

**LOS TRABAJOS CIENTIFICOS
DEL CENTRO DE RADIACION COSMICA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
FISICAS Y MATEMATICAS**

Por

Gabriel Alvial Cáceres

LOS TRABAJOS CIENTIFICOS DEL CENTRO DE RADIACION COSMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS *

POR GABRIEL ALVIAL CÁCERES

RESUMEN

En el mes de noviembre del año 1958 el Sr. Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, don Carlos Mori Ganna, invitó al autor de este artículo a exponer las actividades del Centro de Radiación Cósmica en una sesión de la Comisión Académica de dicha Facultad.

En consideración al distinguido público asistente, formado por profesores de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, profesores universitarios e investigadores de otras disciplinas científicas, el autor de este trabajo expuso brevemente la fenomenología de la radiación cósmica, su origen y los métodos y técnicas de trabajo en este sector de las ciencias físicas.

A continuación ubicó los primeros trabajos chilenos refiriéndose al desarrollo de la física en Europa y en Chile en la época de la creación del Centro de Radiación Cósmica. Luego habló sobre las primeras investigaciones realizadas en el centro chileno y publicadas en el órgano oficial de la Sociedad Italiana de Física. También explicó el propósito de los primeros trabajos técnicos, en particular el de la construcción del Observatorio de El Infiernillo ubicado en la cordillera de los Andes a 4.300 metros de altura y a $33^{\circ}10'$ lat. S. y $70^{\circ}17'$ long. W.

Posteriormente se refirió a las publicaciones sobre los trabajos originales realizados en el Centro o por miembros de éste en colaboración con físicos extranjeros en el exterior; a los actuales proyectos en realización; a los intercambios con universidades europeas y norteamericanas; y, a la asistencia y participación de los físicos del Centro en los Congresos Internacionales de Radiación Cósmica.

Finalmente, señaló el impulso dado por el propio Sr. Decano, don Carlos Mori, a las actividades científicas y destacó el hecho que las instalaciones técnicas y el edificio del Observatorio de El Infiernillo se han construido bajo su asesoramiento como Ingeniero.

El autor de este artículo agradece al Sr. Decano su invitación a esta sesión Académica y le es muy grato recordar que la primera beca otorgada a un chileno para realizar estudios de física nuclear en el extranjero fué concedida por la República Italiana en el año 1948 a sugerencia y solicitud del propio señor Carlos Mori, en su calidad de Presidente del Instituto Chileno Italiano de Cultura.

* Esta relación fue leída en la sesión de la Comisión Académica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas el 27 de noviembre de 1958.

Fue recibida para su publicación: abril de 1959.

En el año 1950 se creó, bajo la dirección del autor de este artículo, el primer grupo de investigación de Física Nuclear y Radiación Cósmica de la Universidad de Chile. Este grupo científico comenzó sus trabajos en la Facultad de Filosofía y Educación y fue también el primero de su género en Chile. Desde el año 1957 pasó a depender de hecho de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas; y, desde el presente año depende legalmente de ella. A fin de comprender mejor el alcance de tal creación, daremos algunas referencias sobre el desarrollo de la física en nuestro país en torno a la fecha de la fundación de este centro.

En el año 1948 el Gobierno de la República Italiana concedió la primera beca destinada a un profesional chileno, al autor de este artículo, para realizar estudios en el campo de la física del átomo y del núcleo. Esta distinción constituye la primera beca otorgada a un chileno por un Gobierno extranjero para especializarse en Física Nuclear; con ella el agraciado trabajó en las Universidades de Bologna, Milán y Roma hasta fines del año 1949.

En esa época en Italia se trabajaba con especial interés en radiación cósmica tanto para determinar el origen y naturaleza de ella como para interpretar los fenómenos nucleares que dicha radiación causaba al chocar con los núcleos de los átomos de la atmósfera.

Justamente en 1949 aparecieron dos teorías importantes sobre el origen de la radiación cósmica; una es la de Enrico Fermi, que atribuye como fuente de la radiación nuestra Galaxia; y, la otra, la de Hannes Alfvén, que localiza el origen de la radiación cósmica en el sol.

La teoría de Fermi acepta que la radiación cósmica es de origen galáctico. Basándose en las observaciones experimentales de la época, esto es, en la densidad de partículas nucleares de alta energía que llegan a la tierra, concluye que dichas partículas (en su mayor parte protones) llenan toda nuestra Galaxia, con más o menos regularidad, y con una densidad de energía del orden de 22×10^{-12} erg/cm³. Integrando esta energía de la radiación cósmica al volumen de nuestra Galaxia, obtenemos cifras comparables con otras energías cósmicas o astronómicas.

Ahora bien, estas partículas nucleares viajan dentro de nuestra Galaxia y se mantienen sin salir de ella debido al campo magnético galáctico formado, probablemente, de líneas de fuerzas cerradas.

Nuestra Galaxia está formada de estrellas y materia. La materia difusa tiene una densidad media de 10^{-24} g/cm³ cifra que corresponde aproximadamente a 1 átomo de H por cm³. La probabilidad de que una partícula de la radiación cósmica choque con una estrella es mínima; en cambio la probabilidad de que choque con un núcleo de la materia interestelar es mucho mayor.

Un primer cálculo presencado por Fermi para obtener el valor de dicha probabilidad se basa en el conocimiento experimental del camino libre medio de una partícula cósmica al entrar en la atmósfera terrestre. En efecto, este camino libre medio es del orden de 10^{-2} gr/cm², esto es, 1 centésimo de centímetro si viajase dentro del agua.

Considerando la densidad de la materia interestelar, dada anteriormente, el camino libre medio a través de la materia difusa dentro de nuestra Galaxia resulta para una partícula de la radiación cósmica del orden de 10^{26} cms. Puesto que ella se mueve con la velocidad de la luz (3×10^{10} cm/seg.) el tiempo medio de vida para chocar con un núcleo de la materia interestelar es del orden de 10^8 años. Un cálculo hecho por Fermi al enunciar su teoría da más precisamente setenta millones de años.

Si suponemos que nuestra Galaxia tiene una edad entre 2 mil a tres mil millones de años, el tiempo de 70 millones de años transcurridos entre dos choques consecutivos por una partícula de la radiación cósmica es pequeño en comparación a esta edad. Esta consideración obliga a acep-

tar que la radiación cósmica es una radiación nueva, esto es, que sólo un porcentaje muy pequeño de partículas tiene la edad de la Galaxia.

Es interesante recordar que la teoría de Le Maitre atribuye el origen de la radiación cósmica a una gran explosión nuclear de la materia primaria de donde derivó nuestro Universo. En esta forma, nosotros estamos recibiendo esta radiación fósil o los productos de la interacción de esta radiación con la materia interestelar de nuestra Galaxia. Por otro lado, habiendo nacido la radiación cósmica con el mismo Universo, ella o la radiación creada por ella, en diversos procesos nucleares secundarios darían informaciones sobre los diferentes períodos de la evolución del Universo. Como se ha dicho literariamente, la radiación cósmica constituiría el gran reloj del Universo.

Finalmente, basándose en los estudios de Alfven sobre la influencia de la materia interestelar en la propagación de los campos magnéticos, Fermi acepta que la energía que poseen las partículas ha sido adquirida por las aceleraciones debidas a las variaciones del campo magnético galáctico. Estas variaciones son ocasionadas por vórtices de la materia interestelar del tamaño aproximado de un año luz. Cálculos teóricos conducen a aceptar un mecanismo inyector de partículas a fin de que ellas puedan adquirir las energías con que han sido observadas.

Frente a la teoría galáctica anterior, está la teoría solar de Alfven, Teller y Richtmayer. Ella ubica el origen de la radiación cósmica en el sol; las variaciones del campo magnético solar constituyen el proceso más importante de aceleración de las partículas. Estas variaciones están estrechamente relacionadas con la actividad del sol, esto es, con los fenómenos conocidos con los nombres de manchas solares, flares, tempestades magnéticas, etc.

La dificultad mayor que aquí se presenta es la isotropía de la radiación cósmica, esto es, por qué si la radiación cósmica proviene del sol no existe un efecto direccional intenso de ella. En palabras más sencillas, por qué nuestros instrumentos detectores de la radiación cósmica no acusan un efecto notable de dirección en lo que se refiere a la posición relativa que el sol ocupa respecto de la tierra cada 24 horas. Para poner un ejemplo simple, ¿por qué la intensidad de la radiación cósmica no es notablemente mayor en el día que en la noche?

Alfven ha contestado a esta pregunta aceptando un campo magnético alrededor del sol, de una intensidad entre 10^{-6} a 10^{-5} gauss, con líneas de fuerzas cerradas, posiblemente formando un campo toroidal en una extensión aproximada de 0.1 de año luz.

Este campo magnético distribuiría las partículas nucleares producidas y aceleradas en el sol en forma tal que a la tierra incidirían casi en todas direcciones, esto es, isotrópicamente. El sería producido como una consecuencia del movimiento del sistema solar respecto de la materia interestelar.

Si existe —según Alfven— en el espacio interestelar un campo magnético primario muy débil, un mecanismo magnético-hidrodinámico originaría en el sistema solar un campo magnético local análogo al anteriormente mencionado.

Actualmente el problema sobre el origen de la radiación cósmica es tratado en forma fenomenológica. Hay antecedentes para pensar que una parte de la radiación tiene su origen en el sol; la otra, vendría desde el espacio exterior y sería fuertemente modulada por el sol. Justamente este problema es una de las preocupaciones fundamentales del Año Geofísico Internacional.

