



# IN/VISIBILIDAD

ARTURO DUPERIER  
Y LOS RAYOS CÓSMICOS

## IN/VISIBILITY

ARTURO DUPERIER AND COSMIC RAYS









**IN/VISIBILIDAD / ARTURO DUPERIER Y LOS RAYOS CÓSMICOS**



# IN/VISIBILIDAD

ARTURO DUPERIER  
Y LOS RAYOS CÓSMICOS

Museo Nacional de Ciencia y Tecnología



Créditos de la exposición

**Ministerio de Ciencia e Innovación**

Ministra  
Diana Morant Ripoll

**Secretaría General de Investigación**

Secretaria General  
Raquel Yotti Álvarez

**Museo Nacional de Ciencia y Tecnología**

Director  
Fernando Luis Fontes Blanco

**Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología**

Directora General  
Imma Aguilar Nàcher

**Comisariado científico**

Francisco Barradas Solas  
Linarejos Moreno Teva  
José Manuel Sánchez Ron

**Estación Interactiva de rayos cósmicos**

Gustavo Martínez Botella

**Coordinación**

Rosa María Martín Latorre

**Equipo técnico**

Ignacio de la Lastra González  
Emilio Bande Fuentes  
Josefa Prados Barrera  
Joaquina Leal Pérez-Chao  
Isabel Tarancón Santana  
Álvaro Carcelén Aycart

**Mantenimiento de interactivos**

Pedro José Labella Escobar  
Jesús León Martín

**Diseño, producción y montaje de la exposición**

Cultural Media Design S. L.

**Visualizador interactivo de rayos cósmicos**

Javier Álvarez Bailén (Light Notes Studio)

**Transporte**

Ordax Arte & Exposiciones S. L.

**Diseño y maquetación del catálogo**

Cultural Media Design S. L.

**Fotografía de exposición y piezas**

Álvaro Muñoz Guzmán

**Impresión del catálogo**

Advantia Comunicación Gráfica S.A.

**Edita**

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología

E-NIPO 831220266

NIPO 831220250

DL M-19263-2022

Publicación incluida en el programa editorial de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia e Innovación correspondiente al año 2022. Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es>

## Agradecimientos

María Eugenia Duperier Aymar  
Ana Cristina Carvajal Duperier  
María Eugenia Carvajal Duperier  
Diego López Calvín  
Curro Oñate Peláez  
Pilar Loreto Citoler Carilla


Universidad Complutense de Madrid (UCM)  
Biblioteca Histórica Marqués de Valdecilla (UCM)  
Biblioteca de la Facultad de Medicina (UCM)  
Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España  
Real Academia de Historia  
Real Academia de Medicina  
Subdirección General de Archivos Estatales  
Archivo Histórico Nacional (AHN)  
Archivo General de la Administración (AGA)  
Biblioteca Nacional de España (BNE)  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)  
Residencia de Estudiantes (CSIC)  
Fundación Pablo Iglesias  
Ayuntamiento de Pedro Bernardo (Ávila)

Síguenos en

[www.muncyt.es](http://www.muncyt.es)

 [@muncyt](https://twitter.com/muncyt)

 [facebook.com/muncyt](https://facebook.com/muncyt)

 [@muncyt\\_es](https://www.instagram.com/muncyt_es)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



**MUNCYT**  
MUSEO NACIONAL DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA



# ÍNDICE

Presentación	11
<b>El detector de rayos cósmicos</b> Francisco Barradas Solas	14
<b>Vasili Kandinsky y The Cloud Chamber</b> <b>(La cámara de niebla)</b> Linarejos Moreno	26
<b>Arturo Duperier: del magnetismo</b> <b>a los rayos cósmicos</b> José Manuel Sánchez Ron	40
La exposición	96
Las piezas	118
English version	148





# PRESENTACIÓN

In/visibilidad es el título que hemos escogido para la exposición temporal a la que acompaña esta publicación. Juego de conceptos antitéticos para acercarnos un poco más a la figura de Arturo Duperier, un gran científico de nuestro país cuya biografía y aportaciones queremos visibilizar a través de la muestra.

Arturo Duperier Vallesa (Pedro Bernardo, 1896 - Madrid, 1959) fue discípulo de otro de los grandes científicos españoles, Blas Cabrera y Felipe (Arrecife, 1878 - Ciudad de México, 1945). Su carrera investigadora y académica como catedrático de Geofísica en la Universidad de Madrid apenas comenzaba cuando la Guerra Civil truncó su proyecto vital y la situación le obligó finalmente a emigrar a Reino Unido con su familia. Un nuevo comienzo y un destino compartido con toda una generación de científicos e intelectuales enfrentados a dramáticos acontecimientos históricos que cercenaron el curso del incipiente progreso científico en nuestro país.

Los fructíferos años de trabajo que Duperier desarrolló fuera de España en el equipo de Patrick Blackett en la Universidad de Manchester y posteriormente en el Imperial College y el Birkbeck College de Londres le permitieron realizar descubrimientos fundamentales en el campo de los estudios sobre la atmósfera y las radiaciones cósmicas, entre otros el determinar la altura media a la que se producen los rayos cósmicos secundarios o muones presentes en nuestra atmósfera.

Cuando en 1953, Arturo Duperier ve la posibilidad de regresar a España para trabajar en la creación de una nueva cátedra en la Universidad Complutense, tomó la valiente decisión de volver a empezar otra vez. Un gesto loable de quien quería contribuir al desarrollo de su país como investigador, aún suponiendo esto el abandono de su brillante trayectoria británica. En su decisión contó con el apoyo de su colega británico Blackett que gestionó el envío a Madrid de un equipo para el registro de rayos cósmicos del Departamento de Investigación Científica e Industrial de Manchester que le debía haber permitido continuar sus investigaciones en su nuevo laboratorio.

Nuestro país, sin embargo, no estaba aún listo para recibirle. Con una salud deteriorada y sometido a grandes trabas burocráticas que obstaculizaban su proyecto de trabajo, Duperier murió sin poder materializar su deseo de montar un laboratorio de radiación cósmica en Madrid.

Sirva esta exposición como homenaje a un científico entregado a su labor e invisibilizado por el contexto histórico de un país víctima de una Guerra Civil y una larga posguerra. Un científico que entendió que la mejor arma para cambiar el mundo en el que vivía era su mente privilegiada y que no dudó en ponerla al servicio del progreso de su país.

