

## Historia del Instituto de Astronomía y Física del Espacio

M. D. Melita<sup>1</sup>

(1) IAFE (CONICET - UBA).

### Resumen.

El Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE) fue creado por el Directorio del CONICET en su reunión del 29 de diciembre de 1969. Nace de una reestructuración del Centro Nacional de Radiación Cósmica (CNRC), fundado el 9 de abril de 1964 como uno de los primeros institutos del CONICET, cuyos antecedentes se remontan al Laboratorio de Radiación Cósmica de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en los años 50. El CNRC contaba con apoyo financiero de la CNEA y las instalaciones provistas por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA (FCEyN-UBA). El 18 de diciembre de 1970 el Directorio del CONICET realiza un acuerdo con la entonces existente Comisión Nacional de Estudios GeoHeliofísicos (CNEGH) para poner al IAFE “*en inmediato funcionamiento*”.

El 12 de abril de 1971 se celebró un convenio entre el Presidente del CONICET Dr. Bernardo Houssay, el Rector de la UBA Dr. Andrés Santas y el Presidente de la CNEGH Dr. Mariano Castex, para “*asegurar el mejor funcionamiento del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), creado por el Consejo*”. Desde el 4 de agosto de 2005, con el convenio firmado por el Presidente del CONICET Dr. Eduardo Charreau y el Rector de la UBA Dr. Guillermo Jaim Etcheverry, el IAFE es uno de los institutos compartidos CONICET-UBA.

En la fundación del IAFE confluyen el personal del CNRC, miembros de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y un grupo de astrónomos de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata entre los que se contaba el primer Director del Instituto, el Dr. Jorge Sahade. En 1976 asumió la dirección el Lic. Horacio Ghielmetti (ex Director del CNRC), uno de los iniciadores en el país del estudio de rayos cósmicos junto con el Dr. Juan Roederer, quien permanece en el cargo hasta su fallecimiento en 1995. En 1984 se inaugura su actual sede en Ciudad Universitaria, conocido como Pabellón IAFE. Los sucesivos Directores del Instituto han sido: el Dr. Jorge Sahade (1971-1974) —pionero de la astronomía argentina— el Ing. Máximo Pupareli (a/c, 1974-1975), el Lic. Horacio Ghielmetti (1976-1995), la Dra. Marta Rovira (1995-2004) —Presidente del CONICET en el presente— y el Dr. Rafael Ferraro (2005 al presente).

El IAFE nace como un instituto dedicado a las ramas modernas de la astronomía, y a experimentar con radiación cósmica,  $\gamma$ , X e infrarroja. Las primeras investigaciones se orientaban hacia la astrofísica observacional, fundamentalmente de fenómenos estelares y a la detección de partículas cargadas y de radiación X y  $\gamma$ , con instrumentos lanzados en globos estratosféricos y cohetes, de desarrollo tecnológico realizado en el país.

Actualmente el IAFE cuenta con más de 70 integrantes, y se investiga en áreas tan variadas como física solar, supernovas y medio interestelar, astrofísica numérica y de altas energías, colisiones atómicas, plasmas astrofísicos, física de la teledetección terrestre, aeronomía, ciencia planetaria, relatividad general, teoría cuántica, cosmología y supercuerdas. El IAFE mantiene acciones conjuntas con el resto de las instituciones astronómicas del país, con Facultades de Ciencias de distintas universidades, y otros organismos como la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, así como con diversas instituciones del exterior a través de convenios e intercambios. La actividad de investigación se complementa con una agenda de divulgación científica orientada a estudiantes de colegios secundarios y público en general.

## 1. Introducción

El Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE) es un instituto de investigación del CONICET, ubicado en la Ciudad Universitaria de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Allí se desarrollan diversas actividades de investigación sobre astrofísica y ciencias afines, siendo la principal institución dedicada a tal fin en el área metropolitana de la ciudad de Buenos Aires. El edificio donde actualmente funciona, el pabellón IAFE, se encuentra detrás del pabellón I, sede de los Departamentos de Computación, Matemática y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) (ver Figura 1).

Este artículo constituye la contraparte de la investigación realizada para la contribución al Taller de Historia de la Astronomía Argentina, organizado por la Asociación Argentina de Astronomía en el año 2008 en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata y es, al presente, la principal referencia abreviada del desarrollo institucional del Instituto desde su fundación. Aquí se describen las circunstancias que dieron origen al IAFE, las disciplinas científicas en las que se investigaba originalmente y los cambios e incorporaciones que ocurrieron hasta el presente. En cuanto al detalle institucional y científico, hemos tratado de concentrarnos en lo actuado en el pasado, por lo que se ha dado más peso a lo ocurrido antes de mediados de los años 80.

El origen del Instituto se debe a la confluencia, por un lado, de un grupo de astrónomos observacionales, que principalmente, pero no exclusivamente, trabajaban en temas de astrofísica estelar. Quienes formaron parte de ese grupo, son científicos de una prolífica producción original, cuya historia es fácil de reproducir y estudiar en detalle, a través de las publicaciones en revistas de distribución internacional. Respecto a esta línea de investigación, solo nos hemos dedicado a describir los temas centrales en general, sin prestar mayor atención a detalles. Por otro lado, el grupo de radiación cósmica es la otra línea fundacional del instituto. En este caso la producción es tanto científica como tecnológica y en ambos casos, el material de referencia no es abundante. Por esa razón, dentro de los límites que establece esta investigación, hemos tratado de describir en mayor detalle principalmente los desarrollos tecnológicos del grupo, que son singularmente originales en el país, y también sus motivaciones, el contexto de sus investigaciones y los resultados científicos. También describiremos brevemente



Figura 1 El edificio actual del IAFE.

te las líneas científicas que se fueron incorporando en etapas posteriores y las actividades que se realizan en el presente. Para describir el desarrollo histórico institucional nos hemos basados en actas de reuniones del directorio de CONICET y en diversos documentos del archivo administrativo del IAFE. Este archivo contiene, por ejemplo, las memorias, es decir reportes de lo actuado en un dado período, la correspondencia de los sucesivos directores, los acuerdos firmados con otras instituciones, las actas del comité de representantes, etc. Con la intención de hacer aquí una enumeración lo más exhaustiva posible de los primeros proyectos desarrollados en el instituto y del personal involucrado, describimos sucintamente algunos documentos clave de esta historia. Hemos elegido las actas de las reuniones de directorio de CONICET donde se tratan los orígenes del IAFE, el informe de lo actuado en 1971, el plan presentado a la Comisión Nacional de Estudios GeoHeliofísicos (CNEGH) para el período 1971-1975, el informe de avance del primer semestre de 1974 y las memorias del período 1976-1980.

En la próxima sección se resume el desarrollo histórico institucional inicial y se describen las circunstancias políticas y científicas del nacimiento del Instituto y de sus primeros años. En la sección 3 nos dedicamos a las actas de las reuniones de Directorio de CONICET donde se resuelve la creación y el “*buen funcionamiento del instituto*”. En la sección 4 describimos el plan que el Dr. Sahade, director del IAFE, presenta al comité de representantes, donde puede encontrarse la descripción de las primeras actividades científicas y tecnológicas del instituto. En la sección 5 se trata el período del interinato a cargo del Ingeniero Máximo Pupareli a través de la descripción del informe de avance del primer semestre del año 1974. Luego se describen las memorias del período 1976-1980 que corresponden a los primeros años de la dirección de Horacio Ghielmetti. La formación de recursos humanos del Instituto se ilustra en la siguiente sección, enumerando las tesis doctorales y de licenciatura realizadas en el IAFE antes

de 1985. En la sección 8 se describe el contexto, las motivaciones y los trabajos científicos de las líneas de investigación originales, atendiendo con mayor detalle a lo que se refiere a los desaparecidos grupos de radiación cósmica y astronomía infrarroja. En la sección 9 se describen las líneas de investigación incorporadas en los primeros años y luego las que llegaron posteriormente y los proyectos institucionales en los que el instituto está involucrado en el presente. La historia del edificio se trata brevemente en la sección 11. En la última sección discutimos el contraste entre la actualidad del instituto y el proyecto fundacional y las perspectivas en el marco del contexto científico nacional e internacional.

## 2. Desarrollo histórico-institucional

El origen del IAFE se debe fundamentalmente a la confluencia de dos grupos, ambos con intereses astrofísicos, pero con diferentes antecedentes en formación y metodología. Por un lado, un grupo consolidado en el estudio de la Radiación Cósmica, cuyo principal referente científico en ese momento era el Lic. Horacio Ghielmetti, acompañado por un numeroso cuerpo técnico, entre los que se cuenta, por ejemplo, el Ingeniero Vogel. Por otro lado, en el IAFE también confluye un grupo heterogéneo de astrónomos, mayormente interesados en problemas estelares, provenientes del Observatorio Astronómico de La Plata, encabezados nada menos que por el Dr. Jorge Sahade, figura destacada de la astronomía argentina, promotor de la fundación del IAFE en el Directorio del CONICET y primer director de la institución.

La primera mención institucional del IAFE ocurre en un acta del Directorio del CONICET de diciembre de 1969, que resuelve reconvertir el Centro Nacional de Radiación Cósmica (CNRC) en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE).



Figura 2 De izquierda a derecha: Jorge Sahade, Juan Roederer y Horacio Ghielmetti. El primero y el tercero fueron directores del IAFE y el segundo del CNRC.

En el momento de la fundación del IAFE, el estudio de los rayos cósmicos lleva ya en nuestro país unos 20 años. Los trabajos pioneros en el país fueron orientados por el Dr. Juan Roederer (Roederer 2002), de quien Ghielmetti fuera colaborador (ver Figura 2). Hacia 1949, todavía como estudiante, Roederer comenzó midiendo trazas de partículas a en placas fotográficas en un laboratorio ubicado en un sótano de la histórica sede de la Facultad de Ciencias Exactas de Perú 222. Hacia 1969 el CNRC estaba ya considerablemente institucionalizado y había conseguido desarrollar la tecnología de detección de partículas y de radiación de alta energía en globos estratosféricos, se mantenía una red nacional de monitores de neutrones —nodo local de una red internacional— y se comenzaban a hacer mediciones en cohetes. Según declaran diversas fuentes, Horacio Ghielmetti, entonces director del CNRC, llevaba la idea de expandir las áreas científicas de incumbencia del centro. En ese entonces el CNRC realizaba lanzamientos de globos estratosféricos con el objeto de detectar partículas (cargadas y neutras) y radiación (rayos X y  $\gamma$ ) a unos 30 km de altura.

Por otro lado el Dr. Jorge Sahade es una referencia obligada en el desarrollo de la astrofísica en nuestro país (de Asúa 2009). Junto con Carlos Ulrico Cesco fue uno de los dos primeros becarios externos de la Argentina, dedicados a estudiar temas de astronomía y astrofísica. Hacia fines de los años 60, la trayectoria de Sahade era reconocida en el medio local, al punto de que integraba el directorio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Hacia 1968 el Dr. Sahade es designado director del Observatorio de La Plata y en esa época su proyecto era el de modernizar y adecuar la investigación astronómica a la era espacial que se anunciaba en esos años. En el discurso que pronunciara en ocasión de recibir el Premio a la trayectoria, otorgado por la Asociación Argentina de Astronomía (AAA) en el año 2006 (Sahade 2006), el Dr. Sahade dedica un largo párrafo a la creación y a los primeros años del IAFE, que a continuación transcribimos (el resaltado es nuestro).

*... En cierto momento, en ese intervalo, llegué a la conclusión de que nuestras universidades no se habían dado cuenta aún de que estábamos viviendo ya en una nueva era, la era espacial. Decidí, entonces, pedirles al Dr. José Luis Sérsic, un gran amigo y destacado científico del Observatorio de Córdoba, egresado de La Plata, y al Licenciado en Física Horacio Santiago Ghielmetti, Director del Centro Nacional de Radiación Cósmica del CONICET, que funcionaba en la Ciudad Universitaria de Buenos Aires, que proyectaran un Instituto que funcionaría vinculado al Observatorio de La Plata, y que debería tener en cuenta las tendencias actuales de la investigación científica en el área. Como relaté ya en otra oportunidad, Sérsic y Ghielmetti llegaron a preparar el proyecto, pero, al muy poco tiempo, la situación en la Universidad había llegado a cambiar en forma tal que no resultaba racional avanzar con el plan original. Pareció, entonces, más razonable tratar de transformar el Centro Nacional de Radiación Cósmica, cuya dirección quería abandonar Ghielmetti, en un Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), que el CONICET llegó a crear en 1971, y del cual fui el primer Director, porque Sérsic había quedado desanimado con lo que había ocurrido en La Plata. La creación del IAFE implicaba la puesta en funciona-*

*miento de un plan de crecimiento que abarcaría áreas a ser agregadas oportuna y paulatinamente, lo que, lamentablemente, ha sido después ignorado por completo. Durante mi paso por esta institución, llegamos a organizar una reunión con el auspicio de COSPAR, el Comité de Investigaciones Espaciales de ICSU, un coloquio de la Unión Astronómica Internacional sobre las estrellas Wolf-Rayet, con la participación del astrónomo hindú Vainu Bappu, y, también, unas jornadas de evaluación de lo que hacíamos en el campo solar, con la intervención de cuatro autoridades en el tema, que incluían a los científicos holandeses Cornelis de Jager e I. de Feiter y al científico japonés Y. Uchida, los dos últimos tempranamente desaparecidos. Además, llegamos a gozar de visitas prolongadas de William McCrea, Frank Bradshaw Wood y Alan Batten. Fueron épocas muy activas y muy fructíferas. . .*

Como nos dice el propio Sahade, hacia 1969, el ambiente político en la Universidad de La Plata cambia dramáticamente y los vientos ya no le resultan favorables para realizar ese proyecto en La Plata. De todos modos, en esta empresa, Sahade cuenta con el apoyo de Ghielmetti y el IAFE puede finalmente concretarse en Buenos Aires, ocupando el sitio del CNRC, en el segundo piso del Pabellón I, en el Departamento de Física de la FCEyN de la UBA.

En 1969, después de que Ghielmetti enviara un memorando a la comisión asesora de Matemática, Física y Astronomía del CONICET, el Directorio decide la reconversión del CNRC en el IAFE. Pero, el programa a mediano y largo plazo que Sahade traza para la institución implica mucho más que eso, teniendo en cuenta que el incremento de presupuesto que demanda es del 100 % —excluyendo los gastos del edificio<sup>1</sup>—. Entre los gastos de equipamiento figura la compra de un foto-densitómetro “Grant” —que efectivamente se concretó (ver Figura 3)—. En aquella época ésa era la herramienta indispensable para realizar estudios espectroscópicos. Debe notarse que el Observatorio de La Plata contaba ya con un “Grant”, que también se había adquirido gracias a la gestión del propio Sahade. El edificio que se propone construir preveía una superficie cubierta de unos 1500 m<sup>2</sup>, de dimensiones similares al que actualmente se ocupa.

Los astrónomos que se incorporan inicialmente al instituto son Virpi Niemela, Roberto Terlevich y Roberto Méndez. La Dra. Niemela, fallecida en el año 2007, fue una muy reconocida experta en estrellas peculiares y junto con Adela Ringuet, que se incorpora algo más tarde, tuvieron una influencia determinante en la formación de recursos humanos del instituto. Bajo su dirección, hicieron sus primeras investigaciones varios de los actuales investigadores del IAFE, quienes con el tiempo formarían sus propios grupos. Algunos de sus alumnos prosiguieron sus estudios bajo la dirección del Dr. Constantino Ferro-Fontán, reconocido profesor del Departamento de Física de la FCEyN de la UBA, y formaron grupos de interés en plasmas astrofísicos. Mientras que otros fueron dirigidos por Marcos Machado, físico solar y estelar, en aquel momento en la CNEGH y que también tuviera una muy importante influencia en el desarrollo del IAFE. El grupo que

---

<sup>1</sup>ver Programa a mediano y largo plazo a realizar entre los años 1971 y 1975. Buenos Aires, mayo de 1970. Archivo administrativo del IAFE.



Figura 3 El foto-densitómetro “Grant”.

hoy colabora con el proyecto internacional Auger, se origina de alguna manera con una licenciatura en física dirigida por Adela Ringuelet. Según concuerdan diversas fuentes, la causa del alejamiento de Adela Ringuelet y de Virpi Niemela de La Plata, y su consecuente mudanza al IAFE, se debe a políticas persecutorias de la dirección del Observatorio de ese entonces.