Tal como lo dijimos anteriormente, además del aspecto cosmológico interesaban, en la época que nos hemos ubicado, los problemas nucleares derivados de las interacciones y choques de la radiación cósmica primaria con los núcleos de la atmósfera.

Con técnicas experimentales mucho menos eficaces que las que usamos actualmente se había determinado, con relativa seguridad, la naturaleza y el orden de magnitud de la energía de las partículas que inciden a la tierra. Se sabía que la mayor parte eran protones; una parte importante la constituían las partículas α ; y, en un porcentaje muy pequeño estaban los núcleos pesados, o núcleos con número atómico superior a 5. Los núcleos de hierro ya habían sido encontrados en la radiación cósmica.

Actualmente se estima en un 79% el porcentaje de protones; en torno al 20% el de partículas α y en un 1% el de los núcleos pesados.

Respecto de las energías, ya en 1949 se habían encontrado partículas con energías del orden de 20 BeV (20 billones de electrón-voltios). Actualmente se han detectado protones primarios con energías del orden de 10^{17} e V, esto es, diez millones de veces la energía que les podría dar la máquina aceleradora más grande del mundo. Esta energía de la radiación cósmica primaria se distribuye de acuerdo a una función exponencial, con un exponente numérico cercano a $-2,9$.

Las características señaladas anteriormente hicieron de la radiación cósmica un medio eficaz para el estudio de las interacciones nucleares de alta energía y de las partículas elementales.

Recordemos, a modo de ejemplo, que entre las primeras partículas elementales descubiertas en la radiación cósmica están el positrón, los mesones π y μ , los decaimientos y la vida media de estos mesones, la mayor parte de los mesones K y de los hiperones, esto es, la mayor parte de las casi 30 partículas elementales que se conocen hasta nuestros días.

De aquí pues que la radiación cósmica constituya un medio para realizar estudios cosmológicos o astrofísicos y, a la vez, estudios nucleares. Ella, por otro lado, presenta un cuadro fenomenológico rico y complicado.

Es también importante para los fines de este artículo la exposición de algunos rasgos esenciales sobre los métodos y las técnicas experimentales empleadas en las investigaciones sobre la radiación cósmica.

Como es bien sabido, los primeros que observaron un efecto de ionización de la radiación cósmica fueron los físicos C. T. R. Wilson, en Cambridge, y Elster y Geitel en Alemania en torno al año 1900. Trabajando en conductividad eléctrica en los gases, observaron la descarga de las hojas de un electroscopio aislado y lleno con aire seco y limpio. Tal descarga, como es fácil de comprender, se debe a que las partículas cargadas secundarias de la radiación cósmica ionizan a los átomos del aire contenido en el recipiente del electroscopio volviéndolo conductor.

Posteriormente este instrumento fué modificado de modo que permitiera medir directamente el grado de ionización causado por las partículas cargadas de la radiación cósmica. Tal es el instrumento que se conoce con el nombre de Cámara de Ionización.

El conocido contador Geiger Müller se diferencia de la Cámara de Ionización en que funciona a una alta diferencia de potencial entre sus electrodos y obtiene siempre un impulso aproximadamente de la misma amplitud cualquiera que sea la carga de la partícula que atraviesa al contador.

Un efectivo progreso en las técnicas de trabajo de la radiación cósmica se dio cuando Bruno Rossi proyectó circuitos electrónicos oportunos que permitieron asociar varios contadores Geiger Müller en forma tal que se pudiera obtener un impulso o señal detectora cuando un grupo de ellos fuera atravesado por partículas cargadas. Daremos algunos ejemplos que ilustran esto.

La figura 1 representa un grupo de tres contadores, designados con los números 1, 2 y 3, colocados en una disposición triangular bajo un casquete de diez centímetros de plomo. En tal disposición, conocida con el nombre de geometría de Rossi, cada contador es ionizado por el paso

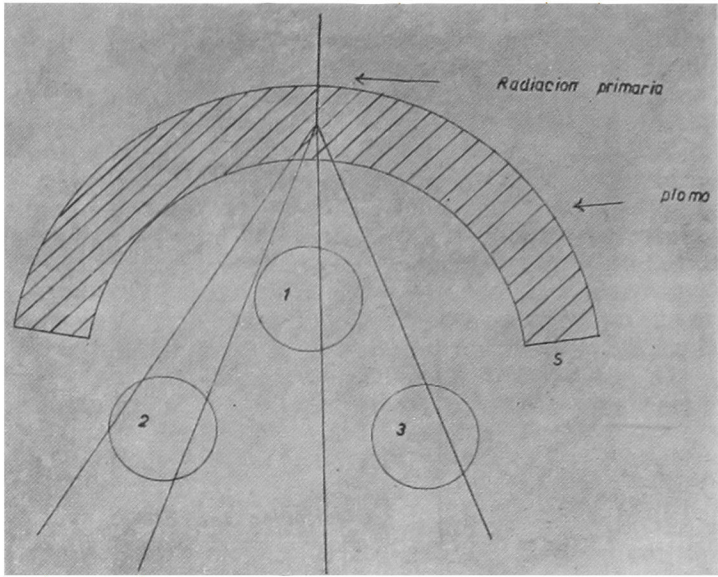


Fig. 1.—Los contadores 1, 2 y 3 están dispuestos en triple coincidencia. La mayor probabilidad de detección corresponde, con esta disposición, a las partículas cargadas de ruptura de los núcleos de plomo por la radiación cósmica.

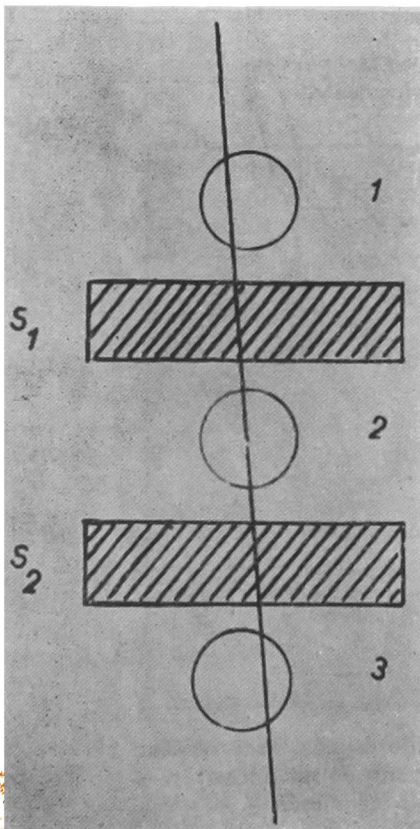


Fig. 2.—Esta distribución o geometría de contadores y blindajes de plomo forman un "telescopio de radiación cósmica" que detecta partículas cargadas eléctricamente y que tienen suficiente energía para atravesar las barras de plomo S_1 y S_2 .

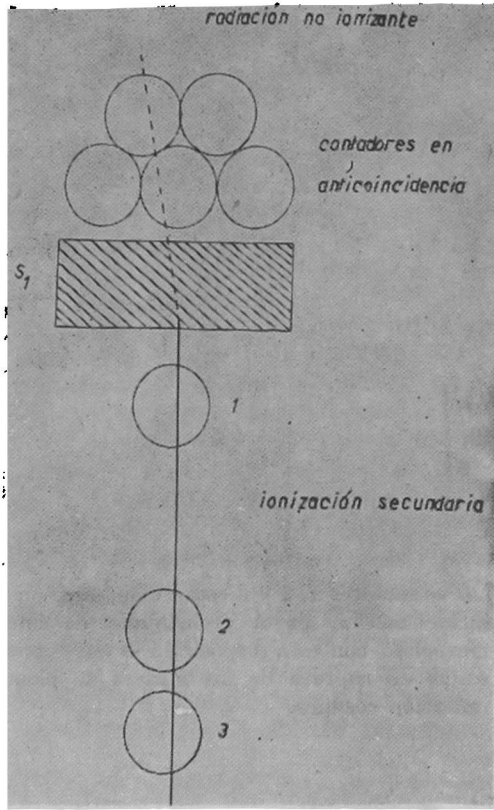


Fig. 3.—Telescopio para detectar partículas no cargadas eléctricamente.