Invisibles también son los enigmáticos rayos cósmicos a los que esta exposición nos acerca, un fenómeno presente en nuestra atmósfera, pero del que casi nadie somos conscientes. A través de un detector de muones diseñado para esta ocasión, podemos percibir la presencia de este tipo de radiación y registrar y conocer la dinámica que siguen sus impactos.

La figura de Duperier y las hipnóticas trazas que los rayos cósmicos describen son, además, fuente de inspiración para Linarejos Moreno, artista y miembro del equipo de comisarios de la exposición, cuya obra nos ofrece una lectura complementaria del fenómeno de los rayos cósmicos.

Visible, ahora sí, es el gran hacer del equipo de comisarios integrado por Francisco Barradas Solas, Linarejos Moreno y José Manuel Sánchez Ron que han construido el impecable discurso que nos acerca a este momento crítico de la ciencia española del siglo XX a través de uno de sus representantes menos conocidos y, simultáneamente, a un fenómeno físico no menos desconocido.

Por último, y puesto que por su discreta naturaleza no siempre evidencia, es obligado visibilizar en estas líneas el trabajo del equipo técnico del MUNCYT, como siempre entusiastamente implicado en coordinar y facilitar la labor de comisarios, diseñadores y productores de la exposición y en velar por cada uno de los detalles de la exposición. Este trabajo tampoco hubiera sido posible, desde luego, sin el apoyo e implicación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, de la mano de quien todos los proyectos del museo se materializan.

**Marina Martínez de Marañón Yanguas**

Directora del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (2017-2022)



The background is a solid olive green color. It features several thin, light-colored diagonal lines of varying lengths and orientations scattered across the page. The text is centered in the upper half of the image.

# EL DETECTOR DE RAYOS CÓSMICOS

Francisco Barradas Solas

Desde el principio se planteó esta exposición para que tuviera un contenido científico vivo y plenamente relacionado con su tema. Por eso se encargó a Gustavo Martínez Botella, científico titular del CIEMAT y miembro de la colaboración CTA (Cherenkov Telescope Array) el diseño y construcción de un detector de rayos cósmicos conceptualmente similar a los que utilizaba Arturo Duperier en sus investigaciones. Gracias a este instrumento, podrá “verse en directo” la detección de rayos cósmicos. Además, sus datos acumulados estarán a disposición de todo aquel que quiera analizarlos en una web específica<sup>1</sup> y serán la base de talleres didácticos para jóvenes estudiantes.

La contribución de José Manuel Sánchez Ron a este catálogo explora con detalle las aportaciones de Arturo Duperier al estudio de los rayos cósmicos y su relevancia, por lo que aquí, tras una breve introducción, pasaremos a hablar del detector y los datos que produce, terminando con algunas pistas sobre cómo se pueden emplear para hacer pequeñas investigaciones.

Pero antes, vamos a explicar por qué se ha instalado en la exposición un detector de rayos cósmicos basado en tubos Geiger, como los que se utilizaban en investigación hace unos ochenta años, en lugar de uno más actual y potente.

Buscábamos un detector lo más sencillo y económico posible que mostrara señales de rayos cósmicos a un ritmo apropiado para un museo —una cada pocos segundos— y produjera suficientes datos de calidad como para hacer estudios serios con ellos. Se podría haber construido un detector basado en una tecnología mucho más avanzada que la elegida, por ejemplo, a base de plásticos centelleadores y fotomultiplicadores de silicio, como el del proyecto CosmicWatch.<sup>2</sup> Este, como nuestro diseño,

resulta relativamente barato y podría ser construido por un amateur. Sin embargo, optamos por los tubos Geiger<sup>3</sup> porque, además de cumplir nuestros requisitos de partida, tienen la rara y definitiva ventaja de ser familia muy cercana de objetos y publicaciones que aparecen en la exposición y, en definitiva, del trabajo de Arturo Duperier sobre los rayos cósmicos.

## Los rayos cósmicos

Los rayos cósmicos son partículas de alta energía que llegan a la Tierra en todas direcciones desde nuestra galaxia —y aún más allá en el caso de los de energías más altas—. Esta<sup>4</sup> es la historia verosímil de una partícula típica de los rayos cósmicos, un protón acelerado en nuestra galaxia por campos magnéticos móviles que choca con la atmósfera terrestre al cabo de un viaje de millones de años (Fig. 1).

En un resto de supernova situado en la otra punta de nuestra galaxia, un protón es acelerado hasta casi la velocidad de la luz al rebotar repetidamente en los campos magnéticos de una onda de choque.

Después de recorrer una distancia inmensa guiado por otros campos magnéticos mucho más débiles que atraviesan la galaxia, el protón choca con el núcleo de un átomo en la estratosfera terrestre dando lugar a una cascada de partículas que viajan hacia la superficie a velocidades próximas a las de la luz.

---

<sup>3</sup> <https://physicsopenlab.org/2016/01/02/cosmic-rays-coincidence/>  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/50/3/317/pdf>  
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.739.4141&rep=rep1&type=pdf>  
<https://www.hardhack.org.au/book/export/html/52>

<sup>4</sup> Según la contamos en el Cuaderno Experimenta “Los rayos cósmicos”. Francisco Barradas Solas, MUNCY, 2018, donde también hay un glosario y más detalles. A menudo utilizaremos aquí este recurso. [http://www.muncy.es/stfls/MUNCY/Publicaciones/rayos\\_cosmicos\\_muncy.pdf](http://www.muncy.es/stfls/MUNCY/Publicaciones/rayos_cosmicos_muncy.pdf)