Por otro lado, Roberto Terlevich dejó el país hacia 1974, en una época de crisis política que causó la emigración de un gran número de científicos. Terlevich desarrolló una notable carrera en el Institute of Astronomy en Cambridge (Inglaterra) y es un reconocido experto en astronomía galáctica y extragaláctica. Roberto Méndez en el presente es miembro del Institute for Astronomy de la Universidad de Hawaii (EEUU), sus aportes en astronomía en nebulosas planetarias, astronomía extragaláctica y cosmología son de importancia fundamental. También se incorpora para trabajar en temas de astronomía de altas energías el Dr. Jorge Albano. En 1973, durante el breve gobierno del Dr. Cámpora, Albano asume el cargo de Director del Observatorio de La Plata y deja el IAFE permanentemente, dedicándose a la actividad privada; también formó parte brevemente del primer directorio de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Otro integrante del IAFE de aquella primera época, que a la postre tuviera una conspicua participación en la actividad pública, es el ingeniero Raúl Otero, secretario de Comunicaciones de la Nación en los años 90.

Efectivamente, la dirección del Dr. Sahade al frente del Instituto constituyó una época muy fructífera, en la que no solo son de destacar las nutridas relaciones que se establecen con investigadores del extranjero y las reuniones científicas organizadas, muy frecuentes para la época, sino también los acuerdos con la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) —cuyo objetivo era realizar experimentos montados en cohetes—. Pero Sahade permanecerá al frente del instituto sólo hasta 1974, año en el que presenta la renuncia. Todas las fuentes consultadas, incluyendo al propio Dr. Sahade, coinciden en que los motivos de la renuncia están ligados a problemas de relación con el personal, que naturalmente se enmarcan en las circunstancias políticas del país en esos años. La renuncia se



produce algún tiempo después de la toma del instituto por parte del personal y de la realización de asambleas a las que Sahade no era “invitado”. La razones formales aducidas por Sahade en la nota de renuncia hacen alusión a la falta de recursos y en especial a la falta de espacio físico adecuado para funcionar, dado que el IAFE continuaba sin edificio propio<sup>2</sup>.

También es de destacar que en el relato de muchas de las fuentes entrevistadas, aparece naturalmente el tema del entrecruzamiento de las circunstancias políticas del país y la vida institucional del IAFE en esos años. Se nos ha remarcado, además, el compromiso político de algunos miembros del personal del instituto, entre ellos Carlos Becerra (preso político entre 1975 y 1983) y también la desaparición de A. Graciela Cardoso, el 1<sup>o</sup> de setiembre de 1977.

La sucesión de Sahade en la dirección del IAFE no recae en Ghielmetti, quien podría aparecer como el candidato natural al puesto, porque él no era el subdirector del instituto en 1974. El nombramiento del subdirector está tratado en el acta del comité de representantes del IAFE de fecha 13 de julio de 1973<sup>3</sup>. Allí Sahade lamenta que las circunstancias no sean adecuadas para la designación de Ghielmetti y fundamenta la designación de Juhan Frank —becario en ese momento— en su probada capacidad científica. También se designa al Ing. Máximo Pupareli como subdirector alterno. En una nota aclaratoria de la Dra. Emma Pérez Ferreira<sup>4</sup>, representante de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) en el comité, se advierte que la razón por la cual Ghielmetti no asume como subdirector también se fundamenta en la circunstancial problemática relación con el personal.

Ya antes de la renuncia de Sahade, el entonces licenciado Frank había partido a Inglaterra a realizar estudios de posgrado. Por lo que a partir de 1974, el director a cargo del instituto será el Ing. Máximo Pupareli. Durante la breve gestión de Pupareli, en el instituto comienzan a consolidarse nuevas líneas de investigación que, notablemente, fueron principalmente promovidas por científicos y técnicos del grupo de radiación cósmica: los grupos de colisiones atómicas y de astronomía infrarroja. Sahade permanece en el IAFE hasta principios de los 80, cuando muda su lugar de trabajo al Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) en Villa Elisa, provincia de Buenos Aires.

Desde el comienzo del IAFE, el Dr. Roberto Piacentini, físico y experto en colisiones atómicas de la Universidad de Rosario, visitaba el instituto para exponer su trabajo y el interés del tema para la astrofísica, ya que gran parte del trabajo de los astrónomos del IAFE en aquellos primeros tiempos, involucraba realizar mediciones espectroscópicas de la luz proveniente de diversos tipos de estrellas. Como resultado de las visitas de Piacentini, una alumna de Ghielmetti, María del Carmen Chidichimo, cambió su tema de investigación hacia la física atómica. En poco tiempo el interés en el instituto por las colisiones

---

<sup>2</sup>ver nota de renuncia de J. Sahade al Comité de Representantes. Archivo administrativo del IAFE.

<sup>3</sup>ver Actas de reunión del Comité de Representantes. Nota de designación de subdirector. Archivo administrativo del IAFE.

<sup>4</sup>ver Actas de reunión del Comité de Representantes. Nota adjunta de Emma Pérez Ferreira. Archivo administrativo del IAFE.



atómicas creció y entre 1977 Liliana Opradolce y Carlos Falcón parten hacia la Universidad de Burdeos (Francia) a realizar estudios de posgrado en esos temas, retornando al grupo en 1980. Gracias a los contactos de Piacentini el IAFE había recibido anteriormente la visita de dos expertos en Colisiones Atómicas de dicha Universidad iniciándose así un interesante y fructífero intercambio científico franco-argentino que perdurara por más de 20 años. Por otro lado, M. C. Chidichimo viajó a Inglaterra junto a su esposo, Juhan Frank, y ambos desarrollaron una notable carrera en sus respectivos temas en diversas instituciones del exterior. El Dr. Piacentini es consignado como colaborador externo del instituto casi desde el inicio y es aún hoy un habitual colaborador de algunos miembros del mismo. Luego de un período en que el grupo de Colisiones Atómicas, que hoy cuenta con una decena de integrantes, fuera codirigido por Carlos Falcón y Jorge Miraglia, la dirección recae en este último al pasar Falcón a desempeñarse en la CONAE a partir de 1992.

Desde principios de los años 70, el Lic. Gandolfi promueve la idea de realizar estudios en el infrarrojo. La observación astronómica en el infrarrojo conlleva la dificultad de la absorción producida por el vapor de agua de la atmósfera, que altera gravemente las mediciones realizadas en la superficie terrestre. Por lo que era natural promover ese tipo de investigaciones en un grupo que estaba familiarizado con la tecnología espacial del momento. Con el correr de los años, el proyecto de observación en el infrarrojo deviene en la construcción de una plataforma estabilizada que volaba en un globo aerostático cargando un telescopio tipo Cassegrain de 30 cm de abertura, dotado de un detector para infrarrojo lejano, el denominado proyecto ALIR II.

En 1975, del 9 al 12 de diciembre, se realiza en Buenos Aires la XXIª Reunión Anual de la Asociación Argentina de Astronomía, organizada por el IAFE. Allí realizan contribuciones Virpi Niemela y Juan Zorec en temas de astrofísica estelar, y la 3ª sesión de la mañana es enteramente dedicada a tecnología espacial e instrumentación con presentaciones de los ingenieros y técnicos Alarcón, Pupareli, Czudnowski, Godel, Barberis, De Franceschini, Falcón y Russo. Los trabajos sobre el fotómetro se presentan en colaboración con el astrónomo Roberto Terlevich.

A partir del 15 de diciembre de 1976 se hace cargo de la dirección el Licenciado Horacio Ghielmetti. Recordemos que en el plan originalmente trazado para el IAFE, en mayo de 1973, se dividen los temas a tratar por el instituto en "Teóricos" y "Experimentales y Observacionales". Entre los últimos se incluye el trabajo del grupo de radiación cósmica y los astrónomos observacionales, pero en ese momento el instituto no contaba con grupos teóricos. Los temas de astronomía teórica que se propone tratar son: "Astrofísica Relativista, Electrodinámica Cósmica, Medio interestelar e intergaláctico y Astrodinámica". Según ese informe, los temas de física teórica a incorporar son "Magnetohidrodinámica y Física del Plasma en el espacio exterior, Relatividad General y Espectroscopía Teórica". Notablemente, casi todas esas líneas se incorporaron al instituto durante la gestión de Ghielmetti. Temas de espectroscopía teórica son abordados por el grupo de colisiones atómicas. Distintos miembros del grupo de relatividad general y campos investigan en astrofísica relativista y relatividad general. Existen también en el instituto grupos de física solar y estelar, plasmas astrofísicos, remanentes de supernovas y astrofísica numérica, que investigan en temas de

magnetohidrodinámica y física del plasma en el espacio exterior y medio interestelar (interplanetario) e intergaláctico. Tal vez la astrodinámica haya sido la única rama teórica, consideradas tan tempranamente como 1970, alrededor de la cual no se haya formado un grupo de investigación y que haya perdurado en el tiempo dentro del IAFE.

En el año 1979 se disuelve la CNEGH y algunos de los investigadores que trabajaban allí en temas de Física Solar, se trasladan al IAFE. Ellos son Juan Manuel Fontenla y Marta Rovira, actual presidente del CONICET, que por ese entonces realizaba un doctorado con el Dr. Tandberg-Hansen del Marshall Space Flight Center de la NASA (EEUU). Inicialmente, además de realizar estudios específicos del Sol, también colaboran con Adela Ringuelet en estudios de estructuras gaseosas que rodean a estrellas tempranas. Juan Fontenla es un experto en modelos de atmósferas estelares, que hacia mediados de los años 80 deja el Instituto y se establece en el "Laboratory for Atmospheric and Space Physics" de la Universidad de Colorado (EEUU).

También hacia mediados de los años 80 se inicia en el IAFE un grupo dedicado al estudio de teorías de campos y relatividad general liderado por el Dr. Mario Castagnino. El primer título universitario de Castagnino es el de agrimensor (como el de Sahade) y, "correspondientemente", su carrera está estrechamente ligada al estudio de espacios curvos y de la descripción de la física en ese marco. Mario Castagnino es una de las figuras más destacadas de la físico-matemática argentina. Como se describirá más adelante, el impacto del grupo que él dirige es superlativo, no solo por la relevancia del trabajo realizado, sino porque muchos de los físicos argentinos más reconocidos del presente han sido sus estudiantes. El actual director del IAFE, el Dr. Rafael Ferraro, se formó en ese grupo.

Hacia los años 90, a las líneas de investigación en astronomía ya mencionadas se suman las de otros investigadores provenientes del Observatorio de La Plata y el IAR. Las Dras. Gloria Dubner y Elsa Giacani, ambas licenciadas en Física de la UBA y doctoradas en física en La Plata establecen de manera permanente un grupo de estudio de remanentes de supernovas basado en observaciones radiométricas. Por algunos años, el Dr. Juan Carlos Forte tuvo su lugar de trabajo en el IAFE, con sus estudios observacionales de objetos galácticos y extragalácticos. También a mediados de los años 90 establece su lugar de trabajo en el IAFE el Dr. Felix I. Mirabel, quien ha realizado importantísimos descubrimientos en astronomía observacional de altas energías, ocupando también un alto cargo ejecutivo en el Observatorio Europeo Austral (ESO).

Además, bajo la dirección de Ghielmetti y con la colaboración protagónica de Carlos Falcón, entre 1980 y 1983 se construyó el edificio donde actualmente funciona el Instituto, detrás del Pabellón I de la FCEyN.

En el año 1991 se funda la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), cuyo primer directorio es presidido por el Dr. Sahade. Seguramente el Dr. Sahade se encontró en ese momento nuevamente en una posición adecuada para gestionar su visión de la incorporación de la astronomía argentina a la era espacial, que ya estaba decididamente floreciendo. En ese marco, una importante cantidad de personal del IAFE, tanto técnico como científico, emigra a la CONAE. El grupo originalmente dirigido por Ghielmetti se va así desarmando y el desarrollo tecnológico-espacial desaparece del instituto.

Hacia fines de los años 80 los grupos de Radiación Cósmica y Astronomía Infrarroja habían comenzado a trabajar junto a un grupo de Tecnología Espacial de la CNIE en el diseño de un satélite de aplicaciones científicas (SAC-1). En esas tareas participan, entre otros técnicos y científicos del Instituto, Horacio Ghielmetti, Mario Gulich, Vicente Mugherli, Ana Hernández, Marcela Jáuregui, Carlos Defelipe, Juan Carlos Barberis y Omar Arezzo. El proyecto se convierte luego en el Proyecto SAC-B. Los requerimientos del mismo darán lugar a la creación de la CONAE, a la que se incorporarán una parte de los integrantes del grupo. Jorge Sahade será el primer director de la CONAE, Mario Gulich será hasta su fallecimiento el jefe del Proyecto SAC-B y el instituto mantendrá la responsabilidad del diseño y construcción del instrumento HXRS dedicado a la detección de rayos X duros. La experiencia del IAFE en la utilización de detectores de radiación y partículas a bordo de globos estratosféricos fue extendida para el cumplimiento de los requisitos que impone el ambiente espacial. El HXRS, así como el SAC-B en su conjunto, superaron con éxito todos los ensayos funcionales y ambientales. Lamentablemente, durante el lanzamiento en noviembre de 1996, el vehículo lanzador Pegasus falló en la tarea de separar a los 2 satélites que transportaba. El SAC-B funcionó correctamente durante 5 órbitas, pero al no poder controlar su actitud para adquirir el Sol, debido a la masa extra que imponía la última etapa del lanzador, agotó sus baterías. Este primer emprendimiento tuvo su continuidad en otros satélites de la serie científica como el SAC-A y el SAC-C que resultaron exitosos y a la que pertenece actualmente el SAC-D de próximo lanzamiento.

En 1999, después de la desvinculación del Centro Argentino de Estudios de Radiocomunicaciones y Compatibilidad Electromagnética (CAERCEM) con el CONICET, se mudan al IAFE los grupos de astronomía y teledetección. Este último grupo reinserta en el IAFE el tema espacial, abandonado en el instituto desde el alejamiento de los ingenieros y técnicos que inicialmente formaran parte del grupo de radiación cósmica y astronomía infrarroja.

Con la muerte de Ghielmetti en 1995, quien era subdirectora en ese momento, la Dra. Marta Rovira, asume la dirección del IAFE. Marta Rovira permanece en el cargo hasta el año 2004. En esos años se estableció en el IAFE un grupo destinado a la difusión de la astronomía y la astrofísica, que mantiene una activa agenda de charlas y talleres para estudiantes secundarios y aficionados. Tras la renuncia de Rovira, asume la dirección el Dr. Rafael Ferraro.

### **3. Aparición institucional**

#### **3.1. Las actas de las reuniones 258<sup>a</sup> y 277<sup>a</sup> del Directorio del CONICET**

El primer registro institucional del origen del IAFE corresponde a la 258<sup>a</sup> reunión de Directorio del CONICET del 29 de diciembre de 1969. El directorio del CONICET estaba integrado por Osvaldo Boelcke, Rodolfo Brenner, José Gandolfo, Bernardo Houssay, Federico Leloir, Antonio Rodríguez, Jorge Sahade, Osvaldo Villamayor, Marcelo Arias, Arturo Bignoli, Julio Gancedo, Rosendo Pascual y Raúl Ringuelet (los últimos cinco ausentes en la citada reunión).

El ítem 8<sup>o</sup>, de título, "Proyecto de reestructuración del Centro Nacional de Radiación Cósmica", dice:

*La comisión asesora de Matemática, Física y Astronomía, luego de haber analizado un memorando presentado por el Licenciado Horacio S. Ghielmetti, [...] recomienda la transformación del Centro Nacional de Radiación Cósmica en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio.*

La explicación de tal decisión le cabe al Dr. Sahade, quien señala que:

*... la radiación cósmica está ligada a fenómenos explosivos en el Universo, de manera que hay que vincular los grupos experimentales con grupos teóricos que den fundamentación a las experiencias y la explicación de los fenómenos observados.*

Posteriormente se argumenta (el resaltado es nuestro),

*El proyecto de transformación del Centro Nacional de Radiación cósmica tiende simplemente a actualizarlo, ligándolo a algunos grupos teóricos y observacionales. En esencia, tiende a dar jerarquía y sentido al Centro y llenar un claro en el panorama científico nacional, porque en la actualidad los observatorios astronómicos están vinculados a problemas clásicos de la astronomía, y desvinculados —hasta ahora— de los surgidos de la era espacial que se vive.*

El Consejo se compromete a contribuir con una suma de \$ 20000 anuales, con idéntica suma deben colaborar la Universidad de Buenos Aires y la CNEGH, que continuará aportando recursos hasta su disolución en 1979. También se menciona la posible participación de la CNEA. La CNEA aporta al IAFE los sueldos del personal de CNRC que estaba a su cargo y durante un lapso desde la creación del instituto hasta mediados de los años 70, tuvo un miembro en el Comité de Representantes en calidad de observador, plaza que fuera ocupada por la Dra. Emma Pérez Ferreira.