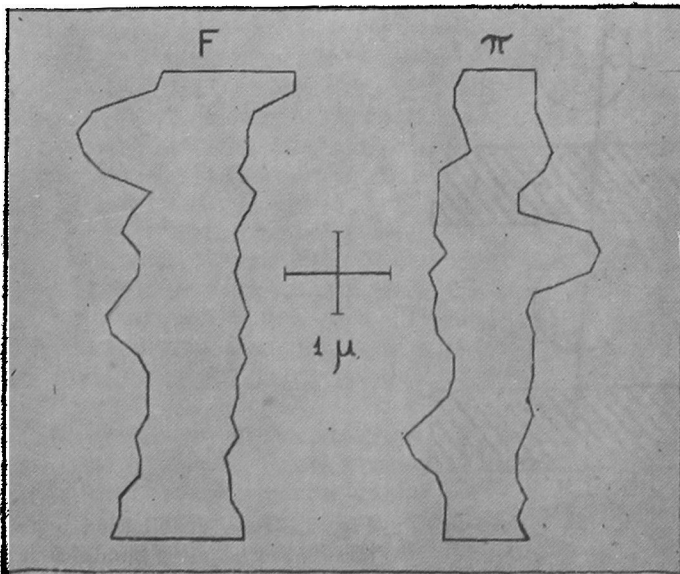


Fig. 4.—F es un perfil de un segmento de una traza nuclear correspondiente a un fragmento de un núcleo; π es un perfil de un segmento de mesón π .

de una partícula cargada y origina una señal detectora. Ahora bien, si cada una de las señales anteriores se envían a un mezclador electrónico de modo que éste permita la salida de un solo impulso detector sólo cuando recibe simultáneamente las tres señales de los respectivos contadores, tendremos un dispositivo con el cual solo contaremos todos los grupos de partículas que afectan a los tres contadores al mismo tiempo. Se dice que los tres contadores están asociados en triple coincidencia. Si sólo son ionizados dos contadores, no se obtendrá impulso detector alguno después del mezclador. Se comprende que con esta geometría del llamado "telescopio" de radiación cósmica, la mayor probabilidad de detección corresponde a las rupturas de los núcleos del plomo provocadas por una sola partícula incidente. Las partículas cargadas de rupturas afectarán con gran probabilidad simultáneamente a los tres contadores. Puede suceder que sean tres partículas de diferentes núcleos las que inciden simultáneamente sobre los tres contadores, pero estas coincidencias casuales se producen con muy baja frecuencia.

La figura 2 representa un telescopio que detecta todas las partículas cargadas que atraviesan los contadores 1, 2 y 3 dispuestos en un plano vertical y en triple coincidencia y los blindajes S_1 y S_2 de plomo. Tales partículas son con gran probabilidad mesones μ , pues, son los que tienen la más pequeña probabilidad de interacción con la materia. Se desprende también de esta geometría que el telescopio seleccionará la naturaleza, la energía y la dirección del haz de partículas de la radiación cósmica.

La figura 3 da un ejemplo de cómo se puede detectar una radiación no ionizante. Los contadores 1, 2 y 3 están asociados en triple coincidencia y el grupo de contadores sobre el blindaje S_1 de plomo está asociado a los otros tres en la llamada anti-coincidencia, esto es, se obtendrá un impulso detector que puede ser registrado sólo en el caso en que ningún contador del grupo en anti-coincidencia sea ionizado por una partícula y, a la vez, los tres contadores en coincidencia sean ionizados simultáneamente. Esta doble condición permite detectar radiación no ionizante que atraviesa el grupo en anti-coincidencia y que rompe los núcleos del blindaje S_1 creando partículas cargadas que puedan atravesar al grupo en coincidencia.

Con estos ejemplos es fácil comprender que los telescopios de radiación cósmica pueden tener las más variadas geometrías y, en consecuencia, innumerables aplicaciones.

Otro progreso enorme se consiguió al asociar las Cámaras de Wilson con contadores en coincidencia y en anti-coincidencia.

Una técnica de trabajo muy importante es la emulsión fotonuclear. A ella nos referiremos con cierto detalle.

Aun cuando la radioactividad fue descubierta por la impresión de una placa fotográfica ordinaria por una pedazo de petchblenda, la fotografía sólo fue empleada como instrumento en las investigaciones nucleares muy posteriormente.

En efecto, los primeros ensayos de obtener trazas de partículas alfa fueron realizados por Kinoshita en 1910 y por Reinganum en 1911.

Sin embargo, la primera brillante aplicación de esta técnica la realizaron los físicos Lattes, Powell y Occhialini en el año 1947 en Bristol descubriendo el mesón π y los decaimientos de los mesones π y μ . Desde este año el empleo de las emulsiones fotonucleares se adoptó definitivamente y constituyen uno de los más eficaces instrumentos en las investigaciones nucleares.

Las emulsiones nucleares están formadas de capas sensibles de bromuro de plata mezclado con gelatina. En las primeras placas de emulsiones nucleares dicha capa sensible de algunas decenas de micrones de espesor (entre 50 y 100 micrones) se pegaban simplemente sobre un vi-

drio, en la misma forma que se hace con una placa fotográfica ordinaria. El bromuro de plata está en una concentración cercana al 83%.

Una partícula cargada de la radiación cósmica que atraviesa una placa de emulsión nuclear ioniza a los átomos de ella separando a los electrones de los iones negativos de Bromo a través de su trayectoria. Estos electrones se mueven por la banda de conducción del cristal y originan también desplazamientos particulares de ciertos defectos cristalinos del bromuro de plata. Estos movimientos dan lugar a la formación de centros revelables dentro de la emulsión fotonuclear.

El número de los centros revelables es proporcional al efecto de ionización de la partícula cargada; y, por otro lado, el efecto de ionización es proporcional al cuadrado de la carga eléctrica de la partícula para puntos de igual velocidad. En otras palabras, un protón, a una velocidad dada, causará un cierto efecto de ionización en la emulsión nuclear; una partícula alfa, de carga eléctrica igual al doble de la de un protón, tendrá un efecto de ionización cuatro veces el del protón a la misma velocidad.

Ahora bien, al revelar la placa de emulsión nuclear —por procesos físico-químicos especiales— se depositará plata metálica en los centros revelables mencionados anteriormente.

De este modo, una traza revelada de un protón corresponderá a una sucesión de bloques o granos de plata metálica; y uno de partícula alfa tendrá una densidad de bloques o granos de plata igual a cuatro veces la densidad del protón en los puntos de igual velocidad. Una traza correspondiente al paso de un núcleo de litio por la emulsión tendrá una densidad de bloques o granos de plata igual a nueve veces la del protón en los puntos correspondientes a la misma velocidad.

El aspecto que tienen las trazas nucleares observadas al microscopio está dado en las fotografías números 1 y 2.

En dichas fotografías se pueden apreciar la densidad de bloques o granos, las angulosidades de la traza originadas al ser desviadas de su trayectoria por el efecto coulombiano de los núcleos que atraviesa, los espaciamentos o lagunas, y, en el caso especial de los primarios pesados, ciertas trazas laterales a la traza principal que son originadas por la ionización causada por los electrones que son lanzados por la partícula incidente con una energía cinética que les permite a ellos mismos ionizar.

En otras palabras, un núcleo incidente a una emulsión ioniza a los átomos del medio que atraviesa; pero a veces a los electrones que saca de los átomos les trasmite una velocidad tal que les permite a su vez ionizar. En esta forma al revelar la placa nuclear aparece la traza principal formada por bloques o granos de plata con trazas laterales más finas. A tales trazas laterales se las conoce con el nombre de rayos delta.

La densidad de bloques o granos de plata; el largo medio de las lagunas; las mediciones de las difusiones coulombianas; la densidad de rayos delta son mediciones que permiten determinar la naturaleza —carga eléctrica y masa de las partículas— y la energía correspondiente.

Actualmente se usan capas sensibles de emulsión nuclear puestas una al lado de otra hasta formar un grueso bloque sensible. En esta forma al ser expuesto el bloque a la radiación cósmica o a un haz de partículas de una máquina aceleradora se obtienen mayor número de acontecimientos.

Se comprende que un evento nuclear pueda encontrarse ubicado en varias capas sensibles.

Después de la exposición se pega cada capa sensible sobre un vidrio y se revela o desarrolla por los procedimientos correspondientes. Las observaciones de ellas se realizan al microscopio de modo de poder seguir un acontecimiento nuclear de una placa a otra.

El revelado o desarrollo fotográfico es delicado y largo. Así por ejemplo, para revelar una placa con una capa sensible de 600 micrones de espesor se emplean por lo menos 4 días.

Hay que cuidar de no introducir distorsiones en la gelatina que posteriormente pueden ser atribuidas a difusiones coulombianas y de conseguir un revelado uniforme a fin de tener un depósito de plata que corresponda al efecto de iónización de las partículas cargadas. Para ello se requiere el empleo de métodos largos y cuidadosos y de equipos complicados.

Normalmente una exposición a la radiación cósmica consiste en un bloque de capas sensibles de 600 micrones de espesor cada una, por algunos centímetros de ancho por otros tantos de largo. El volumen sensible dependerá del tipo de fenómeno que se desee estudiar. En todo caso, este grupo de emulsiones nucleares no será excesivamente pesado y puede volar fácilmente en los globos sondas hasta alturas próximas a los 30 kilómetros.

Después de la exposición de los rasgos generales anteriores se puede comprender más exactamente el verdadero sentido de la fundación del grupo de investigación de física nuclear y radiación cósmica en esta Universidad en el año 1950.

Los primeros problemas propuestos para iniciar los trabajos de este Centro, a saber, el origen y naturaleza de la radiación cósmica y su fenomenología y el estudio de las partículas elementales, corresponden a sectores amplios, importantes y profundos de las investigaciones de esa época y de la actual: problemas sobre los cuales las investigaciones contemporáneas de Ciencias Físicas continúan desarrollándose con riqueza de resultados teóricos y experimentales.

Es evidente que tales objetivos de investigaciones científicas deben realizarse con la aplicación de métodos específicos y con el empleo de técnicas de trabajo particulares.

Se ha intentado en las páginas anteriores hablar de esos objetivos, describir algunas técnicas y señalar algunos métodos.