---

<sup>1</sup> <https://rayoscsmicos.muncy.es>

<sup>2</sup> Web del proyecto CosmicWatch: <http://www.cosmicwatch.lns.mit.edu/>

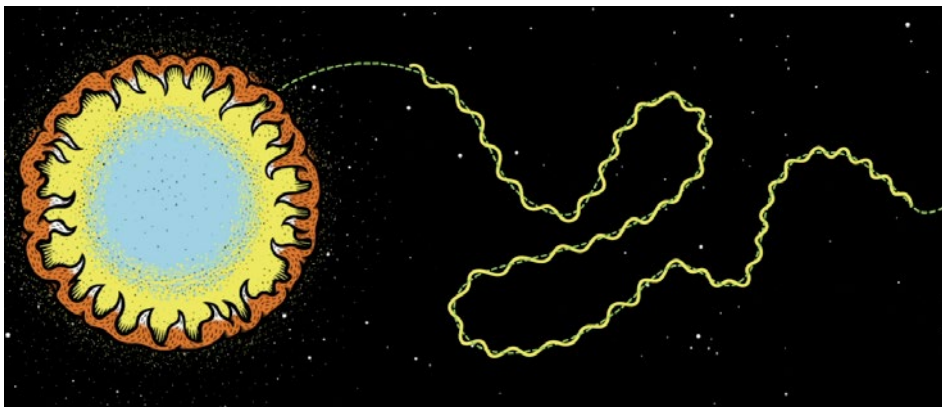


Fig. 1

Una partícula de los rayos cósmicos primarios empieza su camino cerca de una supernova siguiendo las líneas del campo magnético.  
Imagen: Wearbeard

Entre ellas hay un *muon* ( $\mu$ ) creado, como confirmó Duperier, a unos 15 km de altura, por encima de donde vuelan los aviones de pasajeros, que entra en el Museo unas 50 millonésimas de segundo más tarde, atraviesa nuestro detector y queda registrado en un contador.

Las partículas que llegan a la Tierra desde el exterior se llaman rayos cósmicos primarios y las que se crean en la atmósfera a partir de ellas son los rayos cósmicos secundarios.

Estudiar los rayos cósmicos primarios es muy difícil, pues hay que llevar a cabo experimentos a gran altitud, bastante por encima de donde se crean la mayoría de los rayos cósmicos secundarios. Se hace mediante globos y satélites artificiales, como veremos más tarde.

En los rayos cósmicos primarios se encuentran todas las partículas cargadas estables, entre las que dominan los protones, con algo menos del 90%, seguidos de los núcleos de helio (o *partículas alfa*) con cerca del 9 %. El resto son núcleos atómicos más pesados producidos en las estrellas más un pequeño porcentaje de otras partículas, sobre todo electrones.

Sus energías van desde unos  $10^{10}$  J ( $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$ ) hasta cien mil millones de veces más, del orden de  $10 \text{ J}$  ( $10^8 \text{ TeV} = 10^{20} \text{ eV}$ ). Este último valor es decenas de millones de veces mayor que el de un protón acelerado en el LHC del CERN y comparable a la energía cinética que gana una manzana al caer desde un árbol o una pelota de tenis en un golpe de aficionado, aunque concentrada en un volumen enormemente más pequeño —unas  $10^{40}$  veces menor—.

Aparte de las partículas de baja energía asociadas con el “viento solar” y los destellos solares que dan lugar, por ejemplo, a las auroras, los rayos cósmicos proceden de fuera de nuestro sistema. Lo sabemos porque si vinieran del Sol, su intensidad no sería casi la misma de noche y de día, que es lo que sucede.

La gran mayoría de los rayos cósmicos que detectamos provienen de nuestra galaxia. Una vez aceleradas, las partículas cargadas se mueven bajo la influencia de los campos magnéticos que la atraviesan. Cuanto mayor es la energía de una partícula, menos la desvía el campo de su trayectoria rectilínea. Es seguro que aquellas con menos de  $10^{15} \text{ eV}$  tienen trayectorias tan curvadas que están atrapadas en su galaxia de nacimiento.

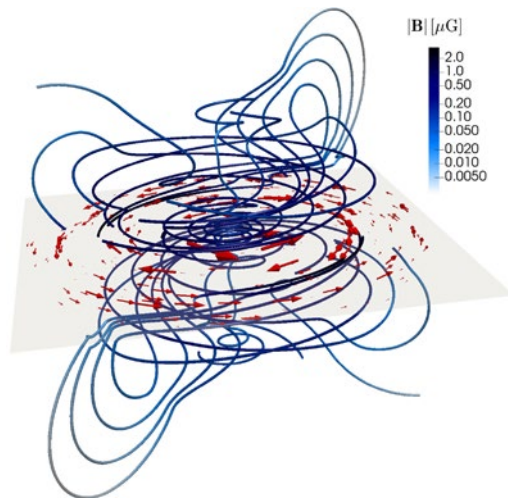


Fig. 2

Simulación del campo magnético galáctico.

En rojo la componente “ordenada” de los brazos espirales y en azul la caótica que se extiende hasta el halo: Fig. 11 de Shukurov, A., Rodrigues, L. F. S., Bushby, P. J., Hollins, J., & Rachen, J. P. (2019).

A physical approach to modelling large-scale galactic magnetic fields. *Astronomy & Astrophysics*, 623, A113. reproduced with permission © ESO

Estos campos se extienden hasta el halo de galaxia y, aparte de la componente del disco —donde residen el Sol y la mayor parte de las estrellas—, su distribución espacial es caótica (Fig. 2), por lo que los rayos cósmicos galácticos que nos alcanzan no siguen trayectorias directas desde sus fuentes, sino que recorren caminos enmarañados y aleatorios hasta llegar a la Tierra, de modo que la alcanzan desde todas las direcciones por igual.

Cuando un rayo cósmico primario, por ejemplo un protón, se tropieza con la Tierra, lo primero que se encuentra es la atmósfera. Allí, a una altura media de unos 15 km se produce una colisión con un núcleo atómico, de la que salen muy a menudo un protón o un neutrón y

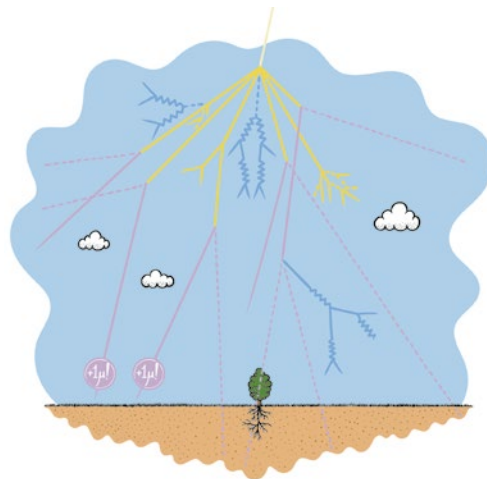


Fig. 3

Cascada de rayos cósmicos secundarios que se desarrolla al colisionar una partícula de los rayos cósmicos primarios con el núcleo de un átomo de la alta atmósfera. A la superficie llegan sobre todo neutrinos —que penetran en el interior de la Tierra con gran facilidad— y muones ( $\mu$ ). (Ver nota 4) Imagen: Wearbeard

decenas de otras partículas subatómicas de alta energía, especialmente *piones* y *kaones*, iniciando así una cascada atmosférica (Fig. 3). Con mucha menor frecuencia, el producto pueden ser otras partículas, hasta las más pesadas, como *Higgs* o *quarks top*.