El plan que se traza es el siguiente:

*A las actividades existentes de Astronomía Observacional (Astronomía X, Radiación Cósmica, Física Solar y de Altas Energías) y en Electrónica (Sistemas detectores, Recepción y transmisión de información) se incorporarán en una primera etapa, Astronomía Teórica (Astrofísica Relativista, Electrodinámica Cósmica y Astrofísica Teórica) y Física Teórica (Teoría del Plasma, Relatividad General, Espectroscopia teórica). El campo de la Astronomía observacional se ampliará con Astrofísica (Espectroscopía y Fotometría) y Astronomía Gamma. Una segunda etapa en Astronomía Teórica: Medio interestelar e intergaláctico y Astrodinámica. En Astronomía Observacional: Radioastronomía y Astronomía UV e IR. En electrónica: Sistemas Espaciales e Interferometría.*

En ese documento también se especifica que el IAFE contará con un Director y con un Comité de Dirección a ser integrado por un miembro de cada una de las partes.

Ante una requisitoria de F. Leloir, que demanda la designación de un director capacitado, se señala que el director saldrá de un acuerdo entre las partes

intervinientes (el CONICET, la UBA y la CNEGH). Cargo para el que será eventualmente designado Jorge Sahade.

En la 277ª reunión del directorio del CONICET del 18 de diciembre de 1970 se acuerda con las otras instituciones involucradas un compromiso para poner en funcionamiento al IAFE. También se propone un substancial aumento de presupuesto para aumentar el personal del IAFE en 16 agentes con un cargo total anual de \$ 126 000, siendo que, al momento, el CONICET tenía a su cargo cinco agentes del personal del IAFE, sumando a lo anterior unos \$ 20 000 anuales. Este compromiso para poner en funcionamiento el IAFE es firmado por el ingeniero J. S. Gandolfo, vicepresidente a/c del CONICET y el Dr. Mariano Castex por la CNEGH.

El 12 de abril 1971 se acuerda un convenio de buen funcionamiento del IAFE en el que ahora también participa la UBA, con la firma del Rector de ese entonces, el Dr. Andrés Santas. Por el CONICET firma su Presidente, el Dr. Houssay y por la CNEGH nuevamente el Dr. Castex.

En ese convenio de 1971 se enuncian los fines esenciales del IAFE:

- a. Realizar investigaciones científicas en el campo de la astronomía y de la física del espacio.
- b. Prestar ayuda y asesoramiento a otras instituciones interesadas en las disciplinas que cultive.
- c. Contribuir a la formación de investigadores y técnicos y al desarrollo de la enseñanza de esas disciplinas.
- d. Difundir información sobre su campo específico, por los medios y los procedimientos apropiados.
- e. Mantener relaciones de carácter científico con instituciones similares nacionales, extranjeras o internacionales.

Se establece allí además la forma de organización, a través de un Comité de Representantes, un Director y un Subdirector. El Comité de Representantes estará formado por un representante de cada parte. A pesar de que la CNEA no firma el acuerdo, será posteriormente invitada a participar. La representación de la UBA recae naturalmente en manos de la FCEyN y más específicamente en el Departamento de Física, dado que el IAFE funcionará inicialmente en ese ámbito. Se fija el régimen financiero, que proviene de las tres instituciones y de donaciones externas. Se reconoce un aporte mínimo al IAFE de todo lo que poseía el CNRC, ahora disuelto. Se fija una duración del convenio en ocho años. Y también en este acuerdo figura una cláusula que especifica la rescisión del convenio entre el CONICET y la CNEA, por medio de la cual funcionaba el CNRC. Por último, se adjunta un reglamento interno que fija las responsabilidades y funciones del Director y de su organismo de contralor, el Comité de Representantes, así también como el régimen administrativo y del personal.

#### 4. Informe anual correspondiente a las actividades del IAFE durante el año 1971

Este informe tiene fecha del 18 de abril de 1972, y está dirigido al Presidente del Comité de Representantes, Dr. Antonio Rodríguez. Vamos a comentar algunos ítems que se destacan.

##### 4.1. Personal

El personal del CNRS que se incorpora al IAFE estaba constituido por:

Lic. en Física Horacio Ghielmetti, del escalafón de la CNEA,  
Lic. en Física Ana María Hernández, del escalafón de la CNEA,  
Lic. en Física Juhan Frank,  
Lic. en Física María del Carmen Chidichimo,  
Srta. Graciela Aragón,  
Sra. Leonor Lanfranco de Godel, del escalafón de la CNEA,  
Sr. Carlos Falcón,  
Sr. Ismael Norberto Azcárate,  
Srta. Graciela Cardoso,  
Sr. Norberto Natucci,  
Srta. Liliana Opradolce,  
Sr. César De Franceschini,  
Ing. Alberto M. Godel, del personal técnico de la FCEyN y de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Ing. Raúl Otero, Carrera del Técnico de CONICET,  
Ing. Carlos Barberis, del personal técnico de la FCEyN y de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Sr. Julio César Duro, de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Sr. Ricardo Rastelli, de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Sr. Vicente Mughherli, del personal técnico de la FCEyN y de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Sr. Roberto Miyashiro, de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Sr. Manuel Acosta, de la Carrera del Técnico de CONICET,  
Sr. Juan Tomás Dawson, del escalafón administrativo del CONICET (en comisión),  
Srta. Nora Martínez Riva, del escalafón administrativo del CONICET (en comisión),  
Sr. Oscar Ángel Rafael, del escalafón administrativo del CONICET (en comisión),  
Srta. María Ema Morera, del escalafón administrativo del CONICET (en comisión).

Al grupo de radiación cósmica también se incorporan:

Ing. Carlos Alarcón,  
Lic. en Física Eduardo Gandolfi,  
Sr. Jorge Fernández.

Y también se agregaron los investigadores en astronomía:

Dr. en Física Jorge Albano, Carrera del Investigador del CONICET,  
 Lic. en Astronomía Virpi Niemela,  
 Lic. en Astronomía Roberto Terlevich,  
 Lic. en Astronomía Roberto Méndez.

Se contrata a la bibliotecaria Gloria Nazer —que permanecerá en el Instituto por más de 35 años— para encargarse de la incipiente biblioteca que se origina principalmente con donaciones conseguidas por el Dr. Sahade. Y también se contrata a Juan Carlos Pandolfelli y Saverio José Bonelli, como choferes y a Francisco Buceta como ordenanza.

Como investigador externo, se suma el Dr. en Física Rubén Piacentini, de la Universidad Nacional de Rosario, especialista en colisiones atómicas, que concurre al instituto dos días por semana para realizar investigaciones aplicadas a la astrofísica.

#### 4.2. Investigaciones Realizadas

##### *Registros continuos de la intensidad de la componente nucleónica de la radiación cósmica secundaria*

Este proyecto comprende la operación del supermonitor de neutrones de Buenos Aires, el monitor de neutrones de Ushuaia (a cargo de Juan Tomás Dawson) y el supermonitor de neutrones de la Base Antártica General Belgrano (este último operado por el Ing. Cedimir Stijovich y posteriormente por el Ing. León). Colaboraron Carlos Falcón, en tareas técnicas de mantenimiento, Liliana Opradolce, en la rutina diaria y semanal del equipo de Buenos Aires, la corrección de los registros para su posterior procesamiento y el graficado de los contajes diarios, Alicia Graciela Cardoso en tareas auxiliares relacionadas con cálculos de registros del monitor de Ushuaia, correcciones por presión y planilla con datos horarios y perforado de cinta de papel y finalmente Leonor Lanfranco de Godel en el procesamiento de esos registros.

##### *Experimentos con globos estratosféricos*

Se realizaron mediciones de radiación  $\gamma$  entre 1 y 10 MeV. Se estudió el diseño de un detector de radiación X, se estudiaron los neutrones rápidos de origen solar, la distribución cenital de la radiación cósmica. Participaban en estos proyectos Horacio Ghielmetti, Ana María Hernández, Rosa Poetrowsky, Graciela Aragón. Eduardo Gandolfi promovía el estudio de la posibilidad de observar en el infrarrojo desde globos (lo cual eventualmente desembocó en el proyecto ALIR).

##### *Experimentos con cohetes*

Este proyecto estaba a cargo de Juhan Frank, quien se hizo cargo después de que renunciara a su participación el Dr. Humberto Gerona, y se realizaba en colaboración con la CNIE, el Instituto de Matemática, Astronomía y Física de Córdoba (IMAF) y el Instituto de Industrias Aeronáuticas y Espaciales (IIAE). La CNIE aportaba con el lanzamiento de los cohetes RIGEL II, el IIAE, la estructura donde se ubica la carga útil, la apertura de la ojiva y el estabilizador del vehículo y el IMAF con la construcción y puesta a punto de los contadores proporcionales, fuentes de alta tensión y preamplificadores.



*Investigaciones teóricas*

Jorge Albano con los (entonces) licenciados Juhan Frank y Roberto Terlevich estudiaban procesos de altas energías aplicados a modelos astrofísicos. Albano y Terlevich también estudiaban la posibilidad de construir un polarímetro de seis haces.

Por otro lado, Horacio Ghielmetti había encomendado a María del Carmen Chidichimo estudiar la posibilidad de construir un detector de radiación X de resolución angular elevada, que al resultar inviable, determinó que ella eligiera iniciar con Rubén Piacentini el estudio teórico de colisiones simétricas de partículas a baja energía.

*Investigaciones astronómicas observacionales*

Virpi Niemela ya comenzaba en esa época sus estudios clásicos sobre estrellas Wolf-Rayet. Sus objetivos de ese momento eran los de determinar frecuencia de binarias y los correspondientes parámetros orbitales, las condiciones físicas en que se producen los espectros observados, las variaciones de las líneas espectrales en relación con la dinámica de la envoltura y el papel de las compañeras en las condiciones físicas en que se producen esos espectros particulares. Utilizaba observaciones efectuadas en el 1.5 m del Observatorio de Córdoba y de los telescopios de 90 cm y de 1.5 m de Cerro Tololo (Chile).

Roberto Méndez estudiaba espectroscópicamente estrellas binarias, con observaciones del Observatorio de La Plata y del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo. Por otro lado, junto a la Dra. Adela Ringuelet del Observatorio de La Plata continuaba con los estudios de nebulosas planetarias y sus estrellas centrales.

**5. El interinato a cargo del Ingeniero Máximo Pupareli****5.1. Informe de avance del primer semestre del año 1974**

Hacia 1974 el Dr. Jorge Sahade ya había renunciado a la Dirección el IAFE y se había hecho cargo de la dirección el Ing. Máximo Pupareli. A continuación resumiremos el informe de avance que este presenta al Comité de Representantes en octubre del año 1974.

*Proyectos*

**Sistemas de procesamiento digital.** Personal: Ingeniero electrónico Raúl J. Otero (CPA, CONICET, responsable), Licenciado en Física Carlos A. Falcón (CPA, CONICET), Ing. electrónico Daniel Cosarinsky (CPA, CONICET).

Resumen de la trayectoria: Se estudiaban los problemas de interfase con el procesador digital y con la puesta a punto de la entrada de datos al mismo.

**Sistema de telemetría digital.** Personal: Ing. electrónico Alberto M. Godel (CPA, CONICET), Ing. electrónico Raúl J. Otero (CPA, CONICET), Ing. electrónico Isidro Czurdnowski (CPA, CONICET) y Técnico electrónico Ricardo Rastelli (CPA, CONICET).

Resumen de la trayectoria: Se estaban desarrollando subconjuntos del sistema

de telemetría, en la etapa en la que se comenzaba a transmitir los datos en forma digital. El sistema de telemetría constaba de tres componentes, el acondicionador de señal, del detector de configuración de sincronías y el decodificador en tiempo real. En este caso, como en el anterior, se declara que la licencia de su responsable, el Ing. Otero, es una causa del atraso. También consta otra importante causa de atraso, la dificultad en adquirir los insumos electrónicos necesarios, cuyo precio está atado a la muy volátil divisa norteamericana de la época y que, además, pueden sufrir retenciones de aduana de hasta dos años.

**Telecomando.** Personal: Ing. electrónico M. Pupareli (CPA, CONICET, responsable).

Resumen de la trayectoria: En este proyecto se extiende el sistema de comando de 2 órdenes a otro de 15 órdenes.

**Plataforma estabilizada.** Personal: Ing. electrónico Carlos E. Alarcón (CPA, CONICET, responsable), Ing. electrónico M. Pupareli (CPA, CONICET), Técnico electrónico Manuel C. Acosta (CPA, CONICET), Técnico Mecánico Luis M. Ríos (CPA, CONICET).

Resumen de la trayectoria: Estudio de la electrónica de control y de movimiento de los motores paso a paso para comandar la plataforma. Diseño y construcción del decodificador digital para conocer la posición. Las dificultades residían en que no existían en el país motores de torque ni sistemas de codificación de ángulo.

**Fotometría de alta resolución temporal.** Personal: Lic. Roberto Terlevich (miembro de la CIC del CONICET, responsable), Técnico electrónico César De Franceschini (CPA, CONICET).

Resumen de la trayectoria: Se desarrollaban los diferentes componentes de un fotómetro, incluyendo el detector, el amplificador y el sistema de procesamiento digital.

**Física solar de alta energía.** Investigadores con dedicación exclusiva: Lic. Horacio Ghielmetti, Lic. Ismael N. Azcárate y Lic. Mughherli. Técnico electrónico con dedicación exclusiva: R. Miyashiro. Ingenieros electrónicos con dedicación parcial: A. M. Godel, M. Pupareli, C. Alarcón.

Resumen de la trayectoria: Este proyecto se refiere a la detección de neutrones rápidos, radiación gamma y rayos X duros con detectores montados en globos estratosféricos. Según necesidad todos los técnicos del instituto colaboraban en forma parcial con este proyecto, por ejemplo a la hora de realizar o reducir las observaciones.

**Astronomía X no solar.** Investigadores: Lic. J.M. Gulich, Lic. H. S. Ghielmetti.

Resumen de la trayectoria: El objetivo del proyecto era el de relevar las fuentes de rayos X galácticas en el rango entre 1 y 10 keV. Se registraban detecciones de rayos X en globos estratosféricos y cohetes RIGEL. En el caso de los lanzamientos en cohetes se colaboraba con CITEFA, el IMAF y la CNIE. Los cohetes se

lanzaban en el Centro de Ensayo y Lanzamiento de proyectiles Autopropulsados (CELPA), Localidad de El Chamental, provincia de La Rioja.

**Grupo Infrarrojo.** Investigadores: Dra. Adela Ringuelet, Lic. Eduardo Gandolfi, y Lic. Alejandro Quaglia.

Resumen de la trayectoria: El objetivo del proyecto es el de realizar observaciones astronómicas en el infrarrojo lejano mediante un telescopio de 30 cm de abertura montado en un globo estratosférico. El detector infrarrojo estaba constituido por un bolómetro de Galio enfriado con Helio líquido. Este proyecto también sufre de importantes demoras debido a la dependencia de insumos extranjeros; de todos modos se declara que los primeros vuelos podrían hacerse hacia 1975.

**Colisiones atómicas.** Integrantes: Lic. M. del Carmen Chidichimo, Lic. L. Opradolce, Lic. C. A. Falcón.

Resumen de la trayectoria: La Lic. Chidichimo realizó una estadía científica en la Universidad de Cambridge, Inglaterra y allí comenzó con un trabajo en colaboración con el Dr. A. Burgess sobre colisiones atómicas de interés astrofísico. L. Opradolce y C. Falcón trabajaron con R. Picacentini de la Universidad de Rosario en el cálculo de secciones eficaces totales de ionización del átomo de Hidrógeno por choque con un electrón cuando la energía del movimiento relativo es levemente superior a la de ionización. Estos estudios resultan relevantes a la física del plasma, a las atmósferas estelares, a las descargas en gases y al pasaje de ondas de choque a través de gases.

