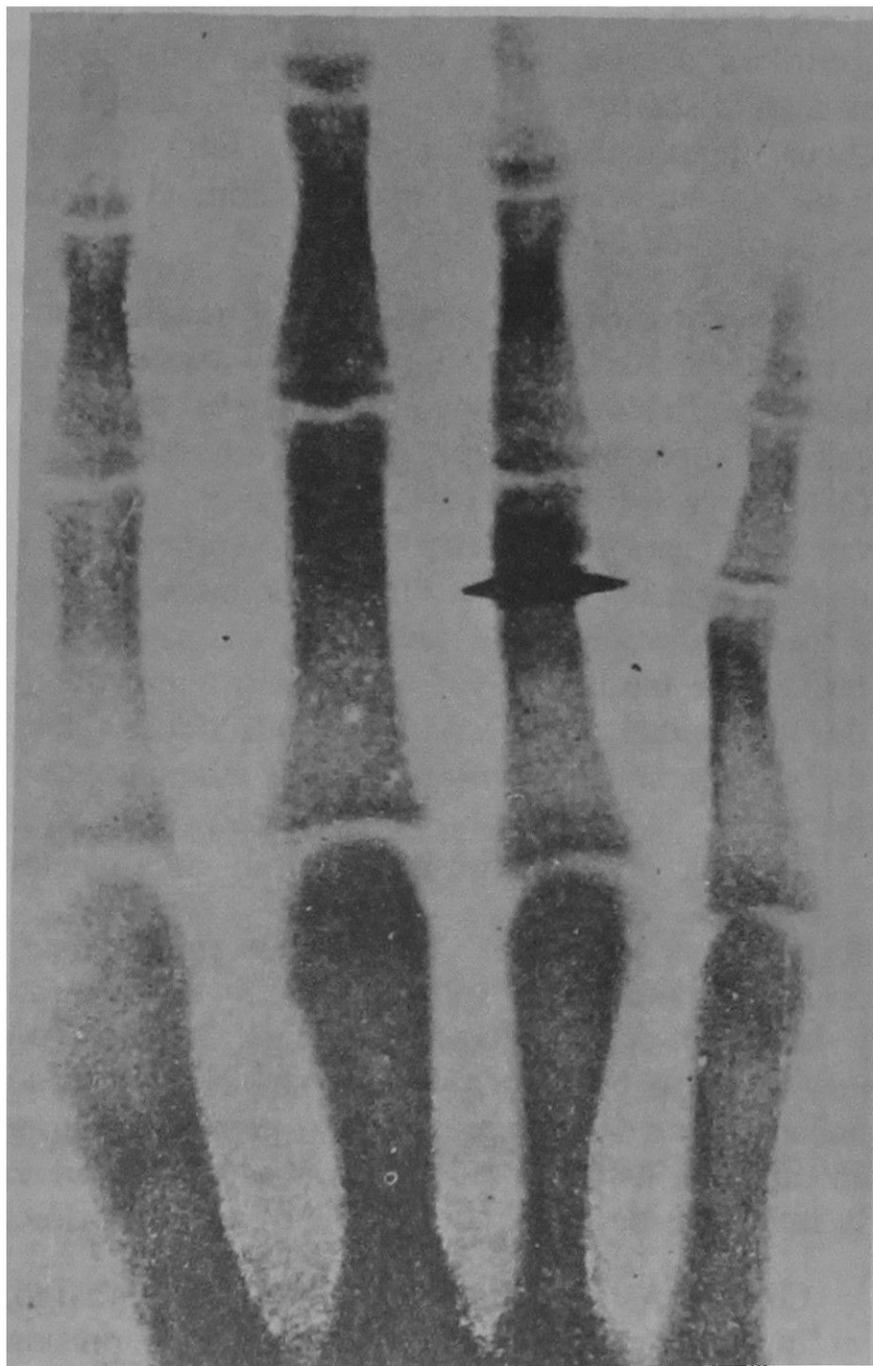


*Primera radiografía de la historia, obtenida por Roetgen de la mano de su esposa, el 22 de diciembre de 1895.*

Divulgó, asimismo, con prontitud las primeras investigaciones de los esposos Curie y trajo al país los primeros aparatos para detección de radiactividad. Su libro "El paso de Venus por el Sol" le valió la condecoración de las palmas académicas de Francia.

En 1888 se había fundado en Santiago la Universidad Católica de Chile, y a fines del siglo quedaban completados los cursos superiores de una de sus primeras facultades, la de Ciencias Físicas y Matemáticas, con la finalidad también de formar ingenieros con una sólida base científica y profesional.

Avanzado el siglo veinte, estas instituciones se habían forjado un sólido prestigio que trascendía las fronteras del país.



*Radiografía chilena correspondiente a la mano del Prof. Zegers, obtenida el 22 de marzo de 1896.*

Mientras tanto, se encontraba en pleno desarrollo en el mundo la nueva revolución científica que caracteriza al período de la física moderna, con las nuevas y más generales teorías de la relatividad y la mecánica cuántica. A esta excitante y gigantesca tarea intelectual se encuentran asociados los nombres de Einstein, Planck, Bohr, de Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Pauli, Dirac, cuya labor rebasa los círculos científicos, provocando gran impacto público, donde se comienza a tomar vagamente conciencia de la trascendencia de lo que se está gestando.

Nos parece importante entonces el hecho de que al momento de dictarse un nuevo estatuto orgánico de la Universidad de Chile en 1931, estuviese como Ministro de Educación don Gusta-

vo Lira Manso, distinguido académico de la Facultad en Ciencias Físicas y Matemáticas y profesor de la misma en la cátedra de Física General, como sucesor de don Luis Zegers.

Este estatuto centra la enseñanza profesional en las Escuelas Universitarias dependientes de las facultades y la labor de investigación científica en los Institutos Universitarios, que tendrán por misión estimular el estudio e investigación de las ciencias puras per se, es decir, sin finalidad utilitaria inmediata, además de propender al perfeccionamiento de la preparación científica necesaria para los estudios profesionales y la docencia superior, lo que resultaba altamente prometedor.

Algunos institutos de carácter netamente científico habían sido creados de hecho ya anteriormente a 1931, entre ellos el Instituto de Física y Matemáticas de la Universidad de Chile, "con el objeto de que los estudiantes pudiesen cursar ramos científicos superiores que les permitiesen obtener el doctorado, en forma parecida a lo que ocurre en las universidades alemanas", al decir de su primer director, señor Alfredo Lagarrigue, en carta de septiembre de 1928 a la firma Hirschwaldsche Buchhandlung, de Berlín, solicitándole el envío de obras científicas para la respectiva biblioteca por un valor de \$ 16.000 de la época (aproximadamente ocho mil marcos).

En la Universidad Católica, entre tanto, por el año 1937, se comenzaba a ofrecer a los estudiantes de ingeniería la posibilidad de obtener el grado de Licenciado en Ciencias Físicas y Matemáticas, cursando a la altura del cuarto y quinto años las asignaturas especiales de Mecánica Superior, Física Atómica y Astronomía, a cargo de los profesores Ramón Salas Edwards y Rubén Toro Valenzuela, al término de los cuales debía desarrollarse una tesis. Algunos distinguidos alumnos siguieron y aprobaron algunos de estos cursos, pero sin llegar a desviarse de su objetivo principal, esto es, la obtención del título de ingeniero. Este intento, desafortunadamente, se desvaneció al cabo de algunos años.

Hacia fines de la década del 40 se estaba ofreciendo también en el Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile una licenciatura sobre la base de los estudios normales para la obtención del título de profesor de estado en física y matemáticas, a los que se agregaban algunos cursos especiales en sustitución de los ramos generales de tipo pedagógico.

Pese a estos esfuerzos, el momento para la física, al parecer, no habría de llegar sino años más tarde.

Es así como, finalmente, llegamos al año 1950 en que la inspiración y el impulso creador decisivo provienen de un humanista: un filósofo y profundo conocedor de la historia, don Juan Gómez Millas, a la sazón Decano de la Facultad de Filosofía y Educación de la Universidad de Chile. Está consciente de la necesidad imperiosa de partir sin más demora con la investigación en Matemáticas y Física, postergada ya por demasiado tiempo.

Impulsó originalmente en dicha facultad la creación de un grupo de investigación en Física Nuclear y Radiación Cósmica y otro en Cristalografía y Física Molecular, encargando de su organización a dos profesores egresados del Instituto Pedagógico con estudios en dichas áreas en Italia e Inglaterra, respectivamente.