Todas estas partículas son inestables y se desintegran con unos tiempos medios de vida muy cortos, de modo que a la superficie llegan principalmente los descendientes de esos piones y kaones, que son en su mayoría muones y *neutrinos*.

Los neutrinos son indetectables sin medios profesionales. Sin embargo, los muones pueden “verse” con métodos

caseros como las cámaras de niebla,<sup>5</sup> en las que dejan estelas muy parecidas a las de los aviones en el cielo —lo que no es de extrañar, pues la física es muy similar en ambos casos—.

Resulta impresionante que con una pecera, una placa metálica, alcohol y un poco de hielo seco puedan hacerse visibles las trazas que dejan partículas elementales descendientes directas de aquel protón acelerado en un resto de supernova.

Si tiene ocasión, fíjese en una cámara de niebla como la del museo, que puede ver en directo o a través de una cámara en la exposición temporal. Después de hacerlo, le resultará más difícil no creer en la “realidad” de las partículas subatómicas. Más adelante mostraremos cómo no sólo pueden “verse” los rayos cósmicos sino también contarse, y aprender mucho sobre ellos mediante el detector que hemos construido especialmente para la exposición.

## Actualidad y relevancia de los rayos cósmicos

Los rayos cósmicos tienen un indudable interés por ser mensajeros directos de procesos astrofísicos de altísima energía y testigos de la distribución de los campos magnéticos galácticos y del medio interestelar, cuyos modelos deben reproducir las observaciones.

En el campo experimental, las partículas cósmicas primarias de energías medias y altas sólo se habían estudiado hasta 2006 mediante vuelos de globos,

limitados a unos pocos días y que llegaban a alturas de unos 30 o 40 km. En ese año se puso en órbita un satélite con un detector llamado PAMELA que supuso un salto cualitativo al producir datos durante diez años, permitiendo estudiar con suficiente estadística especies mucho menos abundantes que los protones e incluso la componente de antimateria de los rayos cósmicos. Desde entonces ha habido otros experimentos en órbita entre los que destaca AMS-02,<sup>6</sup> el más completo y grande de todos ( $5 \times 4 \times 3 \text{ m}^3$ ).

Este detector es capaz de distinguir los hadrones — protones, partículas alfa y otros núcleos más pesados— de los leptones —electrones y positrones, muones, etc.— y la materia de la antimateria, así como de medir sus energías y las composiciones química e isotópica de rayos cósmicos desde las décimas de GeV hasta varios TeV. El detector AMS-02 lleva operando continuamente en la estación espacial internacional, a unos 400 km de altura, desde 2011 y ha registrado ya más de 200 000 millones de eventos. Esto ha permitido medir las características de los primarios con mucho más detalle que nunca, lo que es especialmente notable en el caso de los núcleos pesados, tan poco abundantes que las muestras estudiadas mediante globos no daban para sacar muchas conclusiones.

Los rayos cósmicos de energías menores que unos  $10^{18}$  eV son, con mucha seguridad, producidos en nuestra galaxia, ya que los campos magnéticos de la Vía Láctea los curvan tanto que no pueden escapar de ella. Por esta misma razón, los detectores tampoco pueden ayudarnos a saber dónde están los objetos de los que provienen, pues estas partículas no nos alcanzan viajando en línea recta, sino con trayectorias enormemente enmarañadas y caóticas. Sin embargo, hay otras partículas sin carga eléctrica, como los neutrinos o los rayos gamma, que no se desvían. Una esperanza para encontrar sus orígenes, al menos el de los

---

5 “La cámara de niebla: Partículas de verdad”, Francisco Barradas Solas <https://www.i-cpan.es/concurso/ganadores/55CamaraNiebla.pdf>  
“Partículas de verdad: construya su propia cámara de niebla” FBS y PAM <https://www.scienceinschool.org/es/article/2010/cloud-es/>  
“CLOUD CHAMBER. S’Cool LAB - Do-it-yourself manual. Version 7 » Julia Woithe [https://scoollab.web.cern.ch/sites/scoollab.web.cern.ch/files/documents/20200521\\_JW\\_DIYManual\\_CloudChamber\\_v7.pdf](https://scoollab.web.cern.ch/sites/scoollab.web.cern.ch/files/documents/20200521_JW_DIYManual_CloudChamber_v7.pdf)

---

6 <http://ams02.space/>



que tienen entre unos  $10^{15}$  eV y unos  $10^{18}$  eV, es ver de dónde provienen los rayos gamma que se producirían junto con ellos. Este es uno de los objetivos de experimentos como HESS o el futuro CTA<sup>7</sup> —parte del cual estará instalado en la isla de La Palma—.

Por otro lado, los rayos cósmicos de energía ultra alta, mayor de  $10^{18}$  eV, son tan extremadamente escasos —no más de uno al año por kilómetro cuadrado— que se estudian muchísimo mejor a través de sus secundarios en experimentos como *Auger*,<sup>8</sup> situado en La Pampa argentina. El observatorio Pierre Auger cubre con 1660 detectores un área de unos 3000 km<sup>2</sup> —algo más que París o Luxemburgo— para detectar las cascadas (Fig. 3) que producen estos eventos en la atmósfera y tratar de reconstruir las características de los primarios midiéndolas. Por ejemplo, la de un rayo cósmico de  $10^{19}$  eV cubre un área de unos 10 km<sup>2</sup> —cientos de campos de fútbol—.