**Nebulosas planetarias australes.** Investigador: Lic. Roberto Méndez

Resumen de la trayectoria: Se estudiaban las propiedades particulares de nebulosas planetarias.

**Estudio de estrellas Wolf-Rayet y Of.** Investigadora: Dra. Virpi Niemela de Monteagudo

Resumen de la trayectoria: Se continúa con el análisis de los espectros de estrellas de tipo espectral O y Wolf-Rayet. Se busca determinar si la estrella estudiada es en realidad un sistema binario y las condiciones del plasma dentro de la envoltura.

**Transferencia en binarias de gran masa.** Investigador: Lic en Astronomía y estudiante de Física Juan Zorec.

Resumen de la trayectoria: El objetivo enunciado en este informe era entender la naturaleza de la "mancha caliente" de la envoltura circumestelar que rodea una de las componentes (que hoy en día se asocia con los polos magnéticos del objeto, las erupciones y la eyección de masa). Se comenzaba con el proyecto y se estudiaba la transferencia de radiación en gases rarificados. Finalmente se estudió la modificación de las superficies equipotenciales del sistema debidas a la presión de radiación.

**Influencia de la gravitación en la radiación.** Investigador: Licenciada en Física Norma Sánchez (UNLP).

Resumen de la trayectoria: Había realizado diversos cursos de doctorado y se disponía a comenzar a estudiar el tema.

## 5.2. El IAFE en los Boletines de la Asociación Argentina de Astronomía de 1970 a 1975

Con el fin de ilustrar los intereses científicos de miembros o colaboradores del IAFE de aquel momento, y de los que se incorporarían al Instituto en el futuro y que ya se hallaban activos, citamos aquí los correspondientes trabajos presentados en las Reuniones de la AAA.

### *Boletín de 1970*

- Informe de Beca: *Cúmulo abierto NGC 2516 (fotometría UBV)*, I. F. Mirabel (OALP)
- Espectroscopía: *Líneas de CaII en Solar Flares*, H. Grossi Gallegos, H. Molnar & J. Sibold (ONFC, San Miguel)
- Astrofísica Teórica: *Lyman alfa de H*, H. Girola, et al. (FCEyN, UBA)
- Instrumentación: *Espectroheliógrafo de San Miguel*, Seibold J, & Paneth S. I.

### *Boletín de 1971*

- Comunicaciones: *Estrellas Wolf-Rayet*, Niemela, V. (OALP)  
*Nebulosas Planetarias*, Méndez, R. & Ringuelet A. (OALP)
- Astrofísica Teórica: *Espectro Colisional de Galaxias con líneas de emisión*, L. Coscia & H. Girola (FCEyN, UBA)
- Astronomía Solar: *Fulguraciones (observaciones de SECASI, 14 cm)*, H. Grossi Gallegos (ONFC, San Miguel)  
*Filamentos (observaciones de SECASI 14 cm)*, Rovira M. Machado M. (ONFC, San Miguel)  
Seibold, J. R. (ONFC, San Miguel)  
*Perfiles de Línea de K y Ca en manchas solares, Modelos teóricos de filamentos*, Machado M. H., Grossi Gallegos y Peralta M. (ONFC, San Miguel)

### *Boletín de 1973*

- Altas Energías: *Medición simultánea de los 4 parámetros de Stokes*, Albano J. & Terlevich R. J. (IAFE)  
*Importancia de procesos Sincrotón-Compton*, Albano J., Frank, J. & Terlevich R. J. (IAFE)
- Astronomía Solar: *Prominencias, manchas solares y fulguraciones*, Machado M. E., Grossi Gallegos & A. F. Silva (ONRC)
- Espectroscopía Estelar: *Binaria eclipsante GG Carinae*, L. López (OALP), J. Sahade (IAFE) & A. Thackeray (RO, Sudáfrica);  
*Estudio espectroscópico de Wy-Velorum*, L. López (OALP) & J. Sahade (IAFE)

*Boletín de 1975*

- Radioastronomía: *Eyección de materia del núcleo galáctico*, I. Mirabel (IAR)
- Astrofísica Teórica: *Transferencia de materia en Sistemas Binarios Cerrados*, J. Zorec (IAFE)

**6. La dirección de Horacio Ghielmetti hasta 1980****6.1. Las Memorias 1976-1980**

En esta sección haremos una reseña del Informe de Actividades Institucionales que el IAFE presenta a CONICET por el período 1976-1980, las denominadas Memorias. Este documento reporta las actividades del instituto y se describen los proyectos de investigadores e ingenieros del IAFE finalizados entre 1976 y 1980, por lo que alguna de las líneas de investigación que se describen comienzan tan temprano como 1971.

En este informe se consigna como director al Lic. Horacio Ghielmetti y como sub-director al Ing. Máximo Pupareli, el primero designado el 15 de diciembre de 1976, mientras que el segundo el 7 de julio de 1977. Los miembros del Comité de Representantes a la fecha de redacción del documento son el Ing. Orlando Villamayor por el CONICET y el Dr. Fausto Gratton por la FCEyN de la UBA.

En este documento a los Objetivos Generales y Específicos del Instituto se agrega un detalle que consigna lo siguiente:

*Dentro de los objetivos formales enunciados en a) es objetivo final constituir un grupo de investigadores (multidisciplinario: astrónomos, físicos e ingenieros) de alta calidad cuyos estudios se ocupen preferentemente de áreas no cubiertas en otras instituciones nacionales. Además, a través de requerimientos impuestos por los experimentos astronómicos no clásicos, ocuparse de desarrollos tecnológicos (principalmente en el área electrónica) que capaciten personal en técnicas transferibles a otros sectores del sistema científico-tecnológico del país.*

El porcentaje de dedicación del Instituto se reparte en las siguientes actividades.

- Investigación básica 50 %.
- Investigación aplicada 0 %.
- Desarrollo experimental 40 %.
- Docencia 10 %.
- Transferencia 0 %.
- Difusión 0 %.
- Actividades asociadas 0 %.
- Actividades no Científicas y Tecnológicas 0 %.

## 6.2. Los proyectos de investigación

Los proyectos descriptos en el informe de 1976-1980 son los siguientes:

- *Estudio de espectros de una protuberancia Solar en el extremo ultravioleta.*  
 Fecha de iniciación: 1976.  
 Director: Einar Tandbergh-Hanssen (Marshall Space Flight Center, NASA, EEUU).  
 Colaboradores: Lic. Marta Rovira.  
 El contenido de este proyecto forma parte del trabajo de Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Físicas de la FCEyN, que presentara Marta Rovira.
- *Etapas avanzadas de evolución Estelar.*  
 Fecha de iniciación 1975.  
 Director: Dr. Roberto Méndez.  
 Colaboradores: Dra. Virpi Niemela (investigadora de la CIC) Lic. Alberto Verga, (Beca de iniciación de CONICET), Dr. Rolf Meter Kudritzki (Instituto de Física Teórica y Observatorio de la Universidad de Kiel, Alemania Occidental).
- *Estudio de Estrellas Wolf-Rayet.*  
 Fecha de iniciación 1971.  
 Director: Dra. Virpi Niemela.  
 Colaboradores: Dr. Jorge Sahade (Investigador Superior de CONICET), Dr. Meter Conti (Univ. de Colorado, USA.), Dr. Anthony Moffat (Univ. de Montreal Canadá), Dr. Philip Massey (Dominion Astrophysical Observatory, Canadá).
- *Modelos de Estructuras Gaseosas que rodean algunas estrellas tempranas.*  
 Director: Dra. Adela Ringuelet.  
 Fecha de iniciación: 1976.  
 Colaboradores: Juan Manuel Fontenla (Investigador Asistente), Marta Rovira (Investigador Adjunto).
- *Colisiones Atómicas.*  
 Fecha de iniciación: 1972.  
 Director: Carlos Falcón.  
 Colaboradores: Dra. Liliana Opradolce (Profesional Adjunto de la Carrera de Técnico), Dr. Jorge Miraglia (Beca externa), Dr. Rubén Piacentini (Investigador Independiente de CONICET), Lic. Juan Casaubón (Beca de Perfeccionamiento).
- *Fotómetro digital de 3 canales: Construcción y utilización*.  
 Fecha de iniciación: 1973  
 Directores: Dr. Roberto Méndez, Ing. Isidoro Czudnowski.  
 Colaboradores: Lic. Vicente Mughherli (Profesional electrónico), Lic. Miguel A. Cerruti (Becario), Omar Areso (técnico electrónico) y José Marazzo (técnico electrónico).
- *Sistema de Telecomando.*  
 Fecha de iniciación: 1973.  
 Director: Ing. Máximo Pupareli.

Colaboradores: Ing. electrónico Máximo Alarcón, Ing. electrónico Carlos Defelippe, Ing. electrónico Isidoro Czudnowski, Técnico electrónico Hugo Masciallino, Técnico electrónico Pascual Cerella.

- *Telemetría PCM (Modulación de pulsos codificados)*.  
Fecha de iniciación: 1972.  
Director: Ing. Isidoro Czudnowski.  
Colaboradores: Ing. Alberto Godel, Ing. Carlos Defelippe, Técnico electrónico Omar Areso.
- *Apuntamiento Automático*.  
Fecha de iniciación: 1973.  
Director: Ing. Carlos Alarcón.  
Colaboradores: Ing. Máximo Pupareli, Ing. Juan Carlos Barberis, Técnico electrónico Hugo Masciallino, Técnico electrónico Guillermo Ibáñez.
- *Grupo de apoyo y Servicios*.  
Fecha de iniciación: 1971.  
Director: Ing. Juan Carlos Barberis.  
Colaboradores: Ing. Carlos Alarcón, Técnico electrónico Hugo Masciallino, Técnico Mecánico Antonio Veltri, Técnico Mecánico Jorge Martínez.

## 7. Formación de recursos humanos: Tesis Doctorales y de Licenciatura

Uno de los fines primordiales del Instituto es el de contribuir a la formación de investigadores y técnicos y al desarrollo de la enseñanza de esas disciplinas. En ese sentido, es natural que los investigadores del IAFE dirijan estudiantes de licenciatura y de doctorado. Desde su fundación hasta nuestros días, en el IAFE se han realizado, aproximadamente, unas 30 tesis de doctorado y otras 40 tesis de licenciatura. A continuación detallamos los doctorados y licenciaturas finalizados antes de 1985 con lugar de trabajo en la institución:

- *Cálculo eikonal de secciones eficaces totales en las colisiones protón - hidrógeno a baja energía*, María del Carmen Chidichimo, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1971.
- *Estudio de la sección eficaz diferencial y total de dispersión para el sistema Hidrógeno - Helio entre 0.1 y 2 eV*, Carlos A. Falcón, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1972.
- *Estudio en condiciones astrofísicas de las excitaciones colisionales por electrones del Nitrógeno, Carbono y Oxígeno ionizados*, Liliana A. M. Opradolce, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1973.
- *Nebulosas planetarias con estrellas centrales de tipo espectral A*, Roberto H. Méndez, Tesis doctoral en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1978.
- *Sobre una teoría axiomática del espacio-tiempo*, Diego Harari, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1979.
- *Estudio en espectros de una protuberancia solar en extremo ultravioleta*, Marta Rovira, Tesis doctoral en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1980.
- *Estudio de flujo de masa de una estrella de alta temperatura*, Alberto Verga, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1980.



- *Efectos relativistas en explosión de novas y supernovas*, Norberto Umérez, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1981.
- *Campos cuánticos de masa cero en el espacio-tiempo curvo*, Jorge Sztrajman, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1982.
- *Creación de partículas por contornos en movimiento*, Rafael Ferraro, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1982.
- *Sobre aproximación post-Newtoniana de la Teoría de Einstein-Cartan-Sciama-Kibble*, Marcelo L. Levinas, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1982.
- *Estudio de la estrella binaria espectroscópica HD 311884*, Cristina H. Mandrini, Tesis de licenciatura, FCEyN, UBA, 1983.
- *Estudio espectrográfico de una estrella supergigante con líneas de emisión*, Daniel A. Golombek, Tesis doctoral en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1983.
- *Creación de fotones por espejos móviles: el formalismo Kugo-Ojima*, Juan Pablo Paz, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1984.
- *Balance energético de la atmósfera solar durante las fulguraciones*, Pablo J. Mauas, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1984.
- *La radiación térmica de los agujeros negros en el marco de una teoría general de vacíos no triviales*, Carmen A. Núñez, Tesis doctoral en Astronomía, Universidad Nacional de La Plata, 1984.
- *Turbulencia de plasma en la magnetósfera de los pulsars*, Alberto D. Verga, Tesis doctoral en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1984.
- *Aspectos geométricos y cuánticos en el espacio curvo*, Diego Harari, Tesis doctoral en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1984.
- *Aproximaciones clásicas en colisiones de iones con átomos*, Carlos O. Reinhold, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1984.
- *Emisión de radiación durante colisiones atómicas de bajas energías*, Manfredo Pacher, Tesis de licenciatura en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1985.
- *Transporte en atmósferas estelares*, Juan M. Fontenla, Tesis doctoral en Ciencias Físicas, FCEyN, UBA, 1985.

## 8. Las líneas de investigación originales

### 8.1. Radiación Cósmica y Astronomía Infrarroja

#### *Mediciones desde globos estratosféricos y radiación cósmica*

La utilización de globos aerostáticos para fines científicos data de 1803, cuando Lhoest y Robertson verifican la variación del campo magnético terrestre con la altura (resultado que no pudo ser confirmado por Gay-Lussac y Biot en 1804). En 1912 V. H. Hess descubrió la radiación cósmica corpuscular, ascendiendo hasta los 5000 m con el propósito de estudiar la conductividad del aire. Estas observaciones pusieron en evidencia la existencia de radiación de muy alta energía y de los necesarios procesos de aceleración asociados que se dan en el

Universo. Desde entonces y hasta el advenimiento de la era satelital, los globos aerostáticos se convirtieron en una herramienta esencial en varios campos de la Astronomía.

Naturalmente, la radiación cósmica es de interés astrofísico, ya que posibilita el conocimiento de propiedades de los cuerpos donde se origina. Pero, además, en aquellos tiempos, la radiación cósmica actuaba como *proxy* del estudio de partículas fundamentales, ya que los grandes aceleradores no habían aparecido todavía. La energía de la radiación o las partículas que llegan a la atmósfera terrestre se “degrada”, a través de una cascada característica de eventos de menor energía. Naturalmente, los eventos de mayor energía ocurren a mayor distancia de la superficie terrestre, por lo que esos estudios estuvieron asociado a los globos aerostáticos hasta el advenimiento de la era satelital en los años 80. Algunas de nuestras fuentes señalan que, con el cambio de tecnología, algunos de los problemas que se estudiaban desde globos, continúan hoy abiertos.

En Argentina el estudio de la radiación cósmica es iniciado fundamentalmente por J. Roederer (Roederer 2002, Rovero 2009). Las primeras experiencias se hicieron exponiendo placas fotográficas en las alturas de la cordillera de los Andes, por lo que era necesario una importante logística para implementar las observaciones. Estos estudios recibieron un importante impulso después de 1957, conmemorado como Año Geofísico Internacional (IGY), cuando se acordó la instalación de un monitor de neutrones en Buenos Aires. Hacia 1959, estas investigaciones estaban considerablemente desarrolladas e institucionalizadas en el Laboratorio Nacional de Radiación Cósmica (LNRC), dependiente de la CNEA, desde donde se mantenía una red de monitores de neutrones en diferentes lugares del país (ver Roederer et al. 1961). Los primeros resultados de mediciones efectuadas desde globos estratosféricos datan del año 1964 —correspondientes a vuelos iniciados en 1962— y permitieron determinar la cantidad de eventos como función de la energía en la superficie exterior de la atmósfera terrestre (Ghielmetti et al. 1964). En 1964 el LNRC fue reconvertido en Centro Nacional de Radiación Cósmica (CNRC); en él actuaba personal dependiente de la CNEA y del Departamento de Física de la FCEyN de la UBA. Hacia 1969 se contaba con tres detectores de neutrones, además del ya nombrado, se operaba otro en Ushuaia y un tercero en la Base General Belgrano en la Antártida.

En los años inmediatamente posteriores, J. Roederer comienza a interesarse en el estudio de la modulación de las partículas por el campo magnético terrestre. Hacia 1969 emigra a los EEUU debido a las desfavorables circunstancias políticas imperantes en el momento y abandona definitivamente las líneas de investigación relacionadas a la radiación cósmica (Roederer 2002).