Las primeras publicaciones internacionales emanadas de dichos laboratorios aparecieron ambas en 1953, una en *Acta Crystallographica*\* y la otra en *Il Nuovo Cimento*\*\*.

Para 1953, ya como Rector de la Universidad de Chile, don Juan Gómez Millas impulsa decididamente, entre numerosas y profundas reformas estructurales, la vieja aspiración universitaria de la dedicación exclusiva y régimen de tiempo completo, palanca fundamental para la investigación.

En la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, en 1954, establece la creación del Laboratorio de Física Nuclear Pura y Aplicada, decidido a dar un vigoroso y definitivo impulso a la investigación en física, esta vez en una empresa de envergadura desconocida hasta ese momento en nuestro medio por la cuantía de los recursos que ponía en juego. Se adquirió en Holanda un acelerador de partículas tipo Cockcroft-Walton, de 0,8 MeV. Se atrajo de las promociones de ingenieros eléctricos recién egresados a alumnos destacados para formar las primeras dotaciones de futuros investigadores, contratándolos a tiempo completo. Se contrató a un físico nuclear holandés, J.J. van Loef, para conducir las primeras investigaciones y dar la instrucción básica inicial, enviando simultáneamente a algunos de los jóvenes ingenieros a doctorarse en Estados Unidos y Europa. Fueron habilitados: un laboratorio de electrónica nuclear para la mantención y diseño de la instrumentación requerida en los experimentos y uno de radioquímica para manejo de radioisótopos; un

\* *Acta Cryst.* 6, 465 (1953).

\*\* *Nuovo Cimento* 10, 161 (1953).

## NOTICIAS

taller de alto vacío y talleres mecánico, de soplado de vidrio y fotográfico, iniciándose al mismo tiempo la formación de una completa biblioteca especializada. En la consumación de estos hechos transcurrieron en febril actividad los años 1955 al 1957.

La primera publicación internacional en física nuclear experimental emanada de este laboratorio fue enviada al *Physical Review* en 1958, apareciendo publicada en 1959\*\*\*.

En 1958 fue trasladado el Laboratorio de Cristalografía a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas con el nombre de Centro de Cristalografía, buscando un lugar con condiciones más favorables para su desarrollo. Este Centro se integró poco más tarde con el Laboratorio de Física Nuclear para formar, junto a otros grupos de biofísica y matemáticas, el nuevo Instituto de Física y Matemáticas. También en 1958 pasó a depender de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas el Centro de Radiación Cósmica, que mantuvo, sin embargo, su autonomía.

En 1959, obedeciendo a la necesidad de formar físicos en el país, se creó la primera Escuela de Física y Matemáticas, anexa al Instituto. El reglamento del programa de Física fue aprobado en 1962, conduciendo luego de una tesis final al grado de Licenciado en Física, otorgado por el Rector de la Universidad.

En 1963 se creó en la U. de Chile el Instituto de Ciencias, formado por una parte de los integrantes del Instituto de Física y Matemáticas y grupos de investigación en matemáticas, biología y química provenientes de otras facultades. Este nuevo instituto fue el paso transitorio hacia una Facultad de Ciencias, creada finalmente en 1966, que desarrolló un Departamento de Física propio, con objetivos de investigación y formación de físicos con el apoyo del Convenio Universidad de Chile-Universidad de California. Entretanto, el ahora Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas seguía su evolución independientemente, manteniendo su Escuela de Física, la responsabilidad de la docencia en Física para las carreras de la Escuela de Ingeniería y sus propias líneas de investigación.

El Instituto de Física de la Universidad Católica se organizó en 1969, incorporándose en una misma unidad académica a profesores de física que hasta entonces trabajaban en diversas reparti-

ciones de la universidad. Personal académico venido del antiguo Instituto de Física y Astronomía, de la Escuela de Ingeniería, de la Escuela de Educación y también de la Universidad de Chile, fue reunido y organizado para sumar sus esfuerzos en el desarrollo de la física.

A comienzos de la década del 70 se incorporaron los primeros físicos con una formación profesional más o menos completa, habiendo obtenido su doctorado en el extranjero, los que inician algunas líneas de investigación, preferentemente física teórica.

Finalmente, en las Universidades de Concepción, Federico Santa María y de Santiago de Chile (ex Universidad Técnica del Estado), hubo esfuerzos en investigación durante los últimos años del período histórico que hemos considerado, que se tradujeron en algunas publicaciones aisladas, generadas principalmente en el extranjero.

### **RADIOASTRONOMIA Y RADIOASTROFISICA**

La astronomía se inicia en Chile en 1849 con la llegada de la expedición Gillis, del Observatorio Naval de Washington, que traía como objetivo principal un programa para la determinación de la paralaje solar. Pero la astronomía propiamente chilena nace el 17 de agosto de 1852, fecha en que se formaliza la compra por parte del gobierno de Chile de todos los equipos de la misión Gillis, al abandonar ésta el país luego de cumplido su cometido. Se crea entonces el Observatorio Astronómico Nacional, ubicado en el cerro Santa Lucía de Santiago, el que luego se trasladaría sucesivamente a la Quinta Normal de Agricultura, a Lo Espejo y, finalmente, a su actual ubicación en Cerro Calán. Es este Observatorio Astronómico Nacional el que da origen al actual Departamento de Astronomía de la Universidad de Chile.

Con el regreso de uno de sus astrónomos doctorado en astrofísica en la Universidad de Indiana, se inicia en 1963 la investigación en este campo, apareciendo las primeras publicaciones en 1964. Entretanto, gracias a un esfuerzo conjunto chileno norteamericano, fructifica la creación del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo y posteriormente de los otros observatorios del Norte Chico (La Silla y Las Campanas).

La radioastrofísica comienza en 1959 con el trabajo de tesis de un ingeniero eléctrico, consistente en el diseño y construcción de un "telescopio" para radio-observaciones solares. Estas ob-

\*\*\* *Phys. Review* 114, 565 (1959).

servaciones constituyen las primeras observaciones radioastronómicas realizadas en América Latina. Posteriormente se completó el actual radio observatorio de Maipú.

En 1905, el Observatorio de Lick de la Universidad de California instaló en el cerro San Cristóbal de Santiago una estación astronómica para trabajar en el área de la espectroscopia estelar y determinación de velocidades radiales de las estrellas, con el objeto de complementar las observaciones realizadas en el hemisferio norte destinadas a la determinación del movimiento del sol en la galaxia.

En 1928 fue comprado por don Manuel Foster y donado a la Universidad Católica de Chile, continuándose con las observaciones espectroscópicas de estrellas de tipo B y algunas estrellas binarias espectroscópicas hasta el año 1940.

### III. PRINCIPALES GRUPOS DE INVESTIGACION ACTUALES Y SUS CARACTERISTICAS

En el trabajo "Estudio preliminar sobre publicaciones y productividad científica en Chile", de M. Krauskopf y R. Pessot\*, se observa que en el período 1976-1979, de un total de 38 trabajos registrados como originados en Chile, por el Institute for Scientific Information, 31 lo fueron en la U. de Chile, 5 en la U. Católica de Chile, 1 en la U. Austral de Chile, y 1 en la U. T. Federico Santa María.

De los trabajos publicados por autores de la U. de Chile, la mayor parte corresponden al Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas ya que para fines de 1975 la gran mayoría de los investigadores de más alto nivel del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias habían emigrado al extranjero en busca de mejores expectativas, resintiéndose seriamente como consecuencia la actividad de investigación y el programa de formación de graduados del citado departamento. A esto se sumó el hecho de su fusión con el Departamento de Física del Instituto Pedagógico, con lo cual, a los objetivos propios, debió agregar el de formación de profesores para la enseñanza secundaria. Sólo en los últimos años ha comenzado a recuperarse, contando en la actualidad con cinco doctores y dos magister. La Facultad de Ciencias de la que forma parte ha sufrido recientemente una nueva reestructuración por fusión con la Facultad de Ciencias

Químicas, transformándose en la actual Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas.