Estos rayos cósmicos tienen tanta energía que no son muy desviados por los débiles campos magnéticos que se encuentran en su camino, lo que implica que pueden escapar de sus galaxias de origen. Además, al seguir trayectorias muy poco curvadas, sus fuentes estarán próximas a las direcciones desde las que los vemos llegar. En los últimos años se están buscando, además de los rayos cósmicos, otras partículas como los neutrinos, sin carga y que por tanto los campos magnéticos tampoco pueden desviar. Si encontrásemos neutrinos que vienen de la misma fuente que los rayos cósmicos, deduciríamos que hay objetos astrofísicos que los emiten conjuntamente, lo que ayudaría a caracterizarlos. Esa es una de las misiones de experimentos como IceCube,<sup>9</sup> situado en el Polo Sur o ANTARES en el mar Mediterráneo.

---

7 <https://www.cta-observatory.org/pevatrons-hunt-for-galactic-cosmic-rays/>

8 <https://www.auger.org/>

9 <https://icecube.wisc.edu>

En resumen, la investigación en rayos cósmicos sigue siendo después de cerca de cien años un campo activo con muchísimas cuestiones por resolver. Así, por ejemplo, mientras es posible que los restos de supernova pueden ser los lugares donde se aceleran los rayos cósmicos galácticos de energías hasta  $10^{15}$  eV, esto no parece ser el caso para energías mayores. Para ellas, de momento, no hay modelos sólidos y establecidos que den cuenta de todo lo que hemos ido averiguando.

Aunque se han propuesto casi todos los mecanismos o escenarios conocidos capaces de generar las energías necesarias, como los chorros de los agujeros negros supermasivos en el centro de las galaxias activas, no es en absoluto descartable que se trate de otros procesos exóticos que ahora ni podemos imaginar.

Pero los rayos cósmicos no sólo plantean problemas de física “fundamental”, sino otros muchos más cercanos a lo que es —o podría ser en el futuro— nuestra vida cotidiana.<sup>10</sup>

Para empezar, pensamos que sólo hay algo más impresionante que ver las trazas de los rayos cósmicos en una cámara de niebla: “ver” con los ojos cerrados los destellos que han visto muchos astronautas en sus viajes espaciales y que probablemente tienen el mismo origen. Pero si es usted astronauta, hay consecuencias más graves de los rayos cósmicos que, como otras radiaciones ionizantes, son capaces de producir cambios en el ADN o en otras biomoléculas y también fallos informáticos.<sup>11</sup>

En la superficie terrestre estamos en buena medida protegidos por el campo magnético terrestre y la atmósfera

---

10 Seguimos aquí la referencia de la nota 4 en la que puede encontrarse algún detalle más y bibliografía.

11 Más concretamente errores puntuales como “bit flips”, cambios en un bit de “1” a “0” o viceversa. Veritasium, “The Universe is Hostile to Computers” [https://youtu.be/AaZ\\_RStoKP8](https://youtu.be/AaZ_RStoKP8)

—y por el “viento solar”— pero aún así esta radiación contribuye al fondo radiactivo natural que desde siempre produce mutaciones, contribuyendo probablemente a la selección natural. Al subir a un avión y volar a unos 10 km de altura, los niveles de radiación cósmica aumentan unas decenas de veces, lo que podría constituir un riesgo profesional para las tripulaciones. Finalmente, algunos km por encima de donde vuelan los aviones, los neutrones de los rayos cósmicos convierten una pequeña fracción de nitrógeno en carbono-14 radiactivo que puede usarse para datar muestras biológicas.<sup>12</sup>

Los rayos cósmicos que llegan a la Tierra son ya objeto de negocio; existen empresas<sup>13</sup> que usan detectores como los que se desarrollaron en investigación con el objeto de hacer “muongrafías” es, decir, mapas de densidad de un objeto similares a las radiografías —porque cuanto mayor es la densidad de un medio más parte del flujo constante de rayos cósmicos absorbe, lo mismo que sucede con los rayos X—. Se han usado estas técnicas para estudiar grandes estructuras, como pirámides —en las que se han encontrado cámaras desconocidas—, pero también cavernas, altos hornos, contenedores, etc.

Finalmente, los rayos cósmicos podrían estar relacionados con la formación de nubes,<sup>14</sup> por la posibilidad de que los iones que van creando las partículas a su paso por la atmósfera sirvan como núcleos de condensación en torno a los que crezcan las nubes y que este mecanismo tenga impacto en el clima global de la Tierra.

---

<sup>12</sup> Las plantas fijan carbono atmosférico que contiene una fracción de <sup>14</sup>C radiactivo. Cuando una planta o un animal mueren, ya no se repone este isótopo que se va desintegrando a un ritmo constante que sirve para medir el tiempo que ha pasado.

<sup>13</sup> <https://muon.systems/>

<sup>14</sup> Tal como estudia el experimento CLOUD del CERN: <https://home.cern/science/experiments/cloud>

## El detector de la exposición

El detector de rayos cósmicos de la exposición (Fig. 4) está compuesto por dieciséis detectores individuales, tubos Geiger, dispuestos en dos bandejas paralelas de ocho tubos cada una. El paso de una partícula por un tubo da lugar a un pulso de corriente eléctrica que puede registrarse y mostrarse mediante una luz, un sonido, etc.

Un tubo Geiger es una cámara llena de un gas inerte — como helio o argón— que tiene dos electrodos entre los que hay una diferencia de potencial de unos cientos de voltios. Los electrodos pueden ser la propia cámara (negativo) y un hilo que la atraviesa a lo largo (positivo), ambos metálicos.

Una partícula que atraviesa el tubo va “chocando” con los átomos del gas y al hacerlo puede ser capaz de ionizarlos, es decir, arrancarles electrones y transformarlos en iones positivos. Entonces, los iones positivos se moverán hacia el polo negativo y los electrones hacia el positivo, chocando con nuevos átomos y liberando más electrones, que cuando llegan al electrodo positivo dan lugar a un impulso de corriente eléctrica que se puede registrar, indicando el paso de una partícula por el tubo (Fig. 5).

En los detectores hay, además, un circuito electrónico encargado de tomar estos pulsos de corriente y transformarlos para que puedan ser registrados con su marca temporal en un ordenador.