Después de la partida de Roederer, el CNRC queda a cargo del Lic. H. Ghielmetti. En los años posteriores se perfeccionan aún más las técnicas involucradas en el lanzamiento de detectores desde globos estratosféricos, como ser el tipo de globos, los equipos de telemetría y la tecnología de transmisión de datos —migrando a lo digital—, lo cual, en suma, permitió vuelos de mayor duración.

De gran relevancia a todos esos estudios, y en alguna medida una motivación para el estudio de los rayos cósmicos en Argentina, es la cercanía geográfica a la anomalía de Atlántico Sur —el punto más cercano a la superficie del planeta del primer cinturón de radiación (ver Figura 4)—, por lo que las emisiones debidas a partículas cargadas —acopladas al campo— se detectan allí con mucha

mayor intensidad. También era de interés el estudio de la variación cenital de la radiación (Aragón et al. 1977).

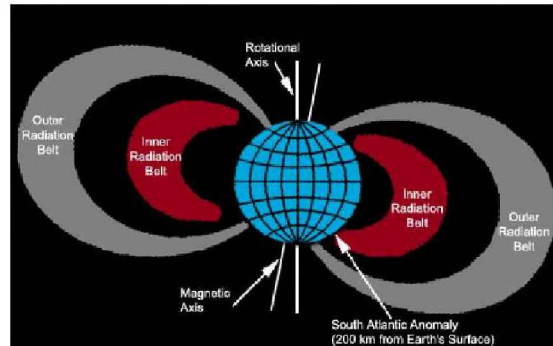


Figura 4 La anomalía del Atlántico Sur.

Entre 1962 y 1971 se realizaron más de 100 vuelos<sup>5</sup>, desde diversos lugares, como ser la ciudad de Buenos Aires, la ciudad de Posadas en la provincia de Misiones, el océano Atlántico, embarcados en un buque de la Armada Argentina, El Chemical, provincia de la Rioja, la ciudad de Ushuaia, e inclusive en la Guayana Francesa, gracias a la colaboración del grupo del Dr. Cambou de la Universidad de Toulouse, Francia, que proveía los detectores de rayos X. Con esos estudios se pretendía comparar la intensidad de la radiación X de electrones secundarios acoplados al campo magnético terrestre en la anomalía sur y la norte (que se localiza cerca de las Guayanas). Lamentablemente, en esa oportunidad, los detectores fallaron antes de alcanzar la altura adecuada para poder comenzar a hacer las mediciones. En este proyecto participó Antonio Gagliardini, en aquel momento discípulo de Roederer y miembro del CNRC y actualmente miembro del IAFE. Naturalmente son de destacar los desarrollos tecnológicos alcanzados y la complicada logística que requerían los vuelos, que se discuten a continuación.

Los detectores de radiación, de desarrollo propio se denominaron DDU (Double Detector Unit) y PDU (Photon Detector Unit). Ambos eran volados con balones de latex inflados con Hidrógeno y se los estabilizaba aproximadamente a 33-35 km de altura mediante una válvula colocada en la abertura de inflado del balón. La duración promedio de los vuelos, en altura estabilizada, era de aproximadamente 4-6 h, por limitación en el nivel de la señal, debido a la distancia entre el balón y la estación receptora. Los datos eran transmitidos a tiempo real y comprendían los contajes de los detectores, la presión (de allí se deducía la altura) y la temperatura.

Primero se construyó el DDU. Constaba de dos contadores G.M. (Geiger Muller), que detectaban la componente ionizante total ( $\gamma$  y cargadas). Los conteos enviados a tierra eran los individuales de cada G.M. y los de coincidencia entre los dos G.M., dando estos últimos una evaluación del ángulo de incidencia de la radiación que la producía. El equipo PDU llevaba un cristal de NaI (Tl) (Ioduro de Sodio, activado con Talio) adosado a un fotomultiplicador, para la medición de la componente fotónica de la radiación cósmica (Rayos X duros,

<sup>5</sup>Vicente Mughreli, comunicación personal.

en el rango de los 20 keV) y de un tubo G.M. para la componente ionizante total. Además de estos contajes, por supuesto se transmitían a tierra los datos de presión y temperatura.



Figura 5 Detector de radiación neutra.

Además del desarrollo de los detectores (ver Figuras 5 y 6), se desarrolló la electrónica necesaria para discriminar detecciones de radiación y partículas cargadas mediante eventos en coincidencia en pares de detectores, el sistema de apuntamiento, el sistema de transmisión de datos entre el instrumento y la base en tierra y el sistema de posicionamiento del globo. Se contaba con una gran experiencia en la difícil técnica del lanzamiento. El gas con el que se inflaban los globos es hidrógeno, lo cual hace que el proceso de inflado sea particularmente delicado (ver Figuras 7 y 8). A medida que el globo asciende la burbuja se expande, por lo que los globos de aquella época eran desplegables —no de material expandible como los de hoy día—. Al momento del lanzamiento, los vientos de superficie comprometen la carga útil, al punto de que muchas veces, esta o el globo mismo, pueden resultar severamente dañados<sup>6</sup>, por ello el ascenso inicial del globo era controlado por globos más pequeños que ascienden previamente (ver Figura 9); eventualmente la burbuja alcanza una altura de equilibrio en la que puede permanecer por algunas horas. Algunos diseños poseen aberturas para permitir la salida de gas y así equilibrar la presión a una dada altura. En general con la llegada de la noche el cambio de temperatura hace descender al globo. En un principio, la carga útil se perdía, más adelante, cuando estaba constituida por los detectores y los sistemas de telemetría y orientación, se desprendía, en respuesta a una orden enviada desde la estación de comando. Naturalmente, esa

---

<sup>6</sup>ver Informe sobre los resultados preliminares obtenidos por el IAFE en la campaña EGANIIV. IAFE-Serie de Publicaciones Técnicas. Julio de 1978.

caída también provocaba daños en el instrumental (Figura 10), pero algunos de los equipos fueron volados más de una vez, ya que fueron recuperados en buenas condiciones al caer a tierra en paracaídas, el cual iba colocado entre el equipo y el balón. Los vuelos de gran duración debían ser monitoreados visualmente desde un avión para recuperar la carga. En general la autonomía de los globos era de algunos cientos de kilómetros.



Figura 6 Adelante: el bolómetro de Galio-Germanio del proyecto ALIR. Detrás a la izquierda: detector de rayos X.

En esa época también se realizaron mediciones de radiación X con instrumentos lanzados en los cohetes DRAGON II, en colaboración con la CNIE y otras instituciones del país. Lamentablemente no hemos obtenido evidencia de que con esos experimentos se llegara a obtener dato alguno.

A los pocos años de la fundación del IAFE, el interés por la detección de radiación de alta energía y de partículas cargadas decayó y paulatinamente comenzó a darse prioridad a desarrollar un telescopio infrarrojo que pudiera ser lanzado en un globo estratosférico.

Los últimos vuelos dedicados a detectar radiación cósmica se efectúan hacia fines de los años 70. Los estudios realizados entre 1971 y 1978 tenían como objetivo estudiar los fenómenos de las erupciones solares (Ghielmetti et al. 1995) y la distribución de energías de la componente cargada (Mugherli et al. 1993) y de los rayos  $\gamma$  (Azcárate et al. 1992). Los principales resultados se exponen en las Figuras 11, 12 y 13. Nótese que, según las referencias que aparecen en la Figura 13, las últimas mediciones de ese tipo habían sido publicadas unos 10 años antes. Naturalmente, debe tenerse en cuenta las difíciles situaciones por las que pasó el país y su sistema científico en los años en los que se intentó ese proyecto, de características eminentemente experimentales y de desarrollo tecnológico.



Figura 7 Lanzamiento de un globo estratosférico. Desde la izquierda hacia el centro de la imagen se visualiza la manga con la que se llenaba la burbuja de gas, que aparece hacia la derecha. Aparecen en la foto L. Opradolce, C. Falcón y Vicente Mugheri.



Figura 8 Lanzamiento de un globo desde la cancha de River. Nótese que las tribunas ofrecían protección contra el viento, haciendo más seguro el despegue del globo.

### *Astronomía infrarroja*

**Contexto Histórico** La importancia del infrarrojo en astronomía radica, entre otras causas, en que a esas longitudes de onda se encuentran las trazas de moléculas de mucho interés astrofísico —el agua entre ellas— por lo que revela la estructura y la composición química de objetos fríos, como ser envolturas estelares, planetas, cometas, polvo interestelar, etc. Además es pertinente recordar



Figura 9 Globos de menor tamaño lanzados para guiar inicialmente la burbuja.

que la información respecto del origen del Universo se halla corrida hacia las longitudes de onda más largas<sup>7</sup>.

Ya hemos mencionado la dificultad para realizar mediciones en el infrarrojo (IR) desde tierra. Pero, por otro lado, la tecnología de los semiconductores aumentó dramáticamente la sensibilidad de los equipos de detección. La absorción de radiación IR por el vapor de agua es conocida desde principios del siglo XX (Sleator 1918). Las primeras observaciones de fuentes astronómicas en el IR datan de esos años y fueron dirigidas al Sol, la Luna, los planetas y las estrellas más brillantes (Coblentz 1922). Se utilizaban distintos tipos de detectores como ser bolómetros, basados en materiales que cambian su resistencia con la radiación IR o termocuplas aisladas en vacío, las celdas fotoeléctricas se introducen en los años 30, mientras que los detectores más sensibles de Plomo-Sulfuro datan de unos 20 años más tarde. Hacia fines de los años 50 ya se habían estudiado las propiedades infrarrojas de la Vía Láctea, de estrellas de diversos tipos espectra-

---

<sup>7</sup>Para una sucinta historia de la astronomía IR ver por ejemplo <http://coolcosmos.ipac.caltech.edu>



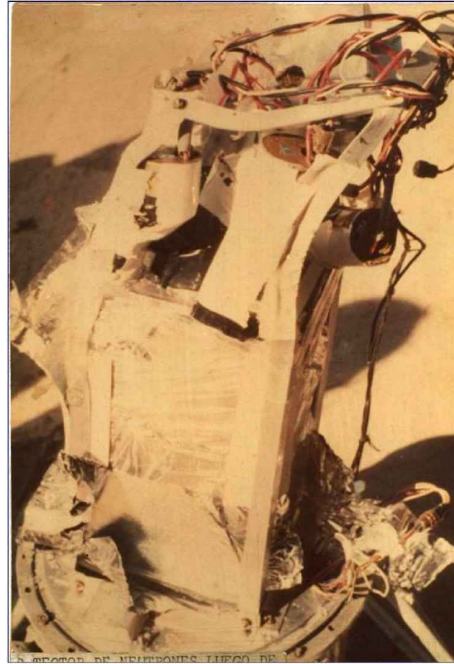


Figura 10 Estado de la carga útil después de un vuelo. Este experimento en particular corresponde a detección de neutrones.

20

H.S. GHIEMMETTI ET AL.

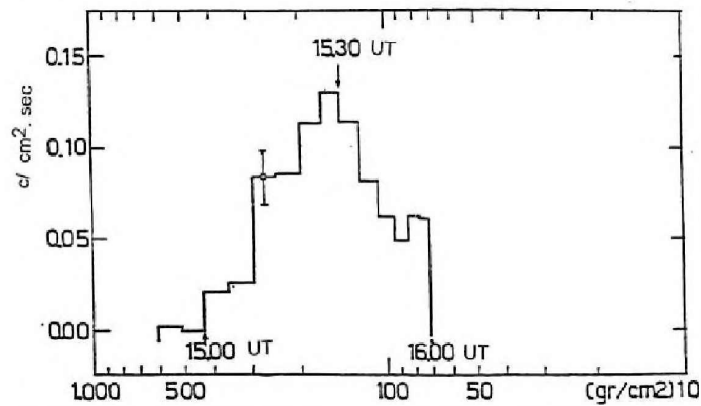


Fig. 1. Counting rate excess in the (GM-AI) counter as a function of the atmospheric depth for the flight 114 during August 7, 1972.

Figura 11 Exceso de cuentas por unidad de tiempo y de área correspondiente a la fulguración solar del 7 de Agosto de 1977 (día del natalicio de Horacio Ghielmetti). Reproducido de Ghielmetti et al. (1995).

les y de los planetas, pero utilizando placas fotográficas. Durante los años 60 y 70 estos estudios cobran muchísimo interés, por ejemplo, con el establecimiento del observatorio infrarrojo de Mauna Kea en Hawai (USA), ocurrido en 1967.

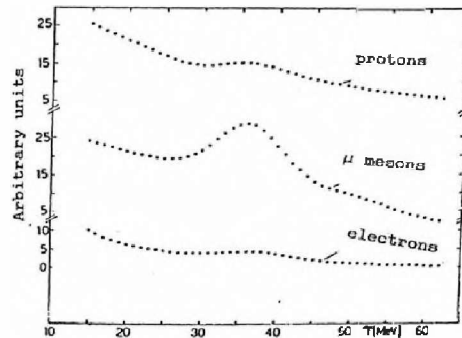


Fig. 6. Energy-loss spectra in the detector computed for electrons,  $\mu$ -mesons and protons, with isotropic incidence and the spectral distributions given in the text.

Figura 12 Espectro de pérdida de energía en el detector correspondiente a cada una de las fases de la componente cargada de la radiación detectada. Reproducido de Mughnerli et al. (1993).

Naturalmente, las observaciones en esas longitudes de onda realizadas desde fuera de la atmósfera terrestre, permiten la medición de fuentes mucho más débiles, pero requieren un tecnología mucho más avanzada. Los estudios astrofísicos en el infrarrojo sufren un muy importante impulso con el lanzamiento de IRAS (Infrared Astronomical Satellite) en 1983, que duplica la cantidad de fuentes infrarrojas conocidas al momento.

La primeras observaciones utilizando globos estratosféricos en el infrarrojo fueron realizadas en 1959 por A. Dollfus a los 13 500 m de altura. El telescopio estaba montado sobre una cápsula herméticamente cerrada, donde se instalaba el astrónomo, y el conjunto era arrastrado por un conjunto de 104 globos organizados alrededor de una cuerda de 450 m de longitud. Dollfus contaba con un telescopio Cassegrain de 50cm y la carga total de la cápsula era de 678 kg. Estas mediciones permitieron estimar, por ejemplo, el contenido de vapor de agua de Venus y Marte (Pfozter 1972).

En 1961 Frank Low introduce el bolómetro de Germanio, basado en la propiedad de que ese material cambia su conductividad cuando es iluminado por radiación IR. La sensibilidad de esta tecnología es cientos de veces superior a la anterior pero el detector debe funcionar a temperaturas muy bajas, por lo que debe ser enfriado con Helio líquido a unos 4°K. En esa época la tecnología de los globos permite alcanzar altitudes de unos 40 km. Las mediciones realizadas desde globos utilizando bolómetros de Germanio son de esos años y están dirigidas principalmente a los planetas y a las fuentes en el plano galáctico. En los años 70 también se realizan mediciones desde cohetes.

Es en este contexto científico-tecnológico, a poco de haber sido fundado el Instituto, que se forma un grupo de astronomía infrarroja que se plantea observar en el IR desde la estratósfera y que producirá el proyecto ALIR (Astronomía en el Lejano Infra-Rojo), consistente en un telescopio para realizar mediciones en el IR lejano, adaptado para volar en un globo estratosférico.

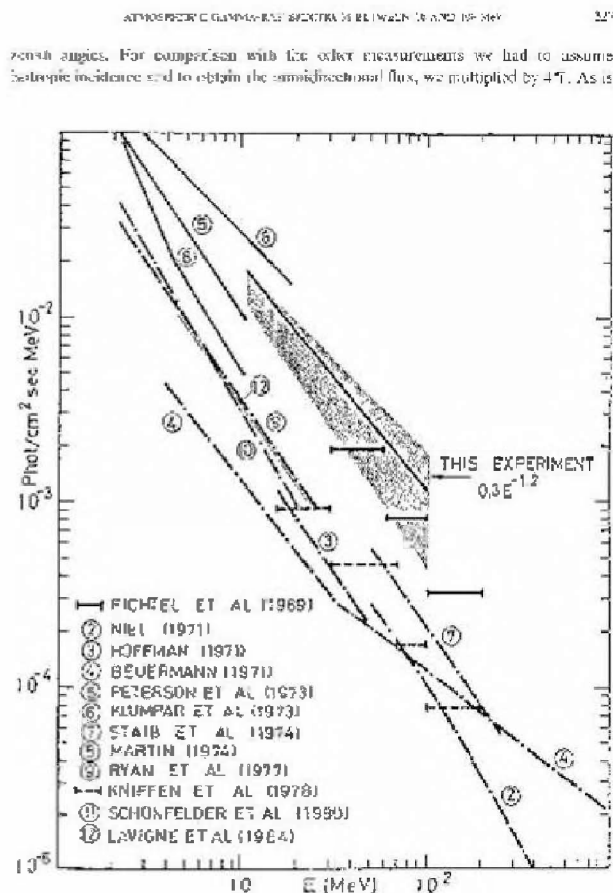


Fig. 4. Comparison of several determinations of the atmospheric  $\gamma$ -ray spectrum, reduced to an altitude of 3000 m,  $\theta = 0^\circ$  and 11.2 GV geomagnetic cut off. The limits of the distinct zone of uncertainty around the best estimator of the spectrum from the present experiment, represent the extreme limits of the differential flux flow result assuming  $L = 16$  cm or  $L = 24$  cm in the computation of the response function.