En el Instituto de Física de la U. Católica de Chile, cuya labor de investigación era débil hasta 1975, ya que recaía sobre la iniciativa personal de unos pocos profesores, se debilitó aún más entre los años 1975-79, con el éxodo al extranjero de varios investigadores en busca de mejores perspectivas económicas. A partir de 1979 el Instituto de Física se ha reactivado notablemente, debido al retorno de casi todos los profesores que se habían alejado, la vuelta de muchos que se encontraban en el extranjero en planes de doctorado y la incorporación de nuevo personal científico idóneamente capacitado. Se están estableciendo nuevas líneas de investigación con una intensa actividad preparatoria.

En la Universidad de Santiago de Chile (ex U. Técnica del Estado), el actual Departamento de Física se creó en 1976, de la fusión de los Departamentos de Física de las Facultades de Ingeniería, de Pedagogía y la Escuela Tecnológica, junto con la creación de una Facultad de Ciencia. Hasta esa fecha, salvo algunos trabajos aislados que originaron algunas publicaciones, no había una investigación formal; en estos momentos se encuentra impulsando la investigación en este campo a través de nuevas contrataciones y el regreso de algunos becados que se encontraban en el extranjero.

En la U. T. Federico Santa María se ha creado recientemente, en 1980, una Facultad de Ciencia, lo que abre nuevas expectativas a su Departamento de Física en el campo de la investigación.

En estos momentos se hacen también esfuerzos por robustecer la investigación en física en la U. de Concepción, la U. Católica de Valparaíso y la Universidad Austral de Chile.

Para los efectos de realizar un análisis de los grupos de investigación que existen en la actualidad, se ha adoptado una división de la física en diversos campos que incluyen a físicos con ciertos intereses comunes. A estos campos han sido asimilados los distintos grupos que en la actualidad se reconocen como realizando algún tipo de investigación original en forma sistemática o en vías de establecerla en las universidades del país, sea ésta teórica o experimental, pura o aplicada.

En este análisis se ha incluido la biofísica como un campo interdisciplinario, atendiendo a que no fue abarcada en el estudio sobre la investigación en ciencias biológicas y que, además, un grupo activo en este campo forma parte importan-

\* Arch. Biol. Méd. Exp. 13, 195 (1980).

## NOTICIAS

te de uno de los departamentos de Física mencionados a continuación.

En igual forma ha parecido oportuno incluir la astrofísica, al constatarse que dentro del programa sobre "Las Actividades de Investigación y Desarrollo en Chile", no aparecía contemplado en particular un estudio sobre la situación de la astronomía, donde la astrofísica habría debido figurar. La geofísica, en cambio, aparece en el estudio sobre la investigación en ciencias de la tierra y, por lo tanto, no se incluye en el presente análisis.

En cada campo se ha consignado el número de integrantes, por grupo junto a la identificación de la unidad académica donde desarrollan su actividad. Como información adicional al tamaño del grupo se acompaña el número de los que tienen un grado de doctor o de magister y para dar una idea de la actividad desarrollada, el número total de publicaciones en revistas científicas con comité editor, de circulación internacional, desde que se inició la actividad, indicando el número de ellas que han tenido su origen en el país. De esta manera, en adelante, al referirnos a publicaciones, entenderemos que se trata solamente de este tipo de publicaciones internacionales, de donde se han excluido, además, los extractos (abstracts) y las comunicaciones a congresos. Por último, de haberlos, se citan los contactos permanentes de tipo nacional o internacional del grupo.

Hay casos en que la actividad de un determinado grupo o investigador pudo haber sido asimilada igualmente bien a uno cualesquiera de dos o más campos. La decisión de elegir uno determinado de ellos se ha tomado, generalmente, tras las debidas consultas, evitando posibles duplicidades o distorsiones.

Entre los físicos teóricos, como ya ha sido mencionado anteriormente, el trabajo de investigación tiene un carácter más individual, lo que se traduce en que dichos grupos lo sean más bien en cuanto a una interrelación entre físicos que trabajan en una misma área dentro de una misma unidad académica, que a una labor propiamente de equipo para trabajar en un determinado problema en común.

### **FISICA DE PARTICULAS Y GRAVITACION**

La investigación dentro de este campo es esencialmente teórica y se desarrolla independientemente en seis unidades académicas.

1. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile esta actividad se inició a mediados de 1962, básicamente en física de partículas y teoría de campos. En la actualidad, incluyendo gravitación, se cuenta con 5 investigadores: 3 con grado de doctor y 2 con grado de magister.

El número total de publicaciones hasta 1981 es de 87, de las cuales 59 han sido realizadas en el país

2. En el departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile esta área fue cultivada en forma prioritaria hasta 1973. En la actualidad trabajan en ella un doctor y un magister, esperándose que adquiera un nuevo impulso tan pronto regresen del extranjero por lo menos tres de los cuatro investigadores que se encuentran trabajando en sus doctorados.

El número total de publicaciones realizadas hasta la fecha es de 28, de las cuales 22 han tenido su origen en Chile.

3. En el Instituto de Física de la Universidad Católica de Chile, esta actividad se inició en 1974. Interrumpida en 1976 se reinició en 1980. Actualmente hay dos investigadores, ambos doctores, uno de los cuales se integró a fines de 1980. En total se han publicado 7 trabajos, 6 de ellos originados en el país.

4. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad Técnica Federico Santa María hay un investigador con el grado de doctor que mantiene estrechos vínculos con el Acelerador Lineal de Stanford (SLAC), en los Estados Unidos. Tiene 7 publicaciones, 2 de las cuales han sido realizadas en Chile.

5. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile trabaja actualmente en esta área 1 doctor, con 3 publicaciones, 1 de las cuales ha sido realizada en el país.

En 1979 fue publicado un trabajo aislado en esta área originado en la Universidad Austral de Chile, que es el que aparece registrado en el trabajo de Krauskopf y Pessot, mencionado anteriormente.

6. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Concepción hay dos investigadores trabajando en este campo. Hay 1 publicación originada en el país.