Los tubos Geiger son capaces de registrar el paso de partículas cargadas —electrones, muones, partículas alfa, etc.— o fotones con suficiente energía para atravesar sus paredes e ionizar el gas.

Es importante saber que los tubos Geiger tienen, como todos los detectores, un tiempo muerto en el que no pueden producir la señal aunque pase una partícula, puesto

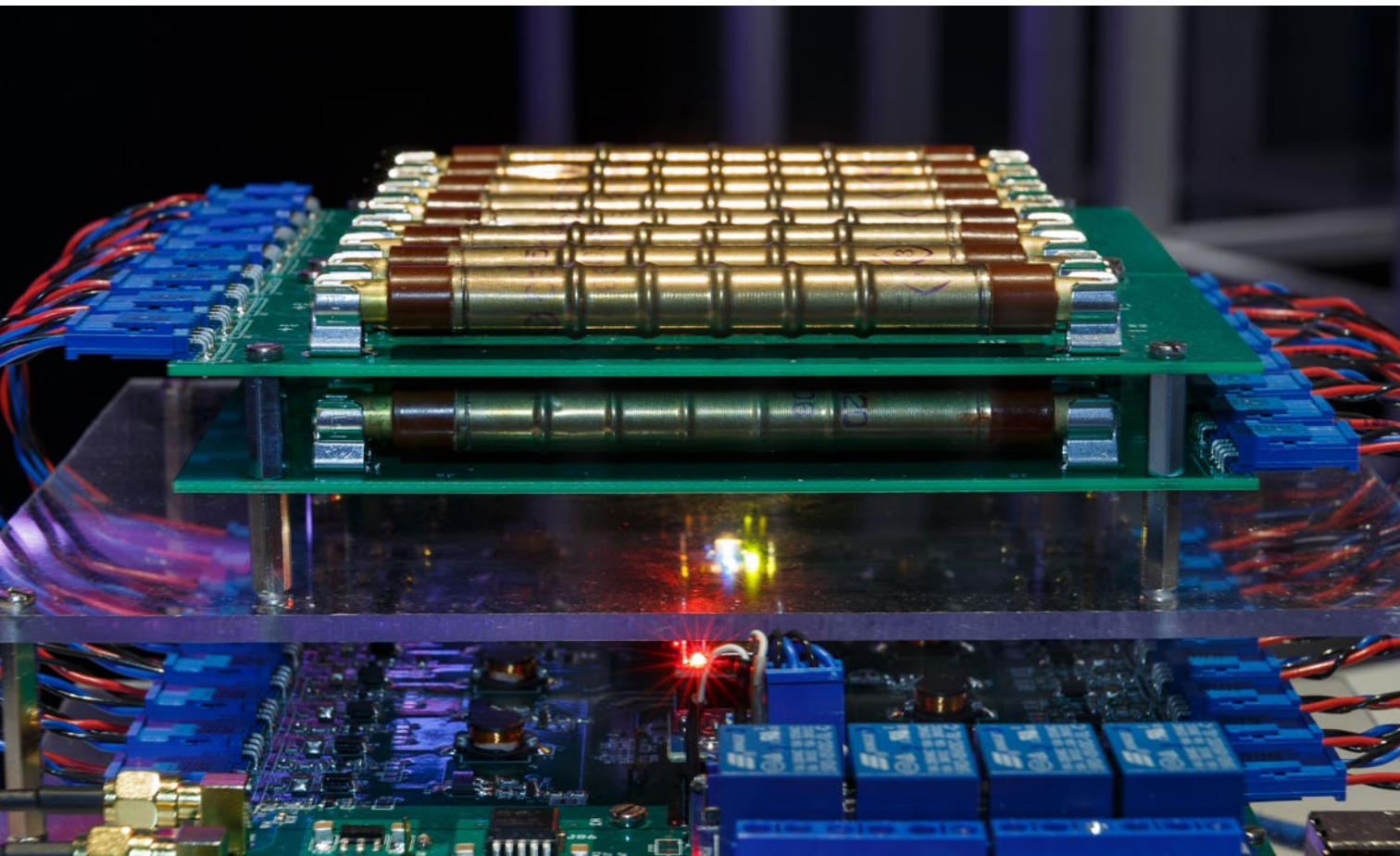


Fig. 4  
Imagen del detector de rayos cósmicos diseñado  
y construido para la exposición

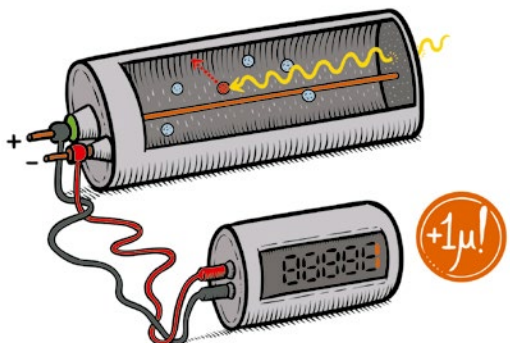


Fig. 5  
Representación del funcionamiento de un tubo Geiger. Imagen: Wearbeard

que tras una descarga en el gas, este necesita un tiempo para volver al estado inicial sensible. En nuestros tubos, este tiempo es del orden de 190 millonésimas de segundo (0,00019 s).<sup>15</sup> Lo mismo sucede con la electrónica que procesa y registra los pulsos. Si tratamos de medir sucesos que ocurren muy rápidamente, el detector se saturará y dará unas medidas muy poco ajustadas a la realidad. En nuestro caso, esto no es un problema serio.

Pero, ¿por qué dieciséis tubos? Nosotros estamos interesados en los rayos cósmicos, pero si tuviéramos un solo tubo, buena parte de las señales serían accidentales, debidas,

<sup>15</sup> Ver las características técnicas de los tubos utilizados en el detector de la exposición (modeloSBM20) en <http://www.gstube.com/data/2398/>. Como curiosidad, estos tubos son de origen militar, habiendo sido fabricados para detectores de radiactividad del ejército de la antigua Unión Soviética.