Figura 13 Espectro de energías de rayos  $\gamma$  atmosféricos y comparación con resultados de otros autores. Reproducido de Azcárate et al. (1992).

**Los proyectos ALIRI y II** La dirección científica del proyecto infrarrojo estaba a inicialmente a cargo de Eduardo Gandolfi en colaboración con Alejandro Quaglia. Hacia 1979 los encargados eran los ingenieros Gulich y Puparelli, con la supervisión científica de Adela Ringuet (Gulich & Puparelli 1980).

Los primeros diseños son de principios de los años 70. En la sección 5.1. se enumeran los proyectos que estaban involucrados en la realización de ALIRI hacia 1974. Además del grupo infrarrojo, se cuentan los de procesamiento y telemetría digital, telecomando y de la plataforma estabilizada. Hacia 1980 a estos proyectos se agregan la telemetría por modulación de pulsos, el apuntamiento automático y los mecánicos. El proyecto ALIRI poseía un sistema de apuntamiento acimutal mediante sensores magnéticos que sensaban la componente acimutal del campo magnético terrestre. Ese proyecto realizó unos 4 vuelos

de prueba entre 1976 y 1979, en los que no llegaron a tomarse datos debido a que todavía subsistían ciertos problemas técnicos, como por ejemplo, los cables externos que se congelaban e impedían el movimiento en altitud del telescopio. Con el alejamiento del Lic. Gandolfi del instituto el interés decae y el proyecto se abandona hacia mediados de los años 80. Los técnicos involucrados se vuelcan entonces enteramente a proyectar un satélite de aplicaciones científicas, el SAC 1.

Las características del instrumento se detallan a continuación:

- Tipo de telescopio: Cassegrain con montura alta-acimutal.
- Espejo primario: 30 cm de diámetro, campo: 12 minutos de arco.
- Espejo secundario: oscilante a 22 Hz con una amplitud de 24 minutos de arco.
- Lanzado en un globo estratosférico a 30 km de altura.
- Peso aproximado: 350 kg.
- Orientado desde tierra a través de sistema de telecomando.
- Fuente de detección: bolómetro de Germanio-Galio enfriado a 2°K en He líquido.
- Rango operativo en longitud de onda: 50  $\mu\text{m}$  a 350  $\mu\text{m}$ .

El telescopio ALIR I preparado para el lanzamiento puede verse en la Figura 14. El telescopio del proyecto ALIR II, separado de la base que contenía la electrónica, puede verse en la Figura 15.

La relación señal-ruido de la fuente de interés se obtenía analógicamente mediante la substracción del fondo integrado en cada ciclo de oscilación del espejo secundario. La orientación acimutal se realizaba mediante un volante de inercia. En ALIR I el apuntamiento se hacía en base a la medición del campo magnético terrestre, con un magnetómetro ubicado a la derecha del telescopio (ver Figura 14). En ALIR II el magnetómetro es alejado del equipo por medio de un brazo para evitar interferencias, y se introduce un sistema de guiado conformado por un telescopio refractor de 10 cm de abertura y un fotómetro (ver Figura 16).

Nosotros creemos que el haber abandonado este proyecto resultó en una muy lamentable pérdida, ya que se encontraba tan cercano de comenzar a producir resultados. Debe notarse que existen publicaciones recientes basadas en observaciones realizadas por telescopios IR volando en globos aerostáticos (Nakagawa 2002).

#### *Las publicaciones internas del IAFE*

El grupo de radiación cósmica y astronomía infrarroja publicaba en forma interna los reportes de estudios realizados, de los avances tecnológicos y de los resultados obtenidos, en algunos casos estas son las únicas referencias con que se cuenta, respecto al estado de avance en algunos temas. Las publicaciones de este tipo que se conservan en la biblioteca del IAFE (ver Figura 17), se refieren a los temas consignados a continuación. El formato es análogo al utilizado en publicaciones similares del CNRC.

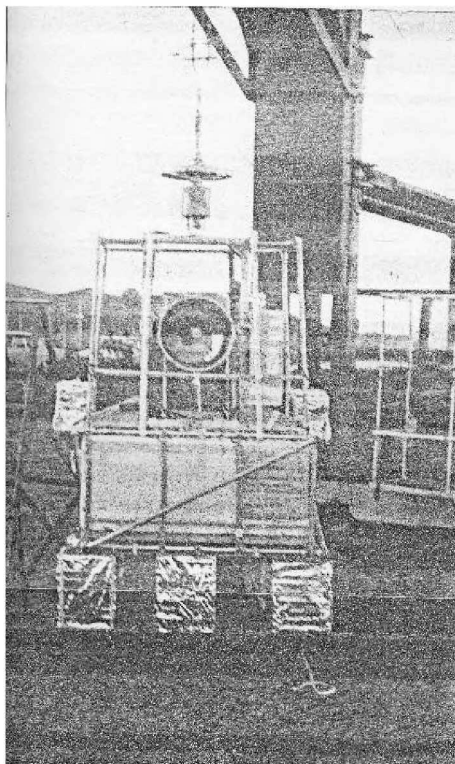


Figura 14 Telescopio ALIRI antes del lanzamiento.

#### **Serie Publicación de Registros**

**1972** Resultados de mediciones con globos estratosféricos (1963-1969) Rayos X y partículas cargadas.

**1973** Monitor de neutrones (1964-1969).

#### **Serie Publicaciones Técnicas**

**1973** Alarcón C. E. & Pupareli M. Detector adaptivo de proporción.

**1978** Ghielmetti H.S. Informe sobre Egani IV: Detección de neutrones, rayos  $\gamma$  y X.

**1978** Godel A. M. Factibilidad de vuelos de larga duración de globos estratosféricos a través del Atlántico Sur.

**1978** M. Gulich & Pupareli M. Informe de progreso de Telescopio Infrarrojo (ALIRI).

#### **Serie Publicaciones Científicas**

**1980** Gandolfi A. J. & Quaglia A. ALIRI.

**1980** Ghielmetti H., Mugerli V. & Azcárate I. Medición de líneas de radiación atmosférica a bajas latitudes.



Figura 15 Telescopio ALIR II tal cual puede verse hoy en el museo del IAFE.

### **Serie Cursos y Seminarios**

**1975** De Feiter L. D. Partículas Energéticas Solares.

**1977** Seminario de Trabajo en el IAFE sobre Física Solar de Agosto de 1973.  
Exposiciones invitadas: Tandbergh E., Altschuler M. D., Ushida Y., Feiter F. D.

### **8.2. Astronomía**

Es sabido que las propiedades de la luz proveniente de una estrella son utilizadas para deducir diversas condiciones y propiedades del medio en el que se origina. Pueden inferirse la existencia de vientos estelares o los parámetros orbitales de las estrellas binarias (ver Figura 18). Así, la actividad de los astrofísicos estelares observacionales se enfoca principalmente a medir e interpretar las distribuciones espectrales de la luz proveniente de diferentes tipos de estrellas. En particular, en los primeros tiempos del IAFE eran de interés las estrellas binarias simbióticas, cuyos componentes son una gigante roja y una estrella pequeña y caliente, como una enana blanca, rodeadas por una nebulosidad. El espectro de



Figura 16 Detalle del Sistema de Guiado de ALIR II. Aparece en la foto, A. Veltri, técnico mecánico que participó en la construcción del telescopio.

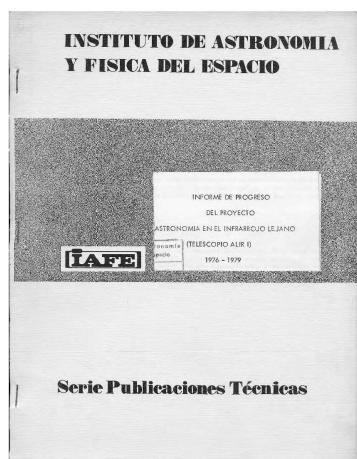


Figura 17 Tapa de una de las publicaciones internas del IAFE.

estas estrellas sugiere que existen tres zonas que emiten radiación: las dos estrellas individualmente y la nebulosidad que las rodea. Se piensa que la nebulosidad se origina a partir de la gigante roja, que pierde masa bien a través de un fuerte



viento estelar o bien por pulsaciones. Se estudiaban las estrellas Wolf-Rayet, que son estrellas masivas, cálidas y evolucionadas y poseen una intensa pérdida de material asociada a fuertes vientos. Otros objetos particulares de interés eran las nebulosas planetarias, objetos creados a partir de la expulsión de las capas externas de una estrella de masa baja o intermedia, tras su paso por la rama asintótica gigante del diagrama H-R, en camino a transformarse en una enana blanca.

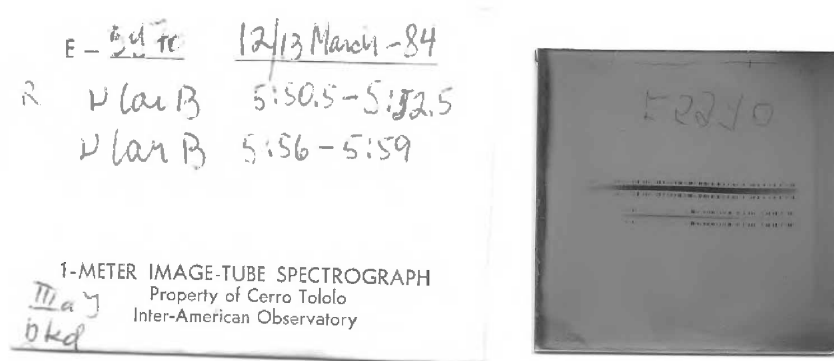


Figura 18 Una placa espectroscópica obtenida por V. Niemela. Se consigna en el sobre, la estrella a la que pertenece, fecha, instrumento y observatorio. Nótese las líneas provenientes de una lámpara de referencia por sobre y por debajo de la imagen de la estrella. Estas placas eran medidas en el foto-densitómetro Grant.

Es en los temas mencionados en los que los astrónomos fundacionales del IAFE hicieron aportes muy importantes. A modo de ejemplo e ilustración, se incluyen en los apéndices I y II las referencias correspondientes a las publicaciones realizadas por Jorge Sahade y Adela Ringuelet mientras tuvieron lugar de trabajo en el Instituto. De Jorge Sahade notamos, por ejemplo, los estudios sobre estrellas binarias y estrellas Wolf-Rayet. Los temas de interés de Adela Ringuelet incluyen las estrellas gigantes y los modelos de atmósferas estelares. En el caso de Adela se destaca la cantidad y variedad de sus colaboradores. Entre 1974 y 1992, mientras tuvo lugar de trabajo en el IAFE, Virpi Niemela publicó unos 60 artículos en revistas internacionales, entre los que se encuentran los realizados sobre estrellas Wolf-Rayet, tema en el que es internacionalmente reconocida. Roberto Méndez también perteneció al IAFE desde sus inicios y dejó el instituto en 1991. Hasta esa fecha había publicado unos 40 artículos en temas variados de astronomía estelar y de nebulosas planetarias, área en la que es muy reconocido. Nótese que los dos últimos aparecen en múltiples colaboraciones con los anteriores.

Otros astrónomos que trabajaron en el IAFE entre los años 80 y 90 son el Dr. Hugo Marraco y el Dr. Miguel Ángel Cerruti. El primero investigaba observacionalmente temas estelares, utilizando polarimetría entre otras técnicas; hacia 1986 introdujo Internet en el IAFE, antes que en muchas otras instituciones del país y hoy día trabaja en la CONAE. El segundo es un experto en estrellas variables y se encuentra actualmente con licencia médica. Más recientemente

tuvieron su lugar de trabajo en el instituto la Dra. Irene Vega, también experta en polarimetría estelar y el Dr. Juan Carlos Forte, ex Decano de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata y astrónomo observacional con intereses en temas galácticos y extragalácticos.

## 9. Las líneas de investigación incorporadas en los primeros años

### 9.1. Colisiones Atómicas

La investigación en teoría de Colisiones Atómicas comienza en el IAFE en 1971 bajo la supervisión del Dr. Ruben Darío Piacentini, profesor de la Universidad Nacional de Rosario quien dirige las tesis de licenciatura en Ciencias Físicas de la UBA de María del Carmen Chidichimo, Carlos Falcón y Liliana Opradolce —esta última codirigida por la astrónoma Virpi Niemela—. Cumplida esta etapa inicial los nuevos licenciados continúan trabajando bajo la dirección de Piacentini, quien viaja periódicamente a Bs. As. para tal fin. En 1974 se publican en el *Journal of Physics B* (Vol. 7, p. 548-557) resultados de colisiones protón+hidrógeno a bajas energías siendo el primero firmado con el nombre del Instituto en una revista de prestigio internacional dentro de esa disciplina. Posteriormente, por graves problemas de salud de su hija, Chidichimo se traslada en forma definitiva a Inglaterra donde comienza a trabajar en colaboración con el Dr. A. Burgess en la Universidad de Cambridge y Falcón y Opradolce viajan a Francia, entre 1977 y 1980, para realizar su tesis doctoral en la Universidad de Bordeaux I. En 1979 por iniciativa de Piacentini, se incorpora el Lic. Jorge Miraglia que completa su tesis doctoral (Cs. Físicas, UNLP) en 1980, quien luego continuará su trabajo de postgrado en Inglaterra hasta su regreso al IAFE en 1983. Para ese entonces C. Falcón ya había incorporado a tres estudiantes y a partir de allí el grupo se consolida. En los ochentas se doctoran los primeros estudiantes, A. Gonzalez, C. Reinhold, y S. Blanco, y a principios de los noventa, V. Rodríguez, M. Pacher, y M. S. Gravielle, luego le siguieron M. Kornberg, C. C. Montanari. Más recientemente, ya en este siglo, se doctoraron P. A. Macri, D. Arbo y G. Bocan. El grupo incorpora una nueva línea con la llegada de D. Mitnik en 2002. Con M. Faraggi, quien se doctora en 2008, irrumpe la tercera generación.

### 9.2. Física Solar y Estelar

El trabajo en el área de la física solar y estelar comenzó hacia mediados de los 70 cuando confluyen en el IAFE investigadores de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata y de la Comisión Nacional de Estudios GeoHeliofísicos. Uno de los primeros temas de trabajo fue el desarrollo de modelos de atmósferas de estrellas frías y protuberancias solares. Hacia los 80, con el advenimiento de mejores detectores en el rango de los rayos X y el EUV y la posibilidad de acceder a sus datos, se incorpora a las líneas de investigación existentes el análisis y modelado de fenómenos activos solares transitorios (principalmente, fulguraciones), combinando observaciones satelitales y terrestres en varias longitudes de onda. Esta línea se amplía hacia los 90 incluyendo el desarrollo de modelos del campo magnético solar local y el cálculo teórico y numérico de su topología, continuándose el trabajo en las áreas originales.

A través de dos convenios internacionales, uno con Alemania y otro con Brasil, se instalan hacia fines de los 90 los telescopios de observación solar H-alpha Solar Telescope for Argentina (HASTA, convenio con Alemania), Mirror Coronagraph for Argentina (MICA, convenio con Alemania) y Solar Submillimeter Telescope (SST, convenio con Brasil) en la Estación de Altura U. Cesco del Observatorio Félix Aguilar (HASTA y MICA) y el Complejo Astronómico El Leoncito (SST). Esta instrumentación permite al grupo contar con datos propios y ampliar sus líneas de investigación hacia el análisis y modelado de eventos quiescentes y activos (eyecciones coronales de masa) observados en el limbo solar, así como también incorporar la rama de la radio astrofísica solar.

Desde el 2000, con el reconocimiento de la importancia de la influencia del Sol en el largo (calentamiento global) y corto plazo (clima espacial) sobre el entorno terrestre, el grupo de investigadores en Física Solar y Estelar trabaja en temas vinculados con dos líneas principales: actividad solar transitoria y fenómenos en el medio interplanetario y actividad estelar, planetas extra solares y astrobiología. Contando desde los 80, se han finalizado once Tesis doctorales y diecinueve Tesis de Licenciatura en esta área.

### 9.3. Teorías Cuántico-Relativistas y Gravitación

El grupo comenzó su trabajo a principios de los 80. El tema inicial fue la teoría de campos en el espacio-tiempo curvo. En este tema y en otros afines, bajo la dirección de M. Castagnino se hicieron unas cuarenta tesis de licenciatura y diecisiete tesis doctorales, precisamente las de: L. Chimento, C. Núñez, D. Harari, R. Ferraro, J. P. Paz, N. Umérez, M. Levinas, R. Aquilano, C. Laciana, J. Sztrajman, C. Loustó (dos: una en Física y otra en Astronomía), G. Domenech, F. Gaioli, L. Lara, A. Ordóñez y S. Iguri, en las universidades de Buenos Aires, La Plata y Rosario. Muchos de estos investigadores luego hicieron estancias posdoctorales en el exterior y la mayoría formaron nuevos grupos, además de continuar el trabajo del grupo original.

Los proyectos del grupo fueron subsidiados por el CONICET, por el Directorate General for Science, Research, and Development of the Commission of the European Communities, la Universidad de Buenos Aires, la Fundación Antorchas, el British Council y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Ya en 1985 el grupo fue clasificado entre los primeros 20 grupos activos del país, en Física, (en un informe de los Dres. De la Cruz, Dussel y García Canal a la Secretaría de Estado de Ciencia y Técnica), y en 1993 como grupo A1 por la Comunidad Europea.

El grupo mantiene, o ha mantenido, convenios de intercambio científicos con el Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, el Observatorio de París-Meudon, el Centro de Estudios Científicos de Santiago (Chile), la Universidad Central de Venezuela (Caracas), la Universidad de los Andes (Mérida, Venezuela), el Instituto de Investigaciones Nucleares de Moscú (perteneciente a la Academia de Ciencias de la Unión Soviética), la Universidad Libre de Bruselas (Bélgica), la Universidad de Maryland (Estados Unidos), la Universidad de Barcelona (España), y el Imperial College (Londres).

Se produjeron muchos trabajos (solamente M. Castagnino ha publicado más de 200), varios libros (M. Castagnino, R. Ferraro, A. Gangui, C. Simeone y E. Calzetta). Estos trabajos, merecieron Menciones Honorable en los Concursos

Anuales de Trabajos sobre Relatividad y Gravitación de la Gravity Research Foundation, en 1986, 1990 y 1994 y tuvieron amplia difusión. Por ejemplo, luego del 2000:

- El trabajo *Self induced decoherence: a new approach*, Studies in Philosophy and History of Modern Physics, Vol. 35, 73, 2004, de M. Castagnino y O. Lombardi fue “Top 10 cited” en el Study in History and Philosophy of Modern Physics en el período 1996-2008.
- El trabajo *The cosmological origin of time asymmetry*, Class. Quant. Grav. vol. 20, 369-391 (2003), de M. Castagnino, L. Lara, y O. Lombardi, fue “Highlight Institute of Physics”, 2003.
- *The arrow of time: from global asymmetry to local irreversible processes*, Foundations of Physics, Vol. 38, N° 2, 2008, pp. 257-292., de M. Aiello, M. Castagnino y O. Lombardi fue “Highlight Foundations of Physics”, 2008, etc., etc.

Se formaron también investigadores que han tenido posteriormente trayectorias destacadas: Carlos Loustó fue director del Brownsville Astronomical Observatory, Román Scoccimarro es Associate Professor en la New York University y, el tesista de Diego Harari, Matías Zaldarriaga, es Associate Professor en el MIT y ganador en 2006 de la beca McArthur dotada por u\$s 500 000.

En el IAFE M. Castagnino continúa trabajando en teorías cuánticas relativistas y gravitación e interpretación de la mecánica cuántica, C. Núñez en supercuerdas, R. Ferraro en relatividad general y electrodinámica no lineal, y G. Domenech en estructuras cuánticas.

## 10. Líneas incorporadas posteriormente y proyectos institucionales

### 10.1. Estudio de remanentes de supernova y medio interestelar

En el IAFE las investigaciones en este campo se iniciaron alrededor de 1984 cuando Gloria Dubner se incorporó al grupo de astrónomos dirigido por la Dra. Virpi Niemela, que investigaba sobre evolución estelar. Dubner, proveniente del IAR, incorporó a este grupo técnicas en radioastronomía para investigar los últimos estadios en la evolución de estrellas de alta masa y la explosión final como supernova, así como el estudio del gas interestelar alrededor de estos objetos. Alrededor de 1988, con la incorporación de Elsa Giacani, también proveniente del IAR, el grupo se afianzó e independizó, incorporando estudiantes de doctorado, tales como Estela Reynoso, y estudiantes de tesis de Licenciatura y de Doctorado en Física, como Pablo Velázquez, Gabriela Castelletti, Sergio Paron, Martín Ortega, Alberto Petriella, que continuaron la línea de investigación en restos de supernovas y su interacción con el gas circundante. Si bien el trabajo experimental de este equipo de investigación se basa fundamentalmente en observaciones en ondas de radio, en la actualidad las investigaciones se complementan con estudios realizados con telescopios espaciales en rayos X, espaciales y terrestres en rayos gamma y con la utilización de telescopios ópticos. Asimismo, a través de una extensa red de colaboradores del mundo entero, el estudio observacional se complementa con investigaciones teóricas.

## 10.2. Plasmas astrofísicos

El grupo de plasmas astrofísicos está abocado a una serie de problemas relevantes, como ser acreción, flujos rotantes, magnetohidrodinámica y flujos planetarios e interplanetarios.

También hay interés en problemas teóricos de dinámica de fluidos y teoría cinética de transporte, como simulaciones numéricas de fluidos y magneto-fluidos, turbulencia en ambos casos, descripción de Föcker-Planck de haces de electrones o del desarrollo de turbulencia en el plasma. Estos son temas teóricos que tienen aplicaciones astrofísicas.

El grupo fue creado en 1984 por el Dr. Constantino Ferro Fontán. En un principio la actividad se centraba en la formación de investigadores jóvenes en astrofísica del plasma. Se completaron varias tesis de licenciatura y doctorados. En una segunda etapa varios investigadores viajaron al exterior a perfeccionarse, el primero de ellos fue el Dr. Daniel Gómez, actual líder del grupo, y en la actualidad ya hay investigadores “de tercera generación” en esta línea de investigación.

Los miembros del grupo en la actualidad son los investigadores César Bertucci, Sergio Dasso, Pablo Dmitruk (Departamento de Física, FCEyN, UBA), Daniel Osvaldo Gómez, Pablo Mininni (Departamento de Física, FCEyN, UBA), Leonardo Pellizza, y Alberto Marcos Vásquez y cinco estudiantes de doctorado. Otros investigadores que han pasado por el grupo son Alejandro Canal, María Victoria Canullo, Andrea Costa, Rafael González, Rolando Lillo, Leonardo Milano, Laura Morales, Laura Pampillo, Silvina Ponce-Dawson, Néstor Rotstein, Aníbal Sicardi Schifino y Alberto Verga.

## 10.3. Física estelar y planetaria

A partir de 1999 el Dr. Pablo Mauas inicia un estudio sistemático de actividad a largo plazo de estrellas al final de la secuencia principal, utilizando para ello espectros obtenidos en el Complejo Astronómico El Leoncito. Estos espectros han sido utilizados para el estudio de variabilidad estelar y para caracterizar distintos indicadores de actividad. Además, permitieron la construcción de una grilla de modelos atmosféricos estelares.

Con el pasar de los años, y a medida que el proyecto fue creciendo, se fueron incorporando distintas áreas de investigación afines, como la influencia de la actividad solar y estelar en las condiciones climáticas en la tierra y de habitabilidad en planetas extrasolares. En particular, los estudios de la influencia de la actividad solar en el caudal del Paraná tuvieron una gran repercusión en los medios, y se vieron recientemente reflejados en el documental dedicado al Sol de la serie producida por la BBC “Seven Wonders of the Solar System”. Estos estudios se complementaron naturalmente con el estudio y búsqueda de planetas extrasolares. Con este objetivo, junto a otros proyectos, el IAFE adquirió un telescopio MEADE de 16”, que se está instalando en el Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO). Recientemente, se incorporó el estudio de la exobiología, relacionado con las condiciones de habitabilidad en planetas extrasolares. En el grupo se realizaron cuatro tesis doctorales, y actualmente cuenta con tres investigadores.

#### 10.4. Teledetección

Este grupo inició sus actividades en enero de 1984 en el CAERCEM como grupo RADSAT (Radiometría Satelitaria). Sus actividades principales estuvieron relacionadas con las investigaciones en aspectos básicos de la Teledetección (físicos, matemáticos y computacionales). A su vez se dedicó a la difusión del tema y a la formación de nuevos investigadores de otros organismos a través del dictado de cursos y pasantías en el CAERCEM. Por otro lado RADSAT puso gran énfasis desde sus inicios en llevar a cabo trabajos en cooperación con otras instituciones. La sinergia entre la formación en teledetección por parte de su personal y el conocimiento de distintas áreas geográficas y temáticas por parte de investigadores de otros organismos consolidó una red multidisciplinaria de investigadores relacionados con el ambiente costero y oceánico. Entre ellos se pueden mencionar grupos pertenecientes a otras instituciones tales como INIDEP, CIRGEO, CENPAT, CADIC, Centro de Geología de Costas de la Universidad de Mar del Plata.

En el año 1999 pasó a formar parte del IAFE como Grupo de Teledetección continuando con la misma filosofía de trabajo y ampliando sus actividades a aplicaciones terrestres en particular en humedales y bosques y más recientemente en la obtención de variables bio-geofísicas como humedad del suelo. En esta última línea de trabajo se ha puesto énfasis en el desarrollo de modelos de interacción señal-blanco, en el desarrollo de instrumentos para mediciones de campo, en el estudio de nuevos sensores en particular, en las longitudes de onda de las microondas y en la transferencia de resultados a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales.

Los iniciadores de este grupo son Antonio Gagliardini y Haydee Karzsenbaum, pioneros en el país en el tema, y actualmente consta de otros dos investigadores, Francisco Grings y Ana Dogliotti y de varios estudiantes de doctorado.

#### 10.5. Aeronomía

El grupo de aeronomía comenzó sus actividades en 1981 en el CAERCEM (instituto basado en un convenio CONICET-ITBA), en el ámbito del Programa Nacional de Radiopropagación (PRONARP) del CONICET. Durante los primeros años, bajo la dirección de Dr. Jürgen Scheer, el grupo diseñó y construyó un espectrómetro para medir la luz de la alta atmósfera, fenómeno conocido como *airglow*. El *airglow*, que en su mayor parte proviene de alturas entre 80 y 100 km (región de la mesopausa), da valiosa información sobre el comportamiento dinámico de la alta atmósfera. El espectrómetro mide las temperaturas a 87 y 95 km a partir de las bandas moleculares de OH y O<sub>2</sub>. En los años iniciales, el IAFE dio su apoyo al ceder componentes para la construcción del espectrómetro y permitir pruebas de funcionamiento en su laboratorio. En 1984, 1986, 1987 y 1992 se realizaron campañas de medición en el Observatorio Félix Aguilar (OFA) en El Leoncito. En 1990, durante la campaña internacional DYANA, el grupo midió desde El Arenosillo (Huelva, España). En 1997 se realizaron nuevas mediciones desde el OFA, en el contexto del experimento satelital CRISTA, para después trasladar el instrumento al CASLEO. Desde entonces, gracias a la automatización del instrumento, se siguió midiendo con pocas interrupciones hasta el presente. En diciembre de 1999, el grupo de aeronomía se incorporó al IAFE (junto con el grupo de teledetección). Aprovechando la infraestructura y

materiales disponibles en el IAFE se modernizó el instrumento hasta fines del 2005. Basados especialmente en la densa base de datos de buena calidad adquiridos con el espectrómetro, el grupo obtuvo resultados en diferentes temas sobre la dinámica de la atmósfera en la región de la mesopausa.

### 10.6. Altas energías

El grupo de altas energías estudia los procesos astronómicos más catastróficos de la naturaleza presentes en objetos como agujeros negros, microcuasares y blazares, entre otros, y manifestados mediante emisiones de radiación gamma, a veces en forma de destellos (GRB), y aceleración de partículas subatómicas (rayos cósmicos). El Dr. Félix Mirabel contribuye en estos aspectos desde principios de la década de 1990, cuando condujo los estudios que permitieron el descubrimiento del fenómeno de los microcuasares. Comenzó su participación en el grupo de altas energías del IAFE en 1996, específicamente con el estudio de agujeros negros. Un año antes el Dr. Adrián Rovero se hacía cargo del proyecto GAMAR (ver Rovero, 2009), en el CASLEO, trabajando en el IAFE en astronomía gamma del TeV, con telescopios Cherenkov. Al mismo tiempo se iniciaba en Argentina el por entonces Proyecto Pierre Auger, al que Rovero contribuyó desde su génesis. Actualmente el grupo participa del Observatorio Auger en aspectos instrumentales y en análisis de datos para el estudio de los rayos cósmicos más energéticos conocidos. La investigación sobre GRB fue introducida en el grupo por el Dr. Leonardo Pellizza, quien fue colaborador de Mirabel, y desde 2006 desarrolla sus tareas en el Instituto en modelado de emisión gamma proveniente de objetos galácticos. Los GRB también son estudiados por el grupo, con participación en nuevo instrumental diseñado para registrar la componente más energética de esos destellos, el experimento LAGO (Large Aperture GRB Observatory). Recientemente se ha incentivado el vínculo con observatorios de radiación gamma de TeV, primeramente con VERITAS, tema en el que se desarrolla una tesis doctoral, y con los nuevos emprendimientos que planea la próxima generación de arreglos de telescopios Cherenkov en el mundo.

Además de los investigadores ya mencionados, el grupo cuenta con tres doctorandos y dos nuevos investigadores que se incorporarán en un futuro cercano.

### 10.7. Astrofísica numérica

El grupo de Astrofísica Numérica se focaliza en el estudio de la formación de la estructura en el Universo con especial hincapié en las galaxias como las piezas fundamentales de la misma. Para ello se utilizan modelos y simulaciones numéricas, las cuales son comparadas con datos observacionales, con el fin de validar las hipótesis adoptadas. El grupo de Astrofísica Numérica comienza su formación en el año 2001 cuando la Fundación Antorchas otorga a la Dra. Tissera la beca inicio de carrera con la cual se financia el primer cluster Bewoulf del grupo, el cual permite comenzar a desarrollar proyectos competitivos. A partir del 2003, se han concluido ya tres tesis doctorales y se han publicado más de 60 trabajos. El grupo de Astrofísica Numérica se encuentra actualmente conformado por tres investigadores, un becario posdoctoral y uno doctoral y participa en colaboraciones nacionales e internacionales.

### 10.8. Otras

Recientemente se incorporó la Ciencia Planetaria como línea de investigación, a través del trabajo del autor de este artículo, que trata sobre la física y la dinámica de los cuerpos que conforman el Sistema Solar y de los sistemas planetarios en general.

El IAFE también cuenta con un pequeño grupo dirigido por el Dr. A. Gangui que trabaja en Historia de la Ciencia, abordando, por ejemplo, temáticas como la recepción que las teorías de Einstein han tenido en nuestro país y su influencia en la astronomía argentina de principios del siglo XX. La Educación en Ciencias también está presente en el Instituto, concentrando sus actividades en la Didáctica de la Astronomía, campo de investigación que se dedica tanto al contenido como al proceso de enseñanza-aprendizaje de esta disciplina.

El grupo de difusión está integrado por la Dra. Liliana Opradolce —miembro del IAFE desde su fundación y previamente dedicada al estudio de colisiones atómicas— y por la Profesora Susana Boudemont. Ellas organizan actividades de divulgación para todos los niveles sobre los temas de investigación que se tratan en el Instituto.

### 10.9. Proyectos institucionales

El IAFE posee un cluster Bewoulf denominado HOPE (High-performance Opteron Parallel Ensemble), dedicado a la realización de simulaciones numéricas y cálculos pesados, que posee una configuración de procesadores con arquitectura en paralelo. El objetivo de este equipamiento es el de proveer una herramienta de trabajo a científicos relacionados con investigaciones de nuestra atmósfera, física atómica y astrofísica. También se está instalando un telescopio robótico de 16' en el Cerro Burek del observatorio de El Leoncito, bautizado Telescopio Robótico Horacio Ghilmetti (TRHG). Además, F. Mirabel junto con miembros del grupo de remanentes de supernovas se hallan involucrados en la gestión de un observatorio radioastronómico submilimétrico a instalarse en la provincia de Salta, LLAMA (Latinamerican LArge Millimeter Array) que, en modo de interferometría, participaría del radio-observatorio ALMA (Atacama Large Millimeter Array) perteneciente a ESO, instalado en la vecina puna de Atacama en Chile y que proveería las mediciones radioastronómicas más precisas que pudieran obtenerse desde la Tierra.

## 11. El edificio

El primer lugar de funcionamiento del IAFE fue el Pabellón I de la FCEyN (sobre mismo pasillo de la secretaría del departamento, pero en el extremo opuesto). El edificio que actualmente ocupa el IAFE creció modularmente a partir de las edificaciones con las que contaba el CNRC en Ciudad Universitaria, fuera del edificio principal del Pabellón I. Las dos partes más antiguas del actual edificio del IAFE son el denominado “laboratorio alto” (ver Figura 19), donde antiguamente se guardaban y montaban los globos estratosféricos y los equipos que se lanzaban en ellos, y el edificio destinado a contener los detectores de neutrones. Estos detectores debían montarse sobre pesadas estructuras de hierro; como consecuencia, la actual aula de seminarios del IAFE cuenta con un piso de cemento



reforzado destinado a sostenerlas. Posteriormente, las primeras oficinas se ubicaron en el “sector C”, un corredor de oficinas y laboratorios, que une las dos edificaciones anteriormente mencionadas. El edificio que rodea esas construcciones y que constituye gran parte de la superficie que el IAFE ocupa actualmente (ver Figura 1), fue diseñado por el arquitecto Rodolfo Livingston y se comenzó a construir hacia 1981; hacia 1985 ya se encontraba en funcionamiento en su totalidad. Al edificio diseñado por Livingston se le ha añadido un sector de oficinas en el primer piso. También se han acondicionado algunas áreas para acomodar las necesidades computacionales de HOPE y de distintos grupos del Instituto y las actividades de desarrollo y transferencia de tecnología que realiza el grupo de teledetección.

## 12. Discusión y perspectivas

El Dr. Jorge Sahade imaginó inicialmente un IAFE muy cercano al Observatorio de La Plata y ligado a la tecnología espacial, que en los años 70 se preveía muy influyente en la Astronomía, como efectivamente lo fue.

La consecuencia de que el instituto se afincara finalmente en Buenos Aires no es menor, ya que es el único centro de investigación especializado en astrofísica de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, siendo la única oferta de la zona metropolitana para investigadores y estudiantes con interés en esos temas.

Por otro lado, el instituto se ubica inicialmente dentro del departamento de Física de la FCEyN de la UBA, lo cual establece vínculos naturales entre ambas instituciones. Algunos miembros del IAFE colaboran con el Departamento de Física en docencia y en formación de recursos humanos. Al respecto, nos interesa resaltar un aspecto original del Instituto, relacionado con el efecto que se produjo al transplantar un número de expertos en astronomía observacional y darles lugar de trabajo en el Departamento de Física de Buenos Aires. Se establecieron colaboraciones que, dada la “orientación natural” de los egresados de allí, produjeron aportes de carácter mayormente teórico. Por ejemplo, investigadores que inician su carrera bajo la dirección de astrónomos observacionales, como Virpi Niemela o Adela Ringuelet, consolidan su formación orientados por físicos teóricos como Constantino Ferro-Fontán o Marcos Machado. Así, investigadores que hoy en día integran los actuales grupos de física solar y medio interplanetario, física estelar, plasmas astrofísicos, altas energías ó remanentes de supernovas son físicos de formación. Eventualmente, también se da el caso inverso, en el que astrónomos de formación se orientan hacia problemas de física teórica.

Por otro lado el 40% de dedicación al desarrollo experimental que se daba en los años 70, se ha reducido drásticamente, debido a la migración de los ingenieros y técnicos a la CONAE. Se nos ocurre que, considerando las declaraciones de diversas fuentes, en gran medida la pérdida de la línea de desarrollo espacial del IAFE no se debe a la falta de excelencia técnica, sino a motivaciones y liderazgos científicos inadecuados, tanto en lo que se refiere a las áreas relacionadas de radiación cósmica, como de astronomía infrarroja. De hecho, según declaran algunas fuentes, el presente de la CONAE se debe en gran medida al trabajo del personal inmigrado desde el IAFE, como es el caso de Mario Gulich. Debe apreciarse el importante desarrollo tecnológico obtenido y, en contraste, la esca-



Figura 19 “Laboratorio alto”: Edificio para llenado de globos y almacenamiento de equipos. Es parte del edificio actual del IAFE y fue construido por el CNRC. Al fondo puede distinguirse el Pabellón I de la Ciudad Universitaria de la Universidad de Buenos Aires.

sez de resultados. Como paliativo, debe considerarse la inestabilidad política y económica de la Argentina en esos años.

También en relación a la visión que llevó a Sahade a fundar el IAFE, es necesario mencionar que la agencia espacial nacional, actualmente, posee la política de restringir a observaciones del planeta Tierra los objetivos de las misiones en las que se involucra, es decir, satélites que “miran hacia abajo”. Naturalmente, esta política excluye científicamente a la comunidad astronómica argentina en su conjunto.

De todos modos, en el futuro del IAFE se abre una etapa de consolidación y diversificación de las líneas existentes, tanto en física teórica como en astronomía, y de exploración de la veta tecnológica, en el marco de la teledetección. También estimamos que la concreción del proyecto LLAMA tendría un impacto muy importante en el Instituto, así como en la comunidad astronómica nacional en general.

## Referencias

- Aragon, G., Gagliardini, A., & Ghielmetti, H. S. 1977. Cosmic ray zenith angle distribution at low geomagnetic latitude. SBARMO Bulletin, 6, 243-261.
- de Asúa, M. 2009. Historia de la Astronomía Argentina (en este mismo libro, p. 1).
- Azcárate, I. N., Ghielmetti, H. S., & Mughlerli, V. J. 1992. Atmospheric gamma-ray spectrum between 10 and 100 MeV. Ap&SS, 90, 2, 317-329.
- Coblentz, W. W. 1922. *Recent measurements of stellar and planetary radiation*. Journal of the Optical Society of America, 6, 10, 1006.
- Ghielmetti, H. S., Azcárate, I. N., & Mughlerli, V. J. 1995. *An X-Ray Observation in the Atmosphere During the August 7, 1972 Solar Flare*. Ap&SS, 226, 19-26.
- Ghielmetti, H. S., Becerra, N., Godel, A. M., Heredia, H., Marzulli, L. C., & Roederer, J. G. 1964. *Cosmic Ray Balloon Measurements at Low Geomagnetic Latitudes, September 1962 through March 1964*. Journal of Geoph. Research, 69, 3959-3963.
- Gulich, M. & Puparelli, M. 1980. *Informe de Progreso del Proyecto Astronomía en el Lejano Infrarrojo (Telescopio ALIR I) 1976-1979*. IAFE - Serie de Publicaciones Técnicas.
- Mughlerli, V. J., Azcárate, I. N., & Ghielmetti, H. S. 1993. *A measurement of the high energy secondary charged cosmic radiation*. Ap&SS, 208, 1, 125-133.
- Nakagawa, T. 2002. *Japanese activities of far-infrared astronomical spectroscopy with balloon-borne telescopes*. Advances in Space Research, 30, 1307-1312.
- Pfotzer, G. 1972. *History of the Use of Balloons in Scientific Experiments*. Space Science Reviews, 13, 199-242.
- Roederer J. G. 2002. *Las primeras investigaciones de radiación cósmica en la Argentina (1949-1959)*. Revista Ciencia Hoy en línea, Vol. 12 N° 71 octubre - noviembre 2002 (<http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy71/investigaciones.htm>).
- Roederer, J. G., Manzana, J. R., Santochi, O. R., Nerurkar, N., Troncoso, O., Palmeira, R. A. R., & Schwachheim, G. 1961. *Cosmic Ray Phenomena during the November 1960 Solar Disturbances*. Journal of Geoph. Research, 66, 1603-1610.
- Rovero, A. 2009. *Historia de la Astronomía de Altas Energías en Argentina* (en este mismo libro, p. 357).
- Sahade, J. 2006. *Recuerdos y pensamientos en una ocasión particularmente memorable*. BAAA, 49, 391-399.
- Sleator, W. W. 1918. *The Absorption of Near Infra-Red Radiation by Water-Vapor*. ApJ, 48, 125.

**Agradecimientos.** Quisiera agradecer a todos aquellos que colaboraron con este trabajo y a quienes se prestaron a (en algunos casos repetidas) entrevistas, ya que sin su aporte la realización de este artículo no hubiera sido posible: Omar Areso, Mario Castagnino, Graciela Domenech, Gloria Dubner, Carlos Falcón, Rafael Ferraro, Antonio Gagliardini, Alejandro Gangui, Elsa Giacani, Daniel Gómez, Ana María Hernández, Cristina Mandrini, Pablo Mauas, Jorge Miraglia, Vicente Mughlerli, Gloria Nazer, Carmen Nuñez, Liliana Opradolce,

Máximo Pupareli, Esteban Reisin, Adrián Rovero, Jürgen Scheer, Adela Ringuelet, Marta Rovira, Jorge Sahade, Patricia Tissera y Antonio Veltri.

## Apéndice I

Listado de Trabajos de J. Sahade con lugar de trabajo en el IAFE (confeccionada utilizando el SAO/NASA Astrophysics Data System, ADS).

1. *The emission profile of H $\alpha$  in the spectrum of  $\beta$  Lyrae.* Sahade, J., & Batten, A. H. 1973. JRASC, 67, 193-194.
2. *The Emission Profile of H $\alpha$  in the Spectrum of  $\beta$  Lyrae.* Batten, A. H., & Sahade, J. 1973. PASP, 85, 599.
3. *AZ Cassiopeiae at the 1956-57 eclipse.* Mendez, R. H., Sahade, J., & Munch, G. 1975. PASP, 87, 305-310.
4. *Symbiotic objects.* Sahade, J. 1975. Societe Royale des Sciences de Liege, Memoires, vol. 9, 1976, p. 303-318, Discussion, p. 341, 342.
5. *An investigation of the ultraviolet spectra of  $\beta$  Lyrae with the TD-1A satellite.* Hack, M., Hoekstra, R., de Jager, C., van den Heuvel, E. P. J., & Sahade, J. 1976. A&A, 50, 335-342.
6. *The spectrum of H 4866 B.* Sahade, J., & Ferrer, O. 1977. The Observatory, 97, 242-243.
7. *The spectroscopic orbit of V346 Centauri.* Hernandez, C. A., & Sahade, J. 1978. PASP, 90, 728-731.
8.  *$\epsilon$  Coronae Austrinae.* Hernández, C. A., Sahade, J., & Sisteró, R. 1979. ApJ, 230, 822-825.
9. *Ultraviolet observations of  $\beta$  Persei,  $\mu^1$  Scorpii and  $\gamma_2$  Velorum with the TD-1A satellite.* Sahade, J., & van der Hucht, K. A. 1980. Ap&SS, 69, 369-375.
10. *The orbital elements of  $\gamma_2$  Velorum.* Niemela, V. S., & Sahade, J. 1980. ApJ, 238, 244-249.
11. *IUE observations of the peculiar M giant HD 4174* Stencel, R. E., & Sahade, J. 1980. ApJ, 238, 929-934.
12. *On the structure and composition of the Wolf-Rayet atmospheres* Sahade, J. 1980. A&A, 87, L7-L9.
13. *The system of  $\beta$  Lyrae.* Sahade, J. 1980. Space Sc. Rev., 26, 349-389.
14. *The Spectroscopic Binary  $\gamma_1$  Velorum.* Hernandez, C. A., & Sahade, J. 1980. PASP92, 819.
15. *V923 Aquilae.* Ringuelet, A. E., & Sahade, J. 1981. PASP, 93, 594-600.
16. *Further spectrographic observations of GG Carinae.* Hernandez, C. A., Sahade, J., Lopez, L., & Thackeray, A. D. 1981. PASP, 93, 747-751.
17. *Ground-based and IUE spectral observations of AU Monocerotis.* Sahade, J., & Ferrer, O. E. 1982. PASP, 94, 113-121.

## Apéndice II

Listado de Trabajos de A. Ringuelet. Los trabajos listados a continuación se realizaron en colaboración con los siguientes miembros del IAFE: J. M. Fontenla, M. Rovira, A. Costa, N. Rotstein, M. E. Iglesias, E. Colombo y A. Rovero (fuente: A. Ringuelet, comunicación personal).

1. *Near ultraviolet spectra of a group of early-type stars with Balmer emission.* Ringuelet, A. E. 1980, MNRAS, 192, 339.
2. *UV observations of 27 Canis Majoris,  $\pi$  Aquarii and 48 Librae.* Ringuelet, A. E., Fontenla, J. M., & Rovira, M. 1980, Proceedings of the 2nd. IUE Conference, Tübingen, DBR, p. 188.
3. *Ultraviolet observations of 27 Canis Majoris,  $\pi$  Aquarii and 48 Librae.* Ringuelet, A. E., Fontenla, J. M., & Rovira, M. 1981, A&A, 100, 79.
4. *Ultraviolet continuum of a sample of Be stars.* Ringuelet, A. E., Rovira, M., & Fontenla, J. M. 1981, RMxAA, 6, 215.
5. *Transition region models for Be stars.* Fontenla, J. M., Rovira, M., & Ringuelet, A. E. 1981, RMxAA, 6, 209.
6. *V923 Aquilae.* Ringuelet, A. E., & Sahade, J. 1981. PASP, 93, 594-600.
7. *Simultaneous IUE and ground-based observations of V923 Aquilae.* Ringuelet, A., Sahade, J., Rovira M., Fontenla, J. M., & Kondo, Y. 1984, A&A, 131, 9.
8. *Simultaneous IUE and ground-based observations of 48 Librae.* Rovira, M., Ringuelet, A. E., Fontenla, J. M., Sahade, J., & Kondo, Y. 1985, RMxAA, 10, 245.
9. *The behavior of the atmosphere of  $\sigma$  Scorpii.* Costa, A., & Ringuelet, A. 1985, RMxAA, 10, 293.
10. *Different regions of line formation in the envelope of the early emission line star HD 190073.* Ringuelet, A. E., Rovira, M., Cidale, L., & Sahade, J. 1987, A&A, 183, 287.
11. *Variations in the envelope of the shell star HD 50845.* Sahade, J., Ringuelet, A. E., & Rotstein, N. 1987, PASP, 99, 971.
12. *The extended atmosphere of  $\lambda$  Pavonis at the time of the emergence of H-emissions from minimum intensity.* Sahade, J., Rovira, M., Ringuelet, A. E., Kondo, Y., & Cidale, L. 1988, ApJ, 327, 335.
13. *Evidence in favour of small magnetic fields in Be stars: V923 Aquilae.* Rotstein, N., & Ringuelet, A. E. 1988, Progress and Opportunities in Southern Hemisphere Optical Astronomy. Astron. Soc. of the Pacific Conf. Ser. Vol. 1, p. 364.
14. *Oscillations in stellar atmospheres.* Costa, A., Fontenla, J. M., & Ringuelet, A. E. 1989, ApJ, 339, 314.
15. *Analysis of the velocity law in the wind of the Be star Lambda Pavonis.* Chen, H., Ringuelet, A., Sahade, J., & Kondo, Y. 1989, ApJ, 347, 1082.

16. *A model for the Ae star with detected magnetic field HD 190073.* Cuttela, M., & Ringuet, A. 1990, MNRAS, 246, 20.
17. *Be Stars: Chromospheres and cool envelopes and their relation to magnetic fields.* Ringuet, A. E., & Iglesias, M. E. 1991, ApJ, 369, 463.