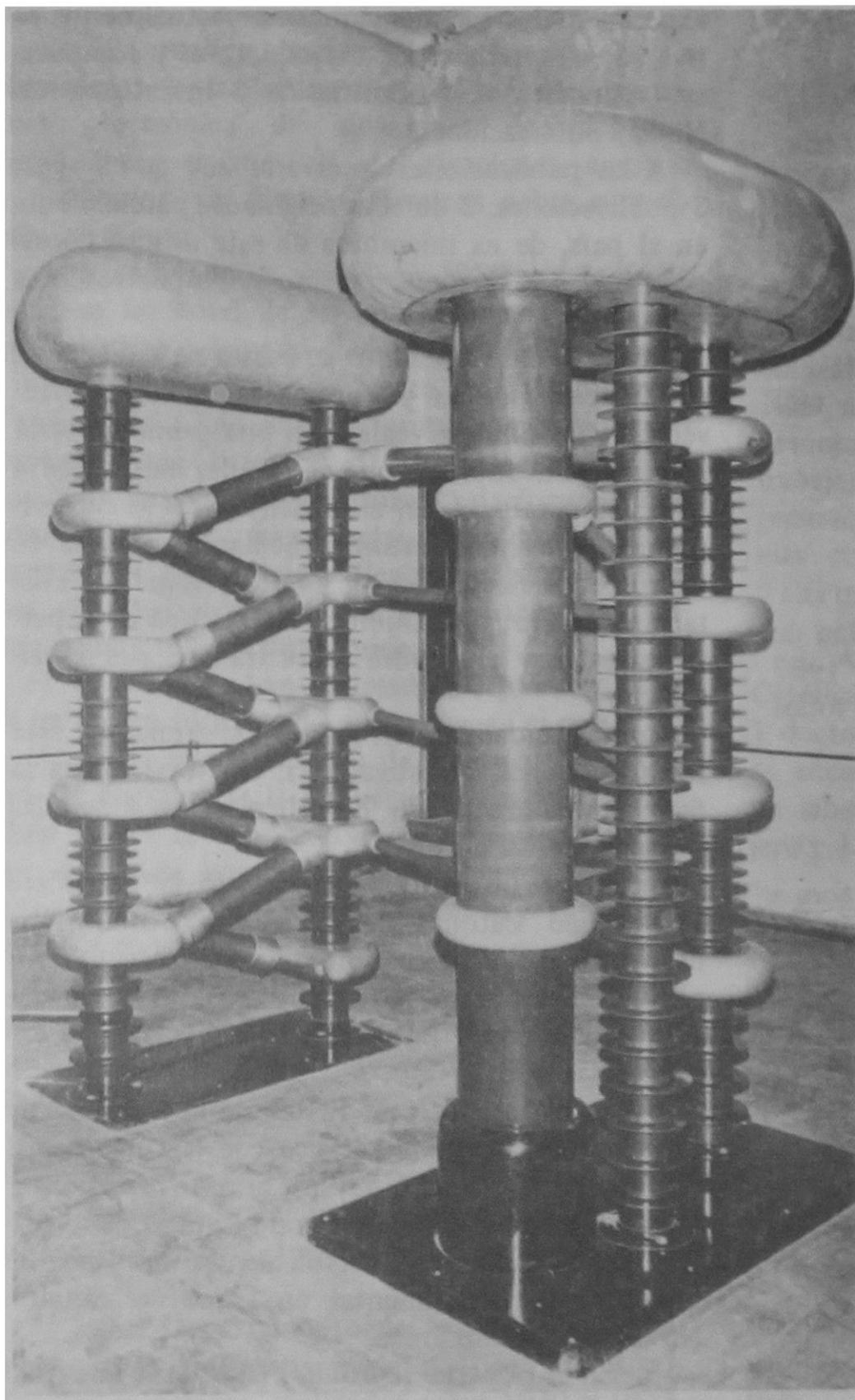
## FISICA NUCLEAR

### A. Física nuclear experimental

Esta actividad comenzó en el país en 1955 con la instalación del acelerador de partículas, tipo Cockcroft-Walton, de 0,8 MeV, en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, el que se mantuvo en operación hasta 1967. Durante ese último año entró en operación el ciclotrón de 22" de la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas (ex Facultad de Ciencias), de la misma Universidad, que operó hasta 1975.

En esta área, en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas se generaron 19 publicaciones, la última en 1974, 12 de las cuales se originaron en Chile. De estas últimas, 9 tienen relación directa con el Cockcroft-Walton.

En la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas se generaron 12 publicaciones, 5 de ellas originadas en el país. En 1980 se ha puesto nuevamente en operación el ciclotrón para desarrollar en una primera etapa una línea de física nuclear aplicada al análisis elemental y estudio de radiación X inducida por iones. Este grupo está formado en la actualidad por 1 doctor y 2 colaborado-



*Acelerador Cochcroft-walton en torno al cual se inició el ex Laboratorio de Física Nuclear de nuestra Facultad.*

## NOTICIAS

res, que mantiene contactos con el Crocker Nuclear Laboratory de la Universidad de California, Davis, USA.

Cuenta también con la participación de 1 doctor de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile.

### **B. Física nuclear teórica**

Hay 4 doctores que trabajan independientemente en este campo:

1. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile: 1 doctor regresado en 1980, con 10 publicaciones, todas ellas en el extranjero.

2. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile: 1 doctor, con 15 publicaciones, 5 de ellas originadas en el país.

3. Departamento de Física, Facultad de Ciencia, Universidad Técnica Federico Santa María: 1 doctor con 5 publicaciones en el período 1970-72, todas ellas en el extranjero.

4. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile trabajó desde 1978 un doctor en física nuclear, de nacionalidad alemana. Su actividad desde entonces se ha concentrado en la física nuclear teórica y en aplicaciones médicas de las radiaciones nucleares. En Chile tiene 1 publicación.

### **FISICA ATOMICA Y MOLECULAR**

En esta área se investigó en la ex Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile entre 1967 y 1971. Se publicaron 4 trabajos teóricos, todos realizados en el país.

### **MATERIA CONDENSADA**

En este extenso campo se trabaja en forma tanto experimental como teórica en aspectos relacionados con la estructura y propiedades físicas de la materia condensada.

#### **A. Investigación experimental**

1. a) En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas en la Universidad de Chile existe un grupo compuesto por 5 investigadores, entre los que se cuentan 1 doctor y 1 magister, que utilizan técnicas de difracción de rayos X en el estudio estructural de complejos metálicos, caracterización de minera-

les y estudio de polímeros. Esta actividad se inició en el Instituto Pedagógico en 1951, trasladándose en 1958 a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, con 4 publicaciones. En la actualidad totaliza 55 publicaciones, 32 de las cuales han sido originadas en el país.

b) En la misma unidad académica hay otro grupo de investigación que utiliza técnicas de difracción de electrones y microscopía electrónica propiamente tal en el estudio de películas bimetálicas delgadas y simetría de sustancias monocristalinas. Está compuesto actualmente por 3 investigadores, 2 de ellos con grado de magister. A la fecha se cuenta con 29 publicaciones, 17 de las cuales han sido realizadas en el país.

c) Otro grupo es el de criogénesis que originalmente trabajaba en cooperación con los grupos experimentales ya mencionados. Actualmente se trabaja en materiales superconductores y compuestos termoeléctricos. Consta de 2 investigadores. No hay publicaciones.

A las publicaciones anteriores hay que agregar 3 publicaciones, 2 de ellas originadas parcialmente en el país, de ex miembros de este mismo departamento, en ferromagnetismo y espectroscopia Mössbauer.

2. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile se realizó en una primera época investigación sobre propiedades de materiales a bajas temperaturas. En el presente, ésta se encuentra centrada en a) estudio mediante técnicas de microscopía electrónica de la morfología del cristal imperfecto; b) estructura electrónica de superficies reales, y c) estudio sobre transiciones metal-aislador.

En la actualidad el grupo experimental está formado por 2 investigadores. En total, hasta la fecha, se han realizado 9 publicaciones, 4 de ellas originadas en el país.

3. En el Instituto de Física de la Pontificia Universidad Católica de Chile existe una línea de investigación experimental en defectos en cristales compuesta por 2 investigadores, ambos doctorados, con 1 publicación originada en el extranjero.

4. En el Instituto de Física de la Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas de la Universidad Católica de Valparaíso hay un grupo formado por 6 investigadores, 2 de ellos con el grado de magister, que se encuentran estableciendo una línea de investigación experimental en física de metales. No tienen publicaciones.

5. En el Departamento de Física de la Facultad

de Ciencia de la Universidad Técnica Federico Santa María hay en esta área un grupo constituido por 5 investigadores (2 doctores y 2 magister) en el área de óptica de sólidos (fotoluminiscencia-centros de color), e implantación de iones.

En el período 1980-81 tienen 3 publicaciones generadas en el extranjero.

### **B. Investigación teórica**

1. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile hay un grupo de 4 investigadores (de los cuales 1 es doctor y 2 son magister), con la colaboración de investigadores de otras áreas y con contactos con físicos de la Universidad Católica, Venezuela y Canadá.

En la actualidad se investiga sobre correlación electrónica y transiciones metal-aislador; estructura electrónica de aleaciones desordenadas; propiedades magnéticas de aleaciones amorfas y Scattering de átomos térmicos sobre superficies cristalinas.

Esta actividad se inició en 1970 y a la fecha se tiene un total de 35 publicaciones, 26 de las cuales se han originado en el país.

2. En el Instituto de Física de la Universidad Católica de Chile hay un grupo formado por 5 investigadores (4 doctores y 1 magister), que trabajan principalmente en líneas relacionadas con transiciones de fase metal-aislador; impurezas magnéticas en metales; aleaciones binarias; sólidos en campos magnéticos y eléctricos intensos; semiconductores y superfluidez.

A la fecha se han realizado 30 publicaciones, de las cuales 16 han sido originadas en el país.

3. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile se ha incorporado recientemente 1 doctor que investiga en problemas de conducción en materiales muy anisotrópicos. No hay aún publicaciones en Chile.

Este Departamento cuenta con 8 publicaciones anteriores en el área de la física de la materia condensada, todas ellas generadas en el extranjero.

4. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Concepción hay 2 investigadores, uno de ellos con el grado de doctor. Hay 2 publicaciones recientes originadas en el país.

5. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas hay 4 publicaciones aisladas, realizadas entre 1970 y 1972,

una de ellas generada en el país. En la actualidad no hay investigación teórica en este campo.

### **PLASMA Y FLUIDOS**

1. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile se inició en 1965 un grupo teórico-experimental en física del plasma que desarrolló su actividad hasta 1976. Luego del diseño y construcción de un tubo de choque se desarrollaron métodos de diagnóstico mediante diversos tipos de sondas, obteniéndose los perfiles radial y axial del plasma. En la línea teórica se trabajó principalmente en interacción resonante de ondas, interacción no-lineal onda partícula y ondas de choque con y sin colisión.