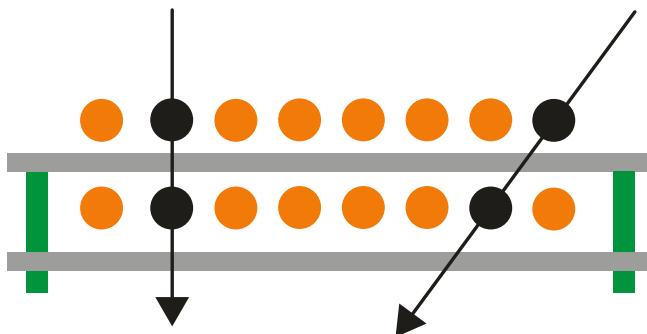


Fig. 6  
La pareja de tubos que se activa “simultáneamente” —en un intervalo muy corto predefinido según las características del detector— muestra la dirección de entrada de la partícula responsable de la activación

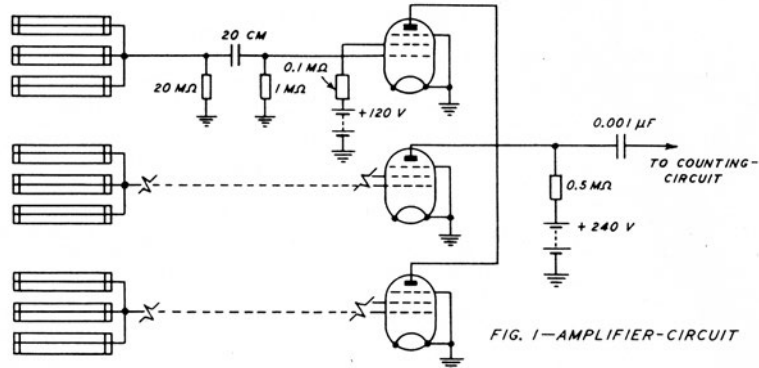
por ejemplo, al ruido de la electrónica o a la radiactividad ambiental de origen terrestre, que no nos interesa.

Para minimizar estas señales espurias, los tubos están montados en coincidencia, es decir, sólo si una pareja de tubos registra una señal en un intervalo muy corto de tiempo,<sup>16</sup> queda registrada esa señal con su marca temporal y la atribuimos a una partícula que ha atravesado el detector.

Por otra parte, pedir que una pareja de tubos “salten en

<sup>16</sup> Hay que tener en cuenta que las partículas que detectamos, en su mayoría muones, tienen energías típicas del orden de unos pocos GeV, lo que implica que van casi a la velocidad de la luz, cerca de 300 000 km/s. El tiempo que tardan en atravesar la distancia entre dos tubos adyacentes (1,6 cm) es despreciable en comparación con los tiempos de respuesta de los tubos Geiger y la electrónica.

Fig. 7  
 Figura 1 de Duperier (1944)



coincidencia” nos permite definir hasta cierto punto la dirección desde la que ha llegado la partícula de un cono: a lo largo de la recta que une los tubos (Fig. 6). Esto es muy importante para extraer información científica de los datos.

Finalmente, hemos utilizado bandejas de tubos para aumentar el área efectiva del detector y conseguir un ritmo de detecciones propio de un museo. Según la hoja de especificaciones de nuestros Geiger (ref. 15) cada uno tiene un área activa —el área del “blanco” que presentan a los rayos cósmicos— de unos 9 cm<sup>2</sup>. El flujo promedio de rayos cósmicos verticales en la superficie terrestre es del orden de uno por cm<sup>2</sup> y minuto.<sup>17</sup> Esto significa que, en condiciones ideales de eficiencia, un solo tubo registraría una coincidencia más o menos cada seis segundos. En el museo no sería raro tener que esperar más de 10 s para ver una coincidencia, un tiempo demasiado largo. Poniendo ocho parejas —que podemos considerar independientes—

la tasa *máxima* de coincidencias esperada sería del orden de una por segundo, lo que en la práctica nos da algo así como una coincidencia cada dos segundos, un valor mucho más apropiado para una exposición y que se ha visto confirmado por la experiencia de los ensayos previos.

Si vamos a uno de los artículos más destacados de Duperier<sup>18</sup> podremos ver que su “registrador de rayos cósmicos” tenía una estructura muy similar (Fig. 7), salvo que él empleaba tres bandejas de tubos y no dos, registrando únicamente las coincidencias triples. Esto reduce aún más la tasa de coincidencias accidentales, pero no supone una diferencia fundamental.

En cuanto a la electrónica del detector, baste señalar que contiene los elementos necesarios para generar la alta tensión que alimenta los tubos, convertir sus pulsos eléctricos analógicos en señales digitales y combinarlas en un circuito lógico para definir sus coincidencias. Estas últimas se registran en un ordenador (Raspberry Pi 3B) con

17 Ver sección 30.3 de Particle Data Group, Zyla, P., Barnett, R. M., Beringer, J., Dahl, O., Dwyer, D. A., ... & Pomarol, A. (2020). Review of particle physics. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2020(8), 083C01., disponible en <https://pdg.lbl.gov/2021/reviews/rpp2021-rev-cosmic-rays.pdf>

18 Duperier, A. (1944). A new cosmic-ray recorder and the air-absorption and decay of particles. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 49(1), 1-7.

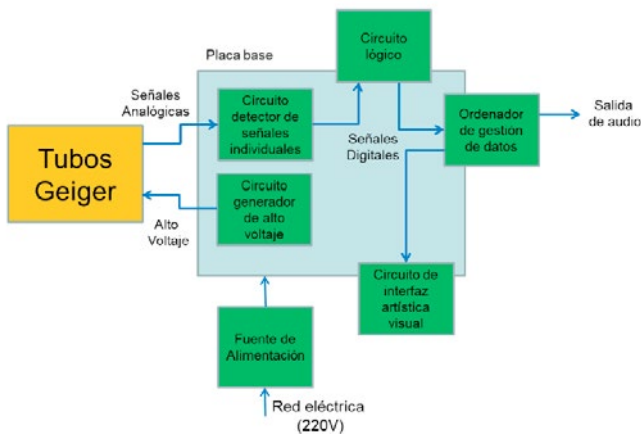


Fig. 8  
Esquema de la electrónica del detector

una marca temporal y la indicación de la pareja de tubos implicada. Adicionalmente, hay dos salidas para convertir las coincidencias en señales luminosas y de audio que se emplean en su representación sensorial para el público de la exposición (Fig. 8).