Si se nos permite expresar lo anterior en un sentido más amplio, tenemos que reconocer que la capacidad de pensar sobre determinado sector de las ciencias, determina absolutamente la posibilidad de investigar en dicho sector. Esta capacidad de pensar es, sin lugar a dudas, el resultado de una educación científica adquirida en ambientes de madurez y tradición. Sin embargo, la existencia de hombres de ciencia no significa necesariamente la realización de las ideas científicas: entre el pensar y el hacer existen los pasos metodológicos que implican técnicas propias de trabajo.

Para el caso de las ciencias físicas, en muchos casos las técnicas están constituidas por medios instrumentales de observación y de medición. La apreciación de la posibilidad que tiene el grupo cultural de obtener realizaciones científicas corresponde a un pensamiento de política científica.

Una política científica madura debe ponderar claramente las posibilidades de realización de sus hombres de ciencias.

En principio se puede investigar sobre muchas cosas, pero la capacidad de los científicos y las condiciones existentes de tipo cultural, económico, político, geográfico, histórico, etc., sólo permiten aquellas creaciones que auténticamente pasan a incrementar el patrimonio cultural de la comunidad.

Desgraciadamente el criterio anterior ha sido sustituido en varios países latinoamericanos por factores ajenos a los intereses mismos de la Cultura.

Estas consideraciones, breves y generales, corresponden a criterios y problemas que el Centro de Radiación Cósmica ha tenido que abordar

desde su fundación. Creado en 1950, él es el primer grupo de investigaciones físicas en la Universidad de Chile.

Tres fueron las técnicas de trabajo propuestas para el desarrollo de sus actividades. A saber: las emulsiones nucleares, los contadores y la Cámara de Wilson. La primera de ellas, como lo hemos dicho en este artículo, sólo se había consagrado en el año 1947 con el descubrimiento del mesón π y los decaimientos de los mesones π y μ . Todas estas técnicas, por otro lado, corresponden a medios de trabajos rápidos, de bajo costo y de máximo rendimiento. Justamente eran los medios más accesibles a una Universidad que iniciaba sus trabajos científicos experimentales en Ciencias Físicas.

Por otra parte, desde este mismo año se señaló la conveniencia de construir una estación de alta montaña que permitiese medir la radiación cósmica a varios kilómetros sobre el nivel del mar.

El primer resultado de las actividades de investigación fue expuesto en el órgano oficial de la Sociedad Italiana de Física, *Il Nuovo Cimento*, en el año 1953. Corresponde a un artículo de Gabriel Alvial Cáceres sobre procesos físico-químicos en el revelado de las emulsiones nucleares publicado en idioma italiano y titulado "Estudio de la acción de varios métodos de revelado en la formación del fondo de las emulsiones nucleares". Este es también el primer trabajo de física nuclear realizado en la Universidad de Chile y publicado en un órgano de la importancia de *Il Nuovo Cimento* (*Il Nuovo Cimento*, 10, 1953).

Il Nuovo Cimento fue fundado en Pisa en 1855 por Matteucci y Piria como resultado de un movimiento por el desarrollo de las Ciencias realizado en 1839 por el Gran Duque Leopoldo de Toscana.

Desde la fecha de su fundación hasta nuestros días sus páginas han recibido innumerables trabajos, muchos de los cuales han sido incorporados a la Historia misma del pensamiento científico. Para sólo mencionar algunos autores italianos, citaremos los nombres de AMICI, MATTEUCCI, MOSSOTTI, BETTI, CANIZZARO, BELTRAMI, BELLI, BARTOLI, DONATI, PLANA, ROITI, RIGHI, LOSURDO, LEVI-CIVITA, GARBASSO, RICCI-CURBASTRO, BATTELLI, PACINOTI padre e hijo, PUCCIANI, CORBINO, VOLTERRA, ETTORE MAJORANA, ENRICO FERMI, EDUARDO AMALDI, GIUSEPPE OCCHIALINI, GIAM-PIETRO PUPPI, SEGRE y tantos otros.

En el año 1954 se publicó el segundo trabajo realizado en el grupo chileno por GABRIEL ALVIAL CÁCERES, también en idioma italiano y en *Il Nuovo Cimento*. Esta investigación se refiere a la determinación de zonas particulares de sensibilidad de las emulsiones fotonucleares a temperaturas dadas. Esta investigación se publicó con el título de "Variación de la sensibilidad de las Emulsiones Nucleares en función de la temperatura" (*Il Nuovo Cimento*, 12, (1954).

Durante el año 1955 permanecieron en Italia dos miembros de este Centro: la señorita Silvia Stantic Alvarez y Gabriel Alvial Cáceres. La primera becada por la Universidad de Bologna; el segundo, por la Universidad de Milán.

La señorita Stantic trabajó en el grupo del profesor Giam-Pietro Puppi en investigaciones sobre partículas elementales y con la técnica de las emulsiones nucleares. Los resultados de estos trabajos han sido expuestos en varias publicaciones de los que la señorita Stantic es co-autora.

Dichos artículos son:

"Scattering dei pioni sui protoni a 120 MeV. Interazioni coi nuclei". G. FERRARI, L. FERRETTI, G. GESSAROLI, S. STANTIC, E. MANARESI, E. PEDRETTI, G. PUPPI, G. QUARENI, R. STANGHELINI. Este fue presentado a la Conferencia Internacional sobre Partículas Elementales que tuvo lugar en Pisa en 1955 y publicado en: a) *Relazioni e Comunicazioni, Sezione C., Conferenza Internazionale sulle Particelle Elementari, Pisa* (1955); y b) *Supplemento del Nuovo Cimento, Vol. IV, Nº 2, (1956)*.

"Interactions of positive and negative pi-mesons at 120 MeV in photographic plates" L. FERRETTI, G. GESSAROLI y S. STANTIC publicado en el Progress Report N° 1 Istituto di Fisica A. Righi dell' Università di Bologna. (1955).

"Interactions and decays of positive K-mesons in flight" C. MARCHI, E. PEDRETTI y S. STANTIC. Publicado en A) Progress Report N° 1 Istituto di Fisica A. RIGHI dell' Università di Bologna (1955) y en B) Il Nuovo Cimento, 4, (1956).

"Interactions of pions with nuclei" L. FERRETTI, R. GESSAROLI, G. PUPPI, G. QUARENI, A. RANZI, S. STANTIC y A. TOMASINI. Presentado al Symposium del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, en Ginebra en 1956 y publicado en las actas correspondientes CERN Symposium, Vol. 2, (1956).

Por otro lado, el Prof. Gabriel Alvial trabajó —en ese mismo año— en el grupo del Prof. Occhialini en mediciones de ionización y en partículas elementales con la técnica de las emulsiones fotonucleares.

Los resultados de estos trabajos fueron presentados al Congreso Internacional sobre partículas Elementales de Pisa en 1955 y publicados en los órganos correspondientes.

Ellos son:

"Measurement of Ionization" G. ALVIAL, A. BONETTI, C. DILWORTH, M. LADU, J. MORGAN and G. OCCHIALINI. Publicado en: a) Relazioni e Comunicazioni, Sezione A. Conferenza Internazionale sulle Particelle Elementari, Pisa (1955);

b) Supplemento del Nuovo Cimento, Vol. IV, N° 2, (1956).

"G. Stack Collaboration" or "Observations on Heavy Mesons Secondaries". Este artículo corresponde a los resultados de un trabajo en colaboración entre un grupo de centros e institutos de altos estudios. Ellos son: Wills Physical Laboratory de Bristol, Inglaterra; Institute for Advances Studies y el University College, ambos de Dublin, Irlanda; los Institutos de Física de las Universidades de Milán, Génova y Padova; y, el Instituto Nacional de Física Nuclear, con las secciones de Milán y Padova.

Sus autores son:

J. H. DAVIES, D. EVANS, P. H. FOWLER, P. E. FRANCOIS, M. W. FRIEDLANDER, R. HILLIER, P. IREDALE, D. KEEFE, M. K. MENON, D. H. PERKINS y C. F. POWELL de Bristol; L. CRANE, R. H. W. JOHNSON y C. O'CEALLAIGH del Institute for Advances Studies de Dublin; F. ANDERSON, G. LAWLOR y T. E. NEVIN del University College de Dublin; G. ALVIAL, A. BONETTI, M. DI CORATO, C. DILWORTH, R. LEVI-SETTI, A. MILONE, G. OCCHIALINI, L. SCARSI, G. TOMASINI de los Institutos de Física de las Universidades de Génova y Milán y del Instituto Nacional de Física Nuclear de Milán y finalmente, M. CECCARELLI, M. GRILLI, M. MERLIN, G. SALADIN y B. SECHI del Instituto de Física de la Universidad de Padova y del Instituto Nacional de Física Nuclear de Padova.

Este trabajo fue presentado al Congreso Internacional sobre partículas Elementales en Pisa en el año 1955 y publicado en los siguientes órganos:

a) Relazioni e Comunicazioni, Sezione A. Conferenza Internazionale sulle Particelle Elementari, Pisa (1955);

b) Il Nuovo Cimento, 2, (1955);

c) Supplemento del Nuovo Cimento, Vol. IV, N° 2, (1956);

d) Series of Selected Papers, Japan, (1956), y

e) En varios informes entre las Universidades participantes en el experimento en colaboración.

Las últimas publicaciones de este Centro corresponden a las realizadas en Chile durante el año 1956 y parte del 1957 por GABRIEL ALVIAL y SILVIA STANTIC en colaboración.