Se publicaron 4 trabajos, todos ellos generados en el país.

2. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile se ha reincorporado un doctor chileno luego de largos años de residencia en el extranjero, que tiene una gran cantidad de publicaciones. En Chile, dentro del área de la física del plasma teórica, ha publicado 2 trabajos durante 1981, totalizando el Departamento 3 publicaciones en esta área. Junto a un magister, se piensa trabajar en estabilidad de plasmas cilíndricos; generación de ondas iónicas ciclotrónicas en plasmas compuestos y generación de ondas iónicas y electrónicas.

3. Al Instituto de Física de la Universidad Católica de Chile se ha incorporado recientemente 1 doctor en el área de plasma experimental, quien se encuentra en la etapa inicial de formación de un laboratorio. Tiene 1 publicación en el extranjero y 1 en el país.

4. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile se publicaron 2 trabajos teóricos sobre estabilidad de plasmas entre 1970 y 1972.

### **FISICA MATEMATICA**

En este campo hay 2 físicos teóricos, ambos doctores, en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, uno de los cuales ha regresado recientemente desde los Estados Unidos. En conjunto suman 12 publicaciones, una de las cuales ha sido originada en el país.

# NOTICIAS

## OPTICA

1. En el Instituto de Física de la Universidad Católica de Chile se ha formado en 1980 un grupo teórico experimental en el área de la óptica cuántica integrado por 4 investigadores, de los cuales 2 tienen el grado de doctor. Desde esa fecha, han generado 5 publicaciones originadas en el país.

2. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile hay un investigador en propiedades ópticas de superficies y películas delgadas sólidas. Tiene 11 publicaciones, 9 de ellas originadas en el país.

3. En la Universidad Católica de Valparaíso se ha formado un grupo experimental en espectroscopia de Laser, que en este momento se encuentra desarrollando un proyecto de construcción de un láser de colorante. Está formado por 4 investigadores, uno de los cuales tiene el grado de magister. No hay publicaciones.

## ASTROFISICA Y COSMOLOGIA

### A. Astrofísica Teórica

En esta línea de investigación teórica desarrollan su actividad 2 doctores en las siguientes unidades académicas:

1. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1 doctor, 3 publicaciones, 1 originada en el país.

2. Departamento de Física, Facultad de Ciencia, Universidad de Santiago de Chile, 1 doctor, 3 publicaciones, 1 originada en el país.

### B. Astrofísica Experimental

1. En el Departamento de Astronomía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, hay dos grupos en astrofísica experimental:

a) Astrofísica observacional, con 7 investigadores, 5 de los cuales son doctores y 1 magister. Tienen 76 publicaciones, 49 de ellas originadas en el país.

b) Radioastrofísica, con 5 investigadores, entre los cuales se tiene 1 doctor y 3 magister. Tienen 47 publicaciones, de las cuales 29 son originadas en el país.

El primero de estos grupos tiene acceso a la infraestructura experimental de los observatorios del Norte Chico.

2. En la Universidad de Santiago de Chile hay 1 magister en este campo con 1 publicación realizada en el país.

3. En la Universidad Católica de Chile hay un grupo de 4 investigadores, 3 de los cuales son doctores. Dos de ellos se han integrado recientemente, uno de los cuales trabajó en Europa por largo tiempo y tiene numerosas publicaciones.

### C. Radiación Cósmica

La actividad en este campo comenzó en 1951. Desde 1958 depende de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. El grupo en la actualidad está compuesto por 3 investigadores. Hay 10 publicaciones, 4 de ellas originadas en Chile.

## BIOFISICA

1. En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile existe un grupo teórico-experimental compuesto en la actualidad por 6 investigadores.

En el marco teórico se trabaja en problemas de evolución molecular y teoría de información y la investigación experimental se desarrolla en torno al estudio de procesos primarios en fotosíntesis y daños por radiación, radioprotectores moleculares, mecanismos de reparación y filtros biológicos.

Desde 1957 se han realizado 65 publicaciones, 64 de las cuales han sido originadas en el país.

2. En el Instituto de Física de la Universidad Austral de Chile existe en esta área un grupo compuesto por 5 investigadores que trabajan en efectos de radiaciones sobre células. Desde 1970 se han realizado 6 publicaciones, 2 de ellas originadas en Chile.

3. En el Departamento de Física de la ex Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile se publicaron 3 trabajos en esta área en 1966, originados en el país.

## FISICA APLICADA

Debido al carácter básico de la física señalado en un comienzo que se proyecta a otras ciencias y a la técnica, es dado esperar y así ocurre en realidad, que en diversos lugares a lo largo del país, y no necesariamente sólo en departamentos de física, se realicen actividades que se pueden calificar como de física aplicada. Detectar, calificar

y clasificar estas actividades no está dentro de los objetivos del presente trabajo.

El problema que plantea en el futuro inmediato la creciente demanda energética y el agotamiento de las fuentes tradicionales de energía, por ejemplo, ha impulsado el desarrollo de una gran actividad en este campo, en diversas unidades académicas del norte, centro y sur del país.

Ahora bien, investigación propiamente tal en el campo de la física aplicada, en el sentido de estudio y desarrollo de nuevas aplicaciones, se está empezando recién a encarar seriamente como objetivo en los planes de investigación de diversas unidades académicas.

A continuación se señalan algunas líneas de física aplicada dentro de las instituciones ya analizadas, donde se persiguen diversos objetivos ya sea de investigación de nuevas aplicaciones o de utilización de infraestructura experimental para adaptar y hacer posible su empleo en el país de sofisticadas técnicas de alto contenido físico.

1. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

a) Biofísica. Actualmente se investiga en producción de biomasa y energía a partir de microorganismos fotosintéticos y no-fotosintéticos, como asimismo en purificación de aguas servidas mediante electrólisis.

b) Utilización del láser en el estudio de aerosoles atmosféricos por técnicas de extinción y absorción resonante (técnicas LIDAR).

c) Problemas de conversión de energía: generación termoeléctrica, celdas solares de S Cd y colectores planos y de concentración.

2. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Básicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.

a) Producción de radioisótopos de vida media corta como  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$  y  $^{15}\text{O}$  mediante el haz interno de deuterones de 4,2 MeV en el ciclotrón.

b) Análisis elemental por radiación X inducida mediante bombardeo con iones. Determinación de contaminantes en la atmósfera, en aguas y estudio de sedimentos.

3. Instituto de Física, Universidad Católica de Chile.

a) Utilización de técnicas de termoluminiscencia en la datación de cerámicas antiguas.

b) Utilización de microprocesadores en el diseño y construcción de instrumental de medición para satisfacer necesidades en problemas específicos. Aplicación de las técnicas de software.

c) Aplicación de técnicas y métodos generales de la física en problemas del área agronómica.

4. Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Santiago de Chile.

a) Análisis elemental de contaminación atmosférica particulada.

b) Contaminación acústica y acústica ultrasónica.

c) Termoluminiscencia.

d) Refracción y absorción de ondas electromagnéticas en películas metálicas delgadas. Física del color y estudio de emulsiones fotográficas.

e) Procesamiento de imágenes en medicina nuclear (en colaboración con la Comisión Chilena de Energía Nuclear).

#### IV. PRODUCTIVIDAD

El resultado de la actividad de investigación que ha sido conducida en el país en diversos campos de la física, expresado en el número de publicaciones en revistas internacionales a que ella ha dado origen durante el período de algo más de veinticinco años que media desde su iniciación hasta el presente, aparece consignado en el Cuadro N.º 1, adjunto al nombre de cada unidad académica responsable. Ha parecido conveniente también consignar en forma separada el número de esas publicaciones internacionales que se han originado desde Chile, para que sirva como un elemento de diagnóstico que ayude a dar una idea acerca de la mayor o menor solidez lograda en el transcurso del tiempo en esta actividad, para distintos campos de la física y en las difíciles condiciones del medio nacional. Para hacer esta separación bastó en la mayor parte de los casos la dirección con que aparecen el o los autores del trabajo y sólo en contadas ocasiones se requirió de información adicional.

El cuadro N.º 2, que no incluye biofísica ni astrofísica experimental, muestra las cifras totales de publicaciones de física realizadas en revistas internacionales correspondientes a cada unidad académica, y en columnas vecinas los totales correspondientes a las que han sido originadas en el país y cuántas de ellas son de carácter experimental y cuántas de carácter teórico.