## Los datos del detector y su uso

Desde un principio se planteó la posibilidad de poner a disposición del público interesado (especialmente de los jóvenes estudiantes) los datos producidos por el detector

a través de la web:<sup>19</sup> <https://rayoscosmicos.muncyt.es/>  
Para cada coincidencia se da el ángulo correspondiente de llegada del muon —definido por la pareja de tubos que se activa— junto con su marca temporal.

No es este el lugar donde exponer en detalle lo que se puede hacer con los datos, pero sí conviene mencionar las posibilidades más inmediatas y destacadas: el estudio de la variación del flujo<sup>20</sup> de rayos cósmicos en el tiempo, su correlación con la presión atmosférica —que es el camino que llevó a Duperier a sus mejores resultados—, la separación temporal entre eventos consecutivos y, finalmente, la dependencia angular del flujo de rayos cósmicos.

El análisis de todas estas posibilidades resulta de interés, más aún, si se tiene en cuenta su faceta instrumental asociada que a menudo se ignora en la divulgación y la enseñanza de la física. A través de ellas se llegan a discutir las leyes del azar, la existencia de partículas con vida finita y la dilatación temporal de la relatividad especial. Se encontrará más información en otros recursos de esta exposición como el Cuaderno Experimenta *Rayos Cósmicos* (secciones 3, 4 y 6. Ver nota 4) y las preguntas frecuentes de <https://rayoscosmicos.muncyt.es>.

19 Como se hizo con el detector del Virtual Visitor Center del laboratorio SLAC (<https://web.archive.org/web/20080914075038/http://www2.slac.stanford.edu/vvc/cosmicrays/crdctour.html>) y se hace en la actualidad con el detector CosMO Mill del laboratorio DESY: [https://www.desy.de/school/school\\_lab/zeuthen\\_site/cosmic\\_particles/experiments/cosmo\\_mill/index\\_eng.html](https://www.desy.de/school/school_lab/zeuthen_site/cosmic_particles/experiments/cosmo_mill/index_eng.html). Ver también <https://icd.desy.de/e35439/>

20 No se trata en realidad del *flujo* —cantidad independiente de la geometría del detector— sino del número de coincidencias por unidad de tiempo, pero por simplicidad usaremos este término. Además, se hará la aproximación de considerar que todas las coincidencias se deben a los rayos cósmicos, lo que no está garantizado pues no se puede evitar la existencia de coincidencias accidentales.





VASILY KANDINSKY Y  
*THE CLOUD CHAMBER*  
(LA CÁMARA DE NIEBLA)

Una aproximación a la visualización  
de las partículas elementales  
desde las artes plásticas

Linarejos Moreno



A menudo he recontextualizado objetos de las colecciones de los Museos de Ciencia y Tecnología dentro del arte contemporáneo, atenta no solo a la transmisión de conocimiento científico, sino también a los sujetos y sistemas que lo producen y transmiten. En 2017 realicé en el espacio Tabacalera Promoción del Arte la instalación *Things a girl can do with electricy*, que ofrecía una relectura de género del libro de Alfred Powell Morgan *Things a boy can do with electricity* (1942). La muestra reproducía en las filas de lavabos de la antigua fábrica de tabaco, hoy convertida en centro de arte contemporáneo, el mecanismo de la pequeña batería de seis elementos de bicromato potásico (c. 1880-1910) perteneciente al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. La colaboración con el Museo desencadenó la invitación posterior para trabajar en la presente exposición sobre la figura del científico español Arturo Duperier, estableciendo un diálogo con el fascinante mundo de los rayos cósmicos.

Las primeras visualizaciones de trazas de rayos cósmicos en la cámara de niebla del museo y la toma de consciencia de saberme atravesada por una energía que podía provenir de un tiempo tan antiguo como el comienzo del universo me sobrecogieron. El mecanismo transmitía una comprensión del espacio y el tiempo sublime que se concretaba formalmente en algo tan mínimo como líneas y puntos apareciendo de forma rítmica sobre un plano. Y aunque mi papel como comisaria artística de la muestra se limitaba a proponer la selección de algunas imágenes, objetos y referencias que ayudaran a transmitir la trayectoria de Arturo Duperier y el difícil concepto de los rayos cósmicos no pude evitar lanzarme —viniendo de una trayectoria artística tejida en diálogo con la fotografía científica— a recorrer la paradójica historia de la fotografía de los invisibles rayos cósmicos.

Los rayos cósmicos se sabía que existían pero, como en tantas ocasiones ha ocurrido con los descubrimientos científicos, se perseguía su demostración través del registro

fotográfico. En el caso de estas partículas altamente energéticas esto era imposible, ya que sus longitudes de onda se sitúan fuera del reducido fragmento de la energía del universo que vemos o que creemos ver: el espectro visible. Hay que recordar que la única razón por la que percibimos la ilusión de la visión no es más que el hecho de que las longitudes de onda de la luz son capaces de excitar unas células que tenemos en los ojos que reaccionan con esas longitudes de onda y no con otras (Quesada y Cuasante, 2005).

Hubo que esperar a que el científico escocés C. T. R. Wilson (Premio Nobel de Física en 1927) pasara algún tiempo estudiando la formación de las nubes en el observatorio atmosférico de Ben Nevis, y que después emulara las condiciones de su formación en un aparato, para que pudiéramos ver al menos sus trazas: pequeñas nubes generadas al paso de estas partículas por una atmósfera de vapor concentrada como resultado de su ionización. Gracias a dicho aparato, que bautizó acertadamente con el nombre *The Cloud Chamber* (la cámara de niebla) Wilson consiguió el registro fotográfico de las primeras imágenes de trazas de partículas elementales de materia, publicándolas en la Royal Scottish Society en 1911 y 1912.

La capacidad seductora de las fotografías que Wilson realizó con su cámara de niebla no pasó desapercibida, aún en sus inicios. En la introducción de *Cloud Chamber Photographs of The Cosmic Radiation*, el profesor P. M. S. Blackett menciona que «el libro podía resultar definitivamente atractivo tanto para los físicos como para los no físicos, aunque fuera por la belleza de los patrones de las trazas de estas energéticas partículas elementales» (Rochester y Wilson, 1952). Murdo Macdonald —quien ha escrito extensamente sobre la inapropiada separación entre la estética y la ciencia— apunta