Ellas son:

“Application of Klausen micrometer to measurements of scattering of slow particles in nuclear emulsions”, publicada en *Il Nuovo Cimento*, Vol. 5, (1957);

“Mediciones de Ionización en Emulsiones Nucleares” y “Aplicaciones del micrómetro de Klausen a mediciones Scattering en Emulsiones Nucleares”, éstas dos últimas son comunicaciones dadas en el Simposio de Partículas Elementales efectuado en Buenos Aires, en julio de 1957.

Al lado de las publicaciones científicas mencionadas anteriormente, se ha tenido especial cuidado de permanecer en relación permanente con el extranjero a través de asistencias a Congresos Internacionales y de becas de estudios.

Los miembros de este Centro han representado a Chile en los siguientes Congresos Internacionales de Física:

Congreso Internacional de Física Nuclear, Basilea, 1949 en el cual la Universidad de Chile estuvo representada por Gabriel Alvial.

Congreso Internacional de Radiación Cósmica, realizado en Como en 1949 y en el que la Universidad de Chile estuvo representada por Gabriel Alvial.

Conferencia Internacional sobre Partículas Elementales, efectuada en Pisa en 1955. En ella la Srta. Silvia Stantic y el Sr. Gabriel Alvial representaron a nuestra Universidad y presentaron trabajos científicos efectuados en colaboración con el grupo de las Universidades de Bologna y de Milán respectivamente.

Conferencia Internacional del Hemisferio Occidental sobre el Año Geofísico Internacional, tuvo lugar en Río de Janeiro en 1956, en ésta Gabriel Alvial representó al Centro de Radiación Cósmica y a las actividades del Comité Chileno del Año Geofísico Internacional.

Symposium Internacional sobre Partículas Elementales, realizado en Buenos Aires en Julio de 1957. La Universidad de Chile estuvo representada por la Srta. Silvia Stantic y por el Prof. Gabriel Alvial. En éste, ellos comunicaron dos trabajos realizados en colaboración en Chile.

Anteriormente nos hemos referido ya a algunas becas ganadas por miembros de este Centro para realizar estudios y trabajos de investigación en el extranjero. Las siguientes becas han sido concedidas a miembros de este Centro: 2 becas otorgadas por el Gobierno de la República Italiana; 1 beca otorgada por la Universidad de Bologna; 1 beca otorgada por la Universidad de Milán; 1 beca otorgada por la UNESCO; 1 beca otorgada por la John Guggenheim Memorial Foundation para el año 1959.

Además, se han iniciado conversaciones para la realización de trabajos cooperativos de radiación cósmica con varias Instituciones de los Estados Unidos de Norteamérica que permitirá, en un plazo de 3 años a contar de 1959, que los cuatro miembros científicos de este Centro puedan renovarse y perfeccionarse en Institutos y Universidades de los Estados Unidos.

La última parte de esta exposición la hemos dejado para referirnos a los actuales trabajos en curso en el Centro de Radiación Cósmica.

Dos son las investigaciones que se están desarrollando; una se refiere a un nuevo método para determinar la carga eléctrica de los núcleos atómicos que atraviesan las emulsiones nucleares; la otra, a la medición de la componente penetrante de la radiación cósmica con telescopios de contadores Geiger Müller. Esta última forma también parte de las actividades del Año Geofísico Internacional y del programa del Comité Chileno del Año Geofísico Internacional.

Tal como se dijo en párrafos anteriores, si una partícula o núcleo cargado atraviesa una emulsión nuclear, provoca la ionización de los átomos que atraviesa, a veces choca con los electrones de los átomos no sólo provocando la ionización de éstos, sino que transmitiendo a los elec-

trones desprendidos de ellos una energía cinética tal que les permite a su vez ionizar. Al revelar la emulsión nuclear se podrá observar al microscopio una traza principal originada por la partícula o núcleo primario de la que se desprenden trazas secundarias correspondientes a los electrones de choque. Ver fotografía N° 2. A tales trazas secundarias se les denomina rayos delta. Para la determinación de la carga eléctrica de una partícula o de un núcleo cargado se aplica comúnmente un método práctico usado por primera vez por Bradt y Peters en 1948 y modificado notablemente por Soerensen y Crussard en 1951. Este consiste en determinar la densidad de rayos delta por unidad de longitud.

Por razones del fondo que presentan las emulsiones nucleares, los rayos delta seleccionados para tales mediciones deben distinguirse claramente como trazas secundarias de la traza principal.

En el año 1955 el autor de esta relación colaboró en un nuevo método para determinar la carga eléctrica de una partícula con el grupo de la Universidad de Milán. Este método consiste en determinar el espesor de la traza nuclear en la emulsión con un micrómetro ideado en 1954 por el Prof. Giuseppe Occhialini. Dichos espesores son del orden del micrón.

Ahora bien, la medición del espesor permite obtener el perfil de una traza nuclear, tal como lo muestra la Fig. N° 4. En este perfil se pueden distinguir irregularidades en la forma de la traza. Muchas de estas irregularidades corresponden a rayos deltas causados por electrones que no alcanzan a formar trazas secundarias distintas de la principal por no haber sido desprendidas con suficiente energía de los átomos de la emulsión en su choque con la partícula.

Con cálculos oportunos nos ha sido posible obtener de dicho perfil la densidad de tales rayos deltas pequeños. Hemos determinado que con este método nos bastan trazas nucleares de sólo 100 micrones de largo para determinar la carga eléctrica del núcleo atómico o de la partícula que originó la traza.

Con el método clásico son necesarios longitudes de trazas del orden de 3.000 micrones para obtener discriminaciones muchas veces dudosas.

Este método de la medición de los rayos delta pequeños —desarrollado en el Centro de Radiación Cósmica— pasa a ser el más preciso de los métodos, empleando las emulsiones nucleares, para determinar la carga eléctrica de las partículas o de los núcleos atómicos.

Son autores de este método los físicos señor Gabriel Alvial y señoritas Lucía Grimaldi, Juana Riquelme, Elisa Silva y Silvia Stantic. La señorita Lucía Grimaldi es miembro de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la República Argentina y se encuentra becada por la Universidad de Chile en el Centro de Radiación Cósmica para desarrollar trabajos de ionización con emulsiones nucleares. El resto de los autores son miembros del Centro.

Varias son las aplicaciones de este nuevo método. Mencionaremos entre ellas la determinación de la naturaleza química de los núcleos pesados de la radiación cósmica primaria. Esta determinación tiene consecuencias astrofísicas en el sentido de verificar si la proporción de los elementos que llegan como núcleos pesados en la radiación cósmica corresponde a la proporción en que se encuentran los elementos químicos en el Universo.

Las emulsiones nucleares empleadas en esta investigación son de dos tipos: un grupo de placas pertenecen a emulsiones expuestas a neutrones de energías de 6BeV ($6 \cdot 10^9$ eV) en el bevatrón de Berkeley, Estados Unidos, y fueron facilitadas a nuestro Centro por el Prof. Hervasio de Carvalho del Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas de Río de Janeiro; el otro, corresponde a emulsiones expuestas a la radiación cósmica a una altura aproximada a 30 Km. en un lanzamiento en globo realizado en el

valle de Padua y fueron facilitadas al Centro por el Prof. Juan Roederer de la Comisión Nacional de la Energía Atómica de la República Argentina.

La fotografía N° 3 muestra un aspecto de la sala de mediciones. En ella pueden verse los dos microscopios de mediciones nucleares, para las emulsiones, que existen en nuestro laboratorio de microscopía nuclear. Estos microscopios fueron construidos por la fábrica Koristka de Milán. Uno de ellos es el primer microscopio de mediciones nucleares construido en el mundo por la fábrica Koristka en el año 1953.

En el instrumento del fondo se puede ver el micrómetro de lámina que permite medir espesores de traza del orden del micrón y obtener los perfiles ya señalados. Este micrómetro fue vendido el año recién pasado a nuestro laboratorio con la autorización especial de su autor.

La fotografía N° 4 muestra detalles de la planta de revelado de las emulsiones nucleares. Esta planta está siendo construida de acuerdo a la que existe en la Universidad Libre de Bruselas que fue diseñada por el Prof. Giuseppe Occhialini. Ella es la mayor del mundo. La planta chilena tendrá una capacidad equivalente a la tercera parte de la de Bruselas y está siendo construida por el técnico mecánico-electricista Sr. Giuseppe Mezzetti. Una vez terminada permitirá el revelado de emulsiones nucleares expuestas directamente a la radiación cósmica en nuestro país o a máquinas aceleradoras extranjeras. Existe ya una planta pequeña que sirve para el revelado de pequeñas muestras de placas. Ella también se puede aplicar a los trabajos de geología nuclear con emulsiones nucleares.

La otra investigación científica en curso se refiere al estudio de la variación de la componente penetrante de la radiación cósmica en el tiempo.

Como lo hemos señalado anteriormente, la mayor parte de la radiación cósmica que incide sobre la Tierra está compuesta de protones (cerca de un 79%) y de un 20% de partículas α . En un 1% existen los núcleos pesados. Al acercarse a la Tierra dichas partículas sufren el efecto del campo magnético terrestre, por un lado; y, por otro, al atravesar la atmósfera chocan con los núcleos de ella originando partículas secundarias. En el caso particular de los núcleos pesados, ellos se rompen o interaccionan al chocar con los núcleos de la atmósfera.