Del análisis de esta información se advierte que una actividad de investigación significativa se ha desarrollado hasta el momento solamente en Santiago, y en particular en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, la ex Facultad de Ciencias de la misma Universidad y el Instituto de Física de la Universidad Católica de Chile, las que concentran el 57,30/o, el 28,10/o y el 11,40/o, respectivamente,

# NOTICIAS

CUADRO N° 1  
PUBLICACION POR INSTITUCION

|                            | PARTICULAS Y GRAVITACION |    | FISICA NUCLEAR |    | FISICA ATOMICA Y MOLECULAR |    | MATERIA CONDENSADA |    | PLASMA Y FLUIDOS |    | FISICA MATEMATICA |   | OPTICA |   | ASTROFISICA Y COSMOLOGIA |    | BIOFISICA |    | TOTALES |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
|----------------------------|--------------------------|----|----------------|----|----------------------------|----|--------------------|----|------------------|----|-------------------|---|--------|---|--------------------------|----|-----------|----|---------|----|---|----|---|-----|----|--|--|----|----|-----|-----|--|
|                            | teor                     |    | exp            |    | teor                       |    | exp                |    | teor             |    | exp               |   | teor   |   | exp                      |    | teor      |    | exp     |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
|                            | T                        | N  | T              | N  | T                          | N  | T                  | N  | T                | N  | T                 | N | T      | N | T                        | N  | T         | N  | T       | N  | T | N  |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| Depto de Física<br>FCE y M | 91                       | 59 | 10             | 19 | 12                         |    |                    | 4  | 1                | 86 | 50                | 4 | 4      |   |                          |    |           | 11 | 9       | 3  | 1 | 10 | 4 |     |    |  |  | 65 | 64 | 315 | 205 |  |
|                            |                          |    |                |    |                            |    |                    |    |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| Depto de Astron<br>FCF y M |                          |    |                |    |                            |    |                    |    |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
|                            |                          |    |                |    |                            |    |                    |    |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| Depto de Física<br>FCB y F | 28                       | 22 | 15             | 5  | 12                         | 5  | 4                  | 4  | 35               | 26 | 9                 | 4 | 3      |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
|                            |                          |    |                |    |                            |    |                    |    |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| U C de Ch.                 | 7                        | 6  |                |    |                            |    |                    | 30 | 16               | 1  |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| U A CH                     | 3                        | 1  | 1              |    |                            |    |                    | 8  |                  |    |                   |   | 2      | 2 |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| UTFSM                      | 7                        | 2  | 5              |    |                            |    |                    | 3  |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| U de C                     | 1                        | 1  |                |    |                            |    |                    | 2  |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| U A. Ch                    | 1                        | 1  |                |    |                            |    |                    |    |                  |    |                   |   |        |   |                          |    |           |    |         |    |   |    |   |     |    |  |  |    |    |     |     |  |
| TOTALES                    | 138                      | 92 | 31             | 5  | 31                         | 17 | 4                  | 79 | 43               | 99 | 54                | 9 | 9      | 1 | 1                        | 12 | 1         | 5  | 5       | 11 | 9 | 6  | 2 | 133 | 82 |  |  | 74 | 69 |     |     |  |

T = NUMERO TOTAL DE PUBLICACIONES INTERNACIONALES

N = NUMERO TOTAL DE PUBLICACIONES INTERNACIONALES ORIGINADAS EN CHILE

**CUADRO N° 2**  
**TOTALES DE ARTICULOS PUBLICADOS HASTA 1981**

|                      | NUMERO TOTAL<br>DE PUBLICACIONES | PUBLICACIONES<br>TEORICAS | PUBLICACIONES<br>EXPERIMENTALES | NUMERO DE<br>PUBLICACIONES<br>ORIGINADAS EN CHILE | PUBLICACIONES<br>TEORICAS ORIGINADAS<br>EN CHILE | PUBLICACIONES<br>EXPERIMENTALES<br>ORIGINADAS EN CHILE |
|----------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|--|--|
| U. de Ch.<br>FCF y M | 250 (57.3)                       | 124 (43.7)                | 126 (88.1)                      | 141 (57.3)  | 66 (41.0)  | 75 (88.2)  |
| U. de Ch.<br>FCB y F | 106 (24.3)                       | 85 (29.9)                 | 12 (8.4)                        | 69 (28.1)   | 60 (37.3)  | 9 (10.6)   |
| U. C. de Ch.         | 44 (10.2)                        | 42 (14.8)                 | 2 (1.4)                         | 28 (11.4)   | 27 (16.8)  | 1 (1.2)  |
| USA CH               | 17 (3.9)                         | 17 (6.0)                  |                                 | 4 (1.6)   | 4 (2.5)  |  |
| UTFSM                | 15 (3.4)                         | 12 (4.2)                  | 3 (2.1)                         | 2 (0.8)   | 2 (1.2)  |  |
| U de C               | 3 (0.7)                          | 3 (1.0)                   |                                 | 1 (0.4)   | 1 (0.6)  |  |
| U A de Ch            | 1 (0.2)                          | 1 (0.4)                   |                                 | 1 (0.4)   | 1 (0.6)  |  |
| <b>TOTALES</b>       | <b>436</b>                       | <b>284</b>                | <b>143</b>                      | <b>246</b>  | <b>161</b>                                       | <b>85</b>  |

LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS CORRESPONDEN A LOS PORCENTAJES DE LOS NUMEROS QUE LOS PRECEDEN RELATIVOS AL TOTAL QUE APARECE AL PIE DE LA COLUMNA RESPECTIVA

de la totalidad de nuestras publicaciones internacionales de física que se han originado desde el país hasta el año 1981.

Tal como lo señaláramos anteriormente, la adopción en el momento oportuno por parte de autoridades universitarias de decisiones que implicaron una cierta política de hacer investigación en física en la universidad, reconociendo, por fin, la verdadera importancia que esta actividad reviste

tanto para la cultura como para el futuro desarrollo del país, significó el florecimiento y un ritmo creciente de desarrollo de una labor verdaderamente creadora, con la consolidación de algunas líneas definidas de investigación en el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Esta situación le valió ya en 1967 a este Departamento ser designado como sede y organizador de la IX

# NOTICIAS

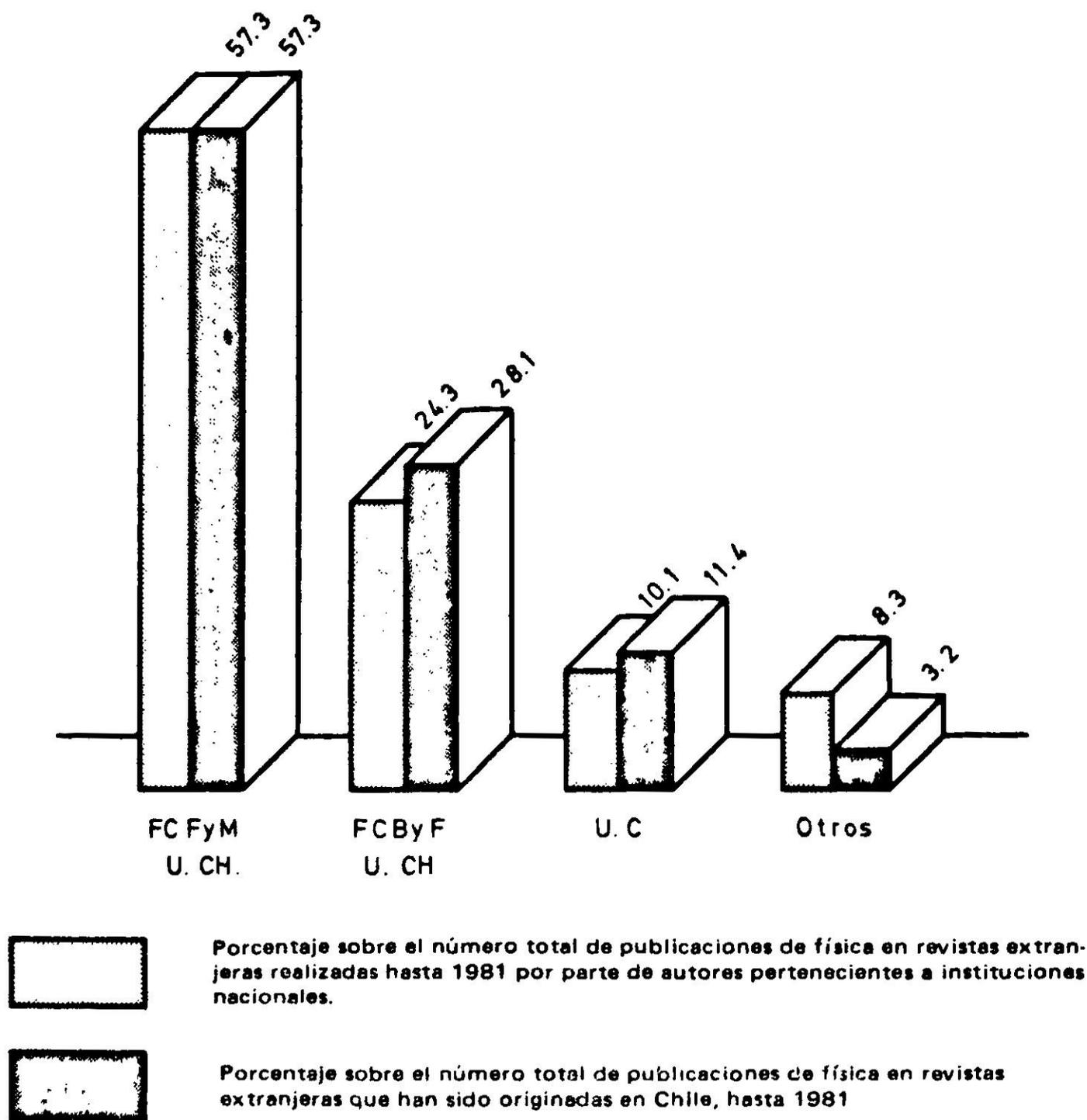


FIG. N° 3

Escuela Latinoamericana de Física (ELAF) y su designación en 1969 como Centro responsable en Chile del Plan Multinacional de Física, de la Organización de los Estados Americanos, responsabilidad que pasara a compartir tres años más tarde con el Departamento de Física de la entonces Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, que por entonces progresaba rápidamente con el decisivo apoyo del Convenio Universidad de Chile-Universidad de California.

Este acelerado ritmo de creciente desarrollo de la actividad de investigación en el campo de la física —en algún momento hasta algo inorgánico por fuerza de las circunstancias—, que daba

muestras de hacerse extensivo a otras universidades, se vio afectado por la acentuada crisis que afectara al país desde fines de la década del 60, y cuyas primeras manifestaciones ya se habían dejado sentir en el sistema universitario con anterioridad como resultado de la forma en que evolucionaron las reformas iniciadas en 1967.

La figura N.º 4, muestra el número de publicaciones de física en revistas internacionales con origen en el país, por año, para el período 1967-1981. Se advierte una clara disminución de la actividad de investigación en el Departamento de Física de la ex Facultad de Ciencias en la Universidad de Chile, reflejada en un brusco descen-

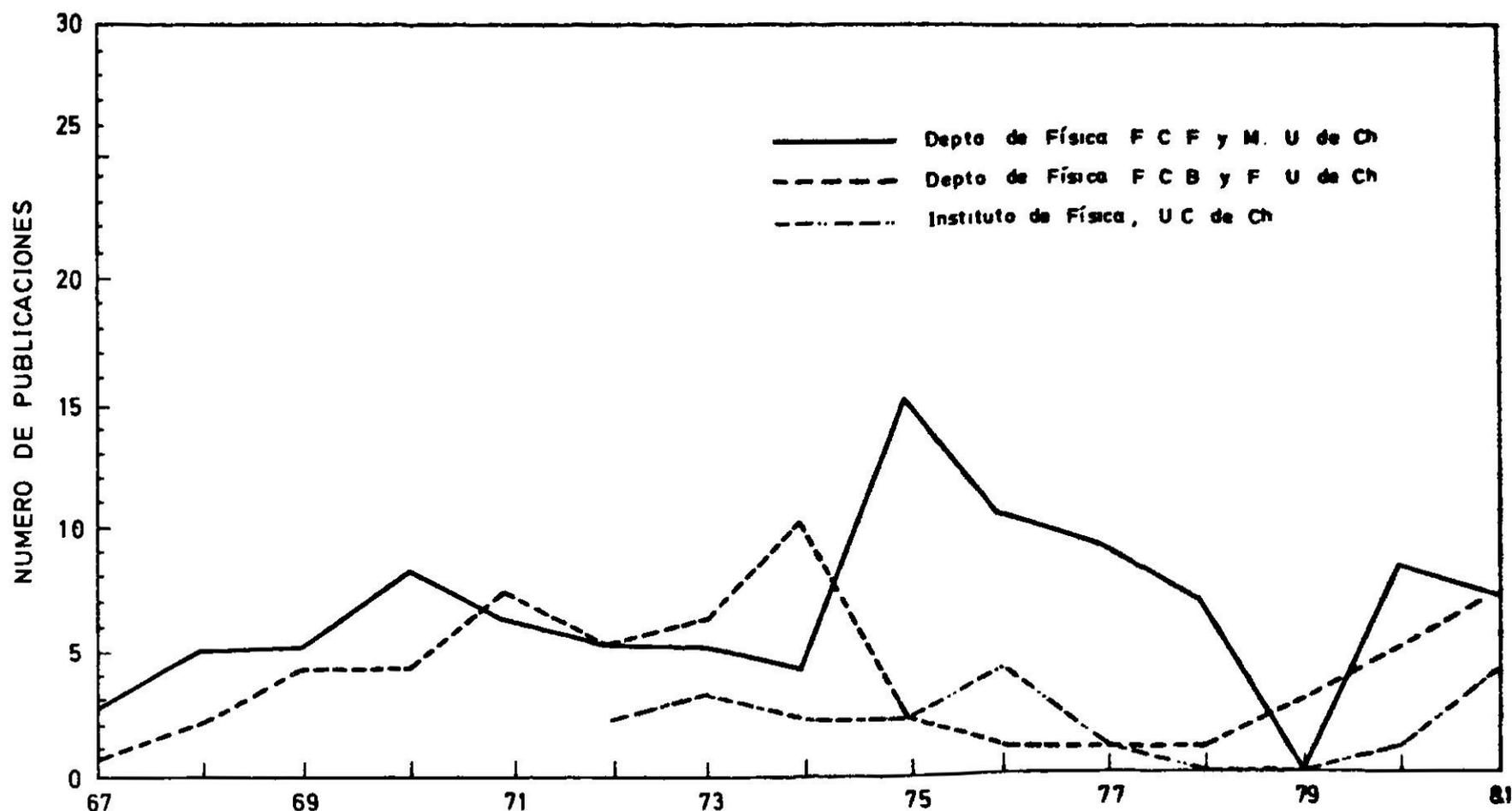


FIG. 4 ARTICULOS DE FISICA ORIGINADOS EN CHILE PUBLICADOS EN REVISTAS EXTRANJERAS (1967 - 1981). (No incluye biofísica ni astrofísica experimental)

so en el número de sus publicaciones correspondientes al año 1975 y siguientes debido a la pérdida de investigadores experimentada por dicho plantel. Este mismo fenómeno se produce luego, en 1977, en el Instituto de Física de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile se observa, en cambio, un marcado aumento en el número de sus publicaciones a partir de 1975, por sobre el promedio de los años anteriores. En 1979 tuvo una inexplicable caída a cero para recuperarse posteriormente.

La tendencia general en estos tres planteles a partir de 1979 parece ser de franca recuperación.

Ahora bien, se ha advertido desde fines de 1980, principalmente por parte de la Universidad Católica de Chile y de la Universidad de Santiago de Chile, una agresiva política de formación de cuadros de investigadores seleccionados, revelando la decisión de dar un vigoroso impulso a la investigación en física, disponiendo para ello de fondos y de decisión para utilizarlos.

Desde otro punto de vista ahora, aceptando, por una parte, que una publicación experimental, en promedio, demande un tiempo más prolongado

de gestación que una teórica, debido a preparativos y diversas limitaciones e imponderables inherentes a su naturaleza y, por otra, aduciendo su carácter colectivo (involucra a menudo a varios investigadores de un equipo), pareciera razonable esperar de un plantel, a igual número de investigadores de ambos tipos, un mayor número de publicaciones teóricas.