La probabilidad de choque depende, entre otros factores, de la densidad de la atmósfera que atraviesan las partículas de la radiación cósmica. Ahora bien, para los protones que viajan a la velocidad de la luz, la máxima probabilidad de choque se da en las capas atmosféricas correspondiente a presiones entre 50 y 100 milibares. Esto es, a alturas cercanas a los 16 kilómetros sobre el nivel del mar.

Los productos de rupturas de los núcleos de los átomos de la atmósfera al chocar con los protones están formados por las más diferentes partículas elementales de las existentes. Hay una, el mesón pi que después de un tiempo del orden de $2,6 \times 10^{-8}$ seg. decae en un neutrino y un mesón μ . Esta última, con carga eléctrica del mismo signo de la del mesón π de que proviene tiene una probabilidad pequeña de interactuar con los núcleos de los átomos de la materia, y, por consiguiente, puede penetrar muy profundamente las capas inferiores de la atmósfera y ser revelada o medida con nuestros instrumentos detectores. A la parte de la radiación cósmica formada de mesones μ se le conoce con el nombre de componente penetrante por la característica de interactuar débilmente con la materia. Ella llega al nivel del mar directamente desde la capa en que se produce, esto es, de la capa en que los protones de la radiación cósmica rompen a los núcleos de los átomos de la atmósfera. Por esta razón podemos decir que la componente de mesones μ varía en estrecha relación con las variaciones que experimenta dicha capa.

Por un lado la atmósfera experimenta fluctuaciones termodinámicas —variaciones de presión y temperatura— que causan oscilaciones en la

altura de las capas de aire de una dada presión, esto es, hacen variar la altura de los niveles isobáricos de la atmósfera. Esto se traduce en que nuestra capa productora de mesones μ aumenta o disminuye su altura de acuerdo a las oscilaciones termodinámicas de la atmósfera; este hecho podría dar como resultado una variación de la intensidad de dichos mesones, al medirlos con los instrumentos al nivel del mar: en efecto, considerando la vida media de un mesón μ , igual a $2,2 \times 10^{-6}$ seg. a un aumento de altura de la capa productora debería corresponder una disminución de la intensidad de la componente penetrante; y, a una disminución de altura, a un aumento de la intensidad de dicha componente. Además de esta consideración existen otras correcciones meteorológicas.

Por otra parte, la componente primaria de protones y partículas α podría variar causando las correspondientes variaciones en la producción de mesones π y, por consiguiente, de mesones μ . Si aumenta la intensidad de la componente protónica primaria, aumentará también la intensidad de la componente secundaria mesónica originada por la protónica.

En otras palabras, si las mediciones de la intensidad de la componente mesónica se corrigen descontándose las variaciones causadas por los factores meteorológicos, ellas reflejarán las variaciones de la radiación cósmica que incide a la Tierra desde el espacio exterior. En esta forma poseemos un medio físico para estudiar cómo varía la radiación cósmica primaria y cuáles son las relaciones que existen entre dicha variación y los fenómenos solares, galácticos o extragalácticos.

El estudio de la componente mesónica o penetrante, componente secundaria, se transforma así en el estudio sobre el origen de la radiación cósmica.

El trabajo en curso en el Centro de Radiación Cósmica consiste en medir la variación de la componente mesónica o penetrante en el tiempo. Para ello se han construido dos telescopios de radiación cósmica que miden dicha componente en los laboratorios de Macul y a 4.300 metros de altura en el Observatorio de El Infiernillo.

Cada telescopio consiste en tres unidades de tres contadores en coincidencia cada una. Los tres contadores en coincidencia de cada etapa están colocados en un plano vertical, orientados de Norte a Sur magnéticos. Entre los contadores hay blindajes de plomo por un total de 10 centímetros.

Cada contador mide 60 centímetros de largo por 3 cms. de diámetro y, en una misma unidad están separados por una distancia de 30 cms. Ellos fueron especialmente contruidos para este experimento por el centro nuclear CISE de Milán.

Esta geometría permite medir las partículas de la radiación cósmica que inciden al telescopio bajo un semi-ángulo máximo de 45° en el plano Norte-Sur y dentro de un semi-ángulo de 3° en la dirección Este-Oeste. Además, para ser detectados deben atravesar 10 cms. de plomo.

El hecho de tener dos telescopios funcionados con una diferencia de nivel de cerca de 4 kilómetros permite medir la absorción y calcular las fluctuaciones meteorológicas de la capa de 4 kilómetros de espesor. Por otro lado se puede así estimar la parte de la radiación que queda absorbida por este espesor de la atmósfera. Por otra parte, las variaciones de la atmósfera son obtenidas de los datos diarios de altura y temperatura de los niveles isobáricos que proporciona el radiosonda de Quintero.

Los impulsos de las triples coincidencias son registrados en contadores electro-mecánicos. Cada media hora se toma una fotografía de estos controles. El telescopio funciona así automáticamente durante las 24 horas de cada día.

La fotografía 5, muestra los controles del telescopio que está en funcionamiento en el Observatorio de El Infiernillo y detalles particulares de éste.

Tanto este proyecto científico como el estudio de los primarios pesados con emulsiones nucleares forman parte de las actividades del Año Geofísico Internacional.

Para terminar esta exposición nos referiremos al Observatorio de El Infiernillo.

Esta estación de alta montaña fue construida a proposición del autor de este artículo. El lugar fue ubicado en 1952 por el profesor francés Louis Lliboutry.

La planta del edificio y su disposición en la cumbre de la montaña fueron determinadas por el Prof. Lliboutry y por el autor de esta exposición. El edificio fue construido por el Sr. Víctor Pirazzoli, asesorado por el Ingeniero Asesor de la Universidad de Chile don Carlos Mori, actual Decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. El terreno fue donado a la Universidad por los señores Mario Urrutia y Juan Von Kiessling.

Este observatorio comenzó a funcionar con un telescopio de radiación cósmica el 24 de octubre del presente año a las 0 horas civil chilena.

El edificio, de una superficie de 120 m.², está ubicado sobre el mineral La Disputada de las Condes a 4.300 metros de altura y a 33°10' lat. S. y 70°17' long. W. El acceso desde Santiago se realiza en automóvil hasta la mina (cerca de 3 horas y media) y desde la mina hasta el Observatorio se hace en mula, cuando el camino está despejado de nieve, en casi hora y media. La fig. 5 muestra la posición geográfica del Observatorio en la Zona de la nieve.

Tiene una capacidad máxima para 12 personas. La distribución de sus habitaciones y laboratorios se muestra en la fig. 6, la fotografía N° 6 muestra al Observatorio.

La energía eléctrica es proporcionada al Observatorio por la Mina La Disputada de las Condes a través de una línea eléctrica construida por la Universidad de Chile.

La línea eléctrica de alta tensión tiene casi 3 kilómetros de largo y sube un desnivel de casi mil metros. Existe también un generador para casos de emergencia de la potencia de 1 K.W.

Tres operadores viven permanentemente en él atendiendo el funcionamiento de los instrumentos.

El Observatorio de El Infiernillo ha sido destacado varias veces en el órgano informativo de la Sociedad Norteamericana de Física, Physics To Day, por el Director de los trabajos de radiación cósmica de la Universidad de New York, Prof. Serge A. Korff.

Finalmente, y tal como ya lo dijimos anteriormente, el Centro de Radiación Cósmica ha funcionado de hecho en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas desde 1957, y está incorporado oficialmente a ella desde enero del presente año.

SUMMARY

In November 1958 the Dean of the Faculty of Physical and Mathematical Sciences, Prof. Carlos Mori Ganna, kindly requested the author of the present article to expose the activities of the Centro de Radiación Cósmica in a meeting of the Comisión Académica of this Faculty.

Considering the presence of professors of the Faculty, of the University of Chile and investigators on many different scientific fields, the author presented first a general view of the cosmic rays phenomena and of its methods and technics.

Next he proceeded to locate the earliest chilean work relating them with the development of nuclear and cosmic rays researches in Europe

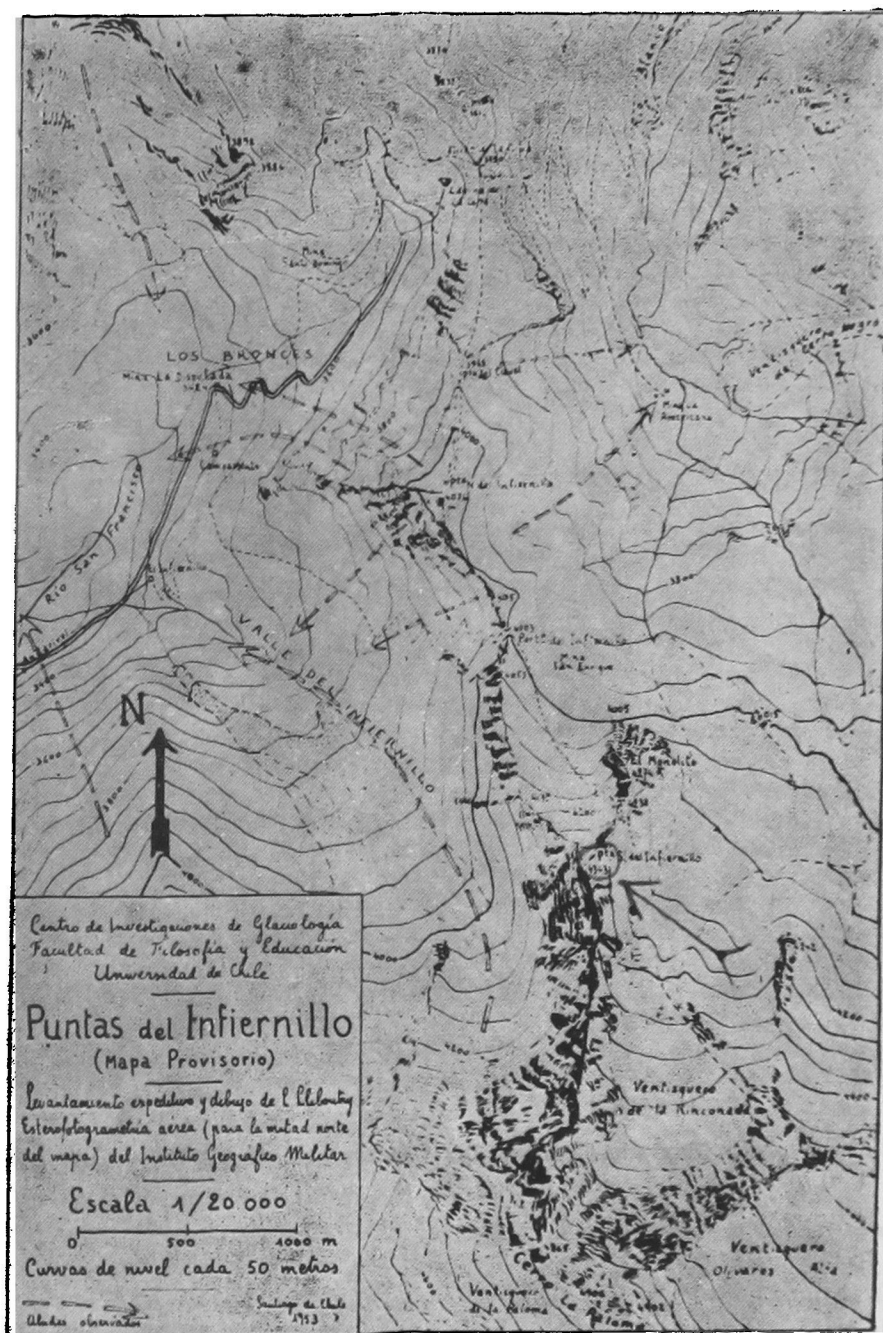


Fig. 5.—Levantamiento topográfico realizado por el Prof. Louis Llibouty, en 1953. La flecha señala la posición del Observatorio de El Infiernillo.

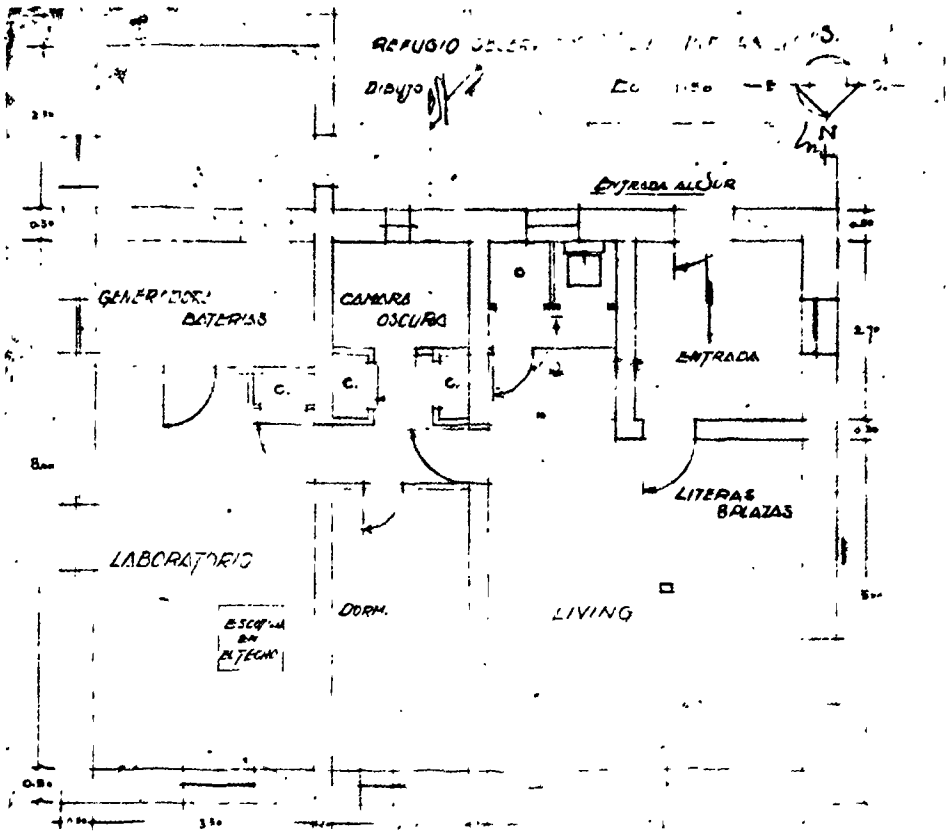


Fig. 6.—Planta del edificio del Observatorio de El Infiernillo

and Chile at the time of the creation of the Centro de Radiación Cósmica. Then he spoke on the first investigations carried out by the Chilean center and published in the official review of the Italian Physical Society. The purpose of the first technical works, in particular the construction of the Observatory "El Infiernillo" in the Andes, near 4.300 m. in height and at 33° 10' lat. S and 70° 17' long. W were also explained. The author also referred to the scientific original production, to the international collaboration and cooperation as scholarships, international congresses and foreign help.

Finally, he was very pleased to thank Prof. Mori for his help to the scientific activities and emphasized the fact that the technical installations and the building of the Observatory were constructed under his guidance as an engineer.

The author of this article wants to thank the Dean of the Faculty of Physical and Mathematical Sciences for his invitation to the Comisión Académica and he is specially grateful to him because the first scholarship given to a Chilean to study nuclear physics was given by the Italian Republic in 1948 at the suggestion and request of Prof. Carlos Mori as President of the Instituto Chileno-Italiano de Cultura.

B I B L I O G R A F I A

- ALVIAL C., GABRIEL.—"Estudio de la acción de varios métodos de revelado en la formación del fondo de las emulsiones nucleares". (Il Nuovo Cimento, 10, 1953).
- ALVIAL C., GABRIEL.—"Variación de la sensibilidad de las emulsiones nucleares en función de la temperatura". (Il Nuovo Cimento, Vol. 12, 1954).
- J. H. DAVIES, D. EVANS, P. H. FOWLER, P. E. FRANCOIS, M. W. FRIEDLANDER, R. HILLIER, P. IREDALE, D. KEEFE, M. G. K. MENON, D. H. PERKINS, C. F. POWELL, L. CRANE, R. H. W. JOHNSON, F. ANDERSON, G. ALVIAL, A. BONETTI, M. DI CORATO, C. DILWORTH, R. LEVI-SETTI, A. MILONE, G. OCCHIALINI, L. SCARSI, G. TOMASINI, M. CECCARELLI, M. GRILLI, M. MERLIN, G. SALADIN y B. SECHI.—"G. Stack Collaboration" or "Observations on Heavy Mesons Secondaries".
- A) Relazioni e Comunicazioni, Sezione A. Conferenza Internazionale sulle Particelle Elementari, Pisa, 1955;
- B) Il Nuovo Cimento, 2, 1955;
- C) Supplemento del Nuovo Cimento, Vol. IV, N° 2, 1956;
- D) Series of Selected Papers, Japan, 1956; y,
- E) En varios informes entre las Universidades participantes en el experimento en colaboración.
- ALVIAL C., GABRIEL y STANTIC A., SILVIA.—"Application of Klausen micrometer to measurements of scattering of slow particles in nuclear emulsions" (Il Nuovo Cimento, 5, 1957).
- ALVIAL C., GABRIEL y STANTIC A., SILVIA.—"Mediciones de Ionización en Emulsiones Nucleares" y "Aplicaciones del micrómetro de Klausen a Mediciones Scattering en Emulsiones Nucleares". Symposium de Partículas Elementales. Buenos Aires, Julio de 1957.
- STANTIC A., SILVIA.—G. FERRARI, L. FERRETTI, G. GESSAROLI, E. MANARESI, E. PEDRETTI, G. PUPPI, G. QUARENI, A. STANGHELINI. "Scattering dei pioni sui protoni a 120 MeV. Interazioni coi nuclei".

a) Relazioni e Comunicazioni, Sezione C., Conferenza Internazionale sulle Particelle Elementari, Pisa, 1955;

b) Supplemento del Nuovo Cimento, Vol. IV. N° 2, 1956.

STANTIC A., SILVIA, L. FERRETTI, G. GESSAROLI.—“Interactions of positive and negative pi-mesons at 120 MeV in fotografic plates”. Progress Report N° 1 Istituto di Fisica A. Righi dell' Università di Bologna, 1955.

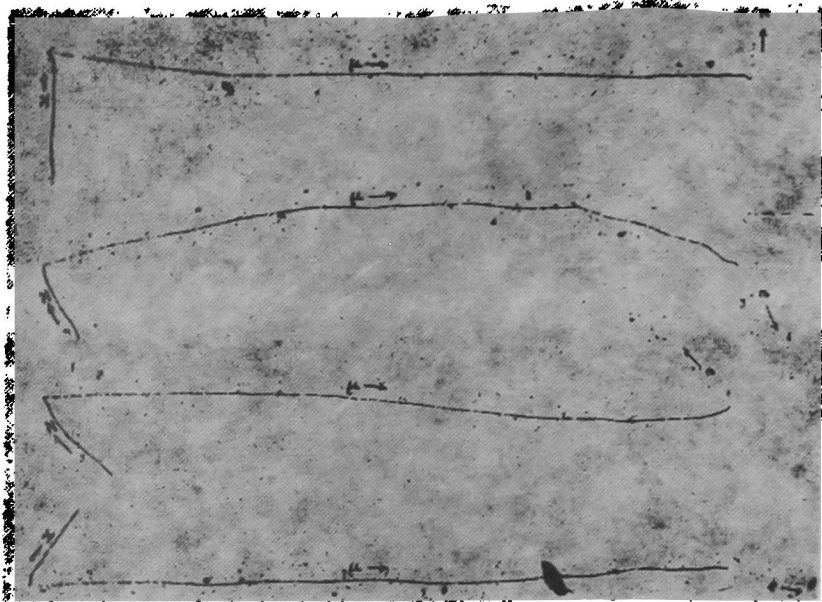
STANTIC A., SILVIA, C. MARCHI, E. PEDRETTI. “Interactions and decays of positive K-mesons in flight”.

a) Progress Report N° 1 Istituto di Fisica A. Righi dell' Università di Bologna, 1955;

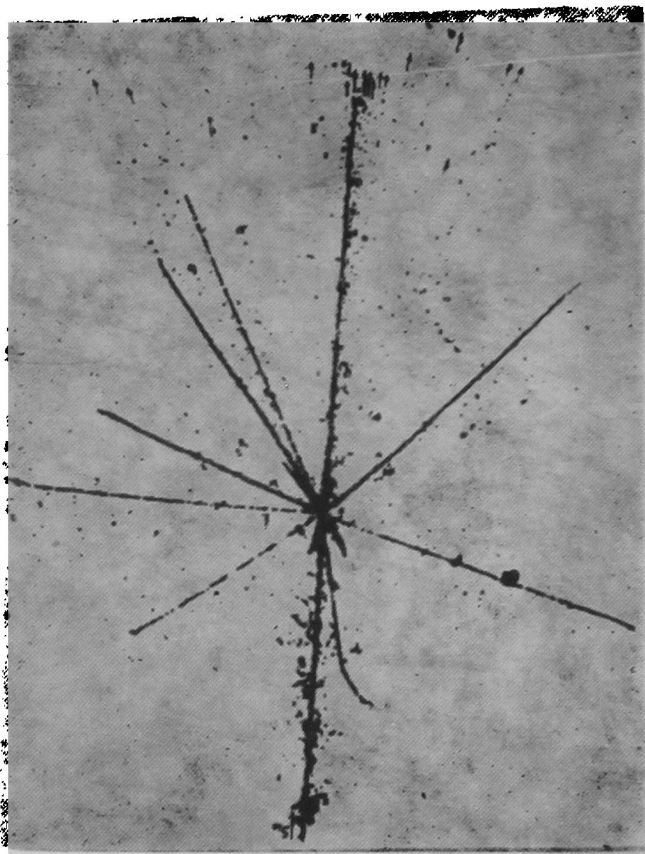
b) Il Nuovo Cimento, 4, 1956.

STANTIC A., SILVIA, L. FERRETTI, R. GESSAROLI, G. PUPPI, G. QUARENI, A. RANZI y A. TOMASINI.— “Interactions of pions with nuclei” CERN Symposium, Vol. 2, 1956.

FOTOGRAFIAS



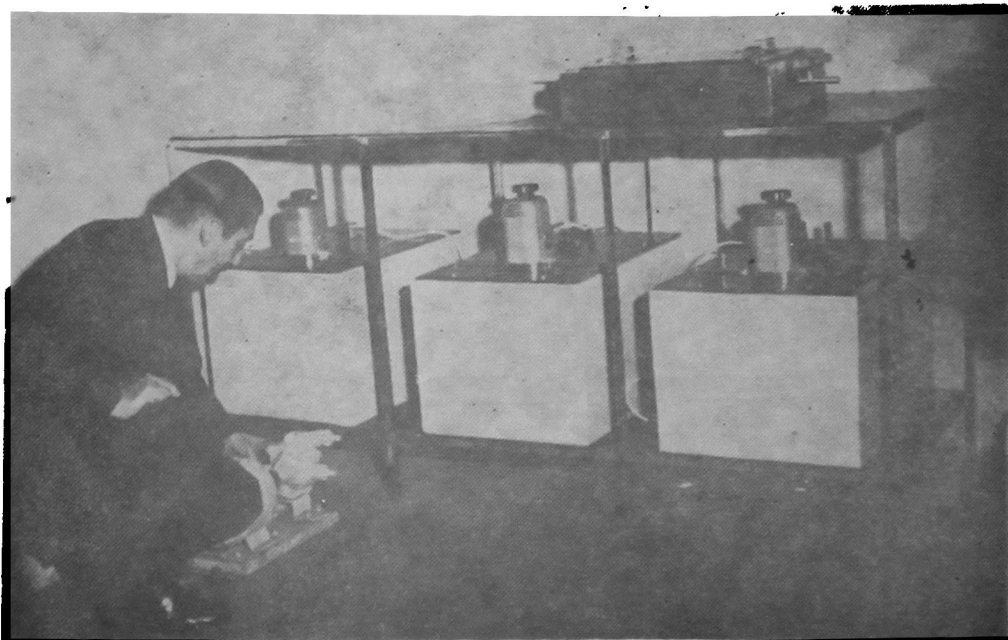
Fotografía 1.—Las trazas originadas por el paso de las partículas cargadas eléctricamente a través de la emulsión nuclear se observan al microscopio y muestran el aspecto presentado en esta fotografía. En ella se observan 4 trazas de mesones π con sus correspondientes mesones μ de decaimiento y los electrones respectivos de decaimiento (trazas más finas a los extremos de los mesones μ). El largo de los mesones μ es alrededor de 600 micrones.



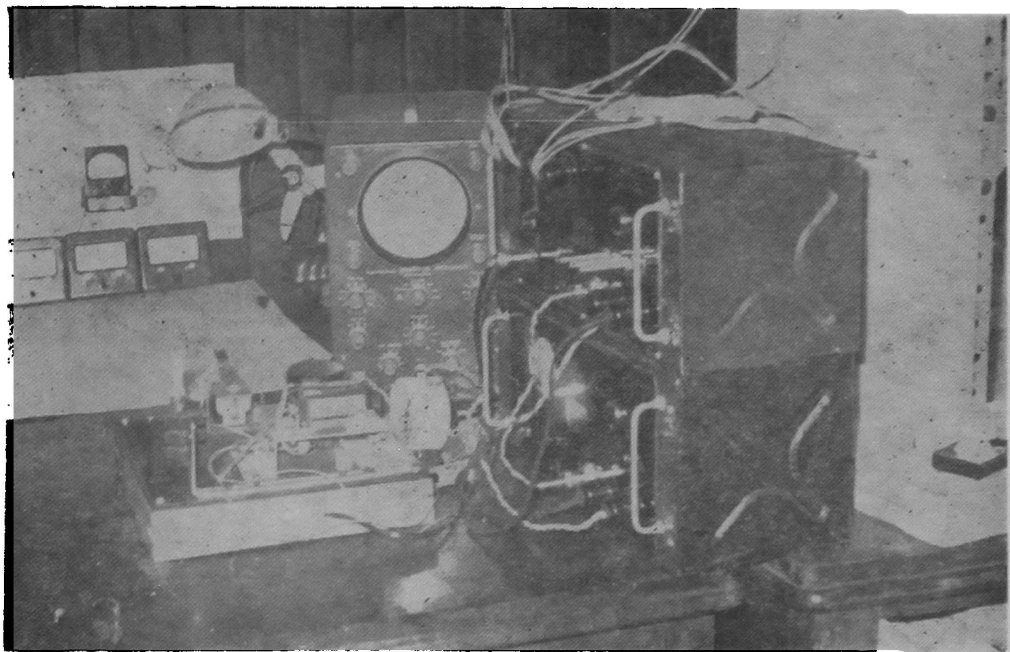
Fotografía 2.—Un núcleo de Azufre de la radiación cósmica penetra una emulsión nuclear y se rompe al chocar con un núcleo de la emulsión. En una emulsión nuclear ya revelada fotográficamente, este fenómeno se observa tal como lo muestra esta fotografía. La traza gruesa corresponde a la huella dejada por el paso del núcleo de Azufre en la emulsión; la traza más delgada y que continúa en la misma dirección corresponde a lo que quedó del núcleo de Azufre después del choque con un núcleo de la emulsión (quedó un núcleo de Flúor). Las trazas más finas y cuyo sentido se ha señalado por flechas son las que corresponden a núcleos de ruptura del fragmento primario. Las otras trazas corresponden a los fragmentos de ruptura del núcleo chocado. Obsérvense los rayos deltas en torno a las trazas de Azufre y Flúor, como finos pelos laterales.



Fotografía 3.—Aspecto parcial de la Sala de Microscopía Nuclear. Obsérvese al fondo el microscopio con el micrómetro de lámina para medir espesores de trazas.



Fotografía 4.—Planta de prueba de revelado fotográfico de emulsiones nucleares.



Fotografía 5.—Controles del telescopio del Observatorio de El Infiernillo.



Fotografía 6.—Observatorio de El Infiernillo.