Observamos en el cuadro N.º 2, que la proporción de trabajos teóricos en el total de sus publicaciones internacionales en física, originadas en Chile, es de 49,6%, 80,2% y 95,5%, respectivamente, para cada uno de los tres planteles de mayor producción que hemos analizado. En el caso de la Universidad Católica de Chile, el elevado porcentaje de 95% obedece al hecho de que la mayor parte de sus físicos activos en investigación a lo largo del período 1972-1981 han sido teóricos.

En el caso del Departamento de Física de la ex Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile integrando en el tiempo, ha habido un predominio teórico por diferentes causas.

En cuanto al Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, la cifra de prácticamente 50% es correcta desde

## NOTICIAS

el punto de vista del período de 25 años considerado para ella, pero no manifiesta la evolución relativa de la investigación experimental y teórica. Esta última partió cinco años más tarde y durante algunos años el número de sus publicaciones de origen chileno por años fue inferior al experimental. Esto significa que también aquí la investigación teórica ha pasado a predominar en los últimos diez años.

### V. AREAS DE PRIORIDAD

Un marcado efecto observado en el último decenio consiste en el debilitamiento progresivo de la investigación experimental. En una época, la dificultad para obtener repuestos y accesorios, y ahora la obsolescencia de gran número de equipos determinada por el inexorable paso del tiempo, por una parte, y el progreso tecnológico, por otra, hacen cada día más difícil desenvolverse en este campo a nivel competitivo. Hay áreas de investigación donde no bastan la capacidad y el ingenio: se precisa, además, de una infraestructura experimental adecuada.

Estas dificultades experimentales desincentivan a los estudiantes que en su gran mayoría prefieren en la actualidad tentar suerte en el campo teórico, produciéndose un peligroso círculo vicioso al no producirse nuevas generaciones de físicos experimentales. Dado el tiempo que requiere la formación completa de un investigador de esta naturaleza, se comprende que se requiera de acciones rápidas en esta materia.

Este fenómeno ha producido un notable desequilibrio entre la física experimental y la física teórica, con un marcado predominio de esta última.

No cabe duda que el hecho de contar con un buen número de físicos teóricos altamente calificados es importante para las metas de investigación y deja en claro que el país cuenta con el potencial humano y la capacidad suficiente para formarlos: dos congresos recientes de físicos teóricos chilenos que trabajan dentro y fuera del país, realizados en Santiago, así lo han demostrado. Pero, desde otro punto de vista, el debilitamiento de la física experimental refleja en parte importante nuestro grado de subdesarrollo.

Como de primera prioridad debería calificarse la necesidad de crear una sólida infraestructura experimental y cuadros de calificados investigadores experimentales en física de la materia condensada y física atómica y molecular, robusteciendo, además, las líneas de investigación ya exis-

tentes en diversas universidades. Para acortar el tiempo de recuperación debería contratarse personal calificado con experiencia en investigación activa que diera un significativo impulso a esta actividad. La inversión correspondiente puede ser costosa, pero de expectativas de gran rendimiento y beneficios marginales en lo que toca a la tecnología.

Debería estimularse y apoyarse la creación de laboratorios de física aplicada, donde pudiera producirse una adecuada colaboración de los físicos a la solución de problemas tecnológicos específicos.

### VI. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

El número de doctores que integran los grupos resulta importante desde el punto de vista de su evolución, productividad y calidad de la investigación, pero existen también algunos investigadores no doctorados, pero con una sólida formación en física que han contribuido con un número considerable de excelentes publicaciones.

En la actualidad en las distintas unidades académicas analizadas hay 23 doctores teóricos y 8 experimentales activos en investigación en física, distribuidos en la siguiente forma:

|                    | teóricos | experimental |
|--------------------|----------|--------------|
| F.C.F. y M., U.CH. | 7        | 1            |
| F.C.B. y F., U.CH. | 4        | 1            |
| U.C.               | 6        | 5            |
| U.SA., CH.         | 3        | 1            |
| U.T.F.S.M.         | 2        | 2            |
| U. Conc.           | 1        | —            |

Hay otros doctores que desempeñan cargos de administración superior, de los cuales sólo algunos tienen por el momento alguna participación activa en investigación.

Actualmente existen programas de formación de físicos en los siete planteles hasta ahora mencionados.

a) Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Programa conducente al grado de magister en Ciencias con mención en Física.

Desde su iniciación ha habido 32 graduados: 13 licenciados y 19 magister\*.

b) Departamento de Física de la Facultad de

\* El grado de magister pasó a reemplazar al de licenciado a partir de 1973.

Ciencias Básicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.

Programas de magister y doctorado.

Hasta la fecha se han graduado 71 licenciados, 3 magister y 3 doctores.

c) Instituto de Física, Universidad Católica de Chile.

Programa de licenciatura y doctorado.

Asimismo existen programas conducentes al grado de magister en la Universidad de Santiago de Chile, la Universidad Católica de Valparaíso y la Universidad de Concepción.

En la Universidad Austral de Chile existe un Instituto de Verano de Física, dependiente de su Facultad de Ciencias, que ofrece anualmente cursos intensivos destinados especialmente al perfeccionamiento de docentes en física, que pueden conducir a la obtención del grado de magister.

En la actualidad se están impulsando los programas de doctorado en ciencias en su mención física en las Universidades de Chile y Católica, para lograr la formación en el país de especialistas de alto nivel.

## VII. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Descartando de antemano, por inconveniente, todo intento de planificar o dirigir la labor creadora involucrada en la investigación científica, parece aceptable, sin embargo, bajo determinadas circunstancias, orientarla en alguna medida.

En este sentido se enfatiza y recomienda la necesidad de dar un fuerte impulso al desarrollo de la física experimental, en general. Además de la importancia que reviste por sí misma, constituye una importante vía para que la ciencia se conecte y complemente con la tecnología.

Dentro de este contexto deben tomarse las necesarias medidas para que el número de físicos experimentales de alta preparación llegue a ser mayor que el de físicos teóricos para lograr un desarrollo armónico de la física en el país, de acuerdo a lo observado en países con una larga tradición en investigación en este campo.

2. Asegurar que ciertos grupos alcancen una "masa crítica" y la conserven, asegurándoles una continuidad en su actividad mediante un apoyo real y mantenido.

3. Tender hacia el establecimiento de una sólida tradición de excelencia en la investigación en física, en todas sus manifestaciones. Recuperar la tradición maestro-discípulo.

4. Creación de una carrera académica, en lo posible de carácter nacional, que redunde en directo beneficio de la excelencia en la investigación y la docencia superior.

5. Establecimiento de un sistema similar al del año sabático.

6. Creación de un Centro Nacional de Investigación y Estudios Avanzados con el doble objetivo de dar la oportunidad a investigadores altamente calificados de conducir investigación de alto nivel y, al mismo tiempo, preparar investigadores de categoría en jornadas de perfeccionamiento intensivo. Este Centro podría reunir una sofisticada infraestructura experimental que complementara a las de las universidades.

7. Creación de un Fondo Nacional de Investigación que permita un financiamiento real para proyectos específicos de investigación; becas de estudio para los programas de postgrado; becas de perfeccionamiento en el extranjero; fondos para mantención de bibliotecas especializadas; intercambio académico dentro del país y con el extranjero; asistencia a congresos y seminarios y organización de los mismos.

8. Estimular proyectos interuniversitarios.

9. Estrechamiento de vínculos con el sector productivo nacional.

## CONCLUSION

La investigación en física en el país ha pasado desde cero al volumen y calidad actuales en sólo poco más de veinte años, cumpliéndose una tarea formidable. Pero está lejos aún de hallarse consolidada, encontrándose más bien en una etapa muy crítica de su desarrollo y diversificación, haciéndose, por lo tanto, más necesario que nunca un fuerte apoyo oficial mantenido y sin condiciones, a excepción de las de excelencia y maestría en su ejercicio. Sólo una política clara y firme en este sentido permitirá establecer una verdadera tradición científica de influencia decisiva en el desarrollo y verdadera independencia de la nación.

## BIBLIOGRAFIA

- Contemporary Physics, F. W. Inman, C. E. Miller, MacMillan Publishing Co., Inc.  
 Imágenes de la Universidad de Chile, Ediciones de la Universidad de Chile, 1977.  
 Reseña histórica de la Universidad de Chile (1622-1979), Alamiro de Avila Martel, Ediciones de la Universidad de Chile, 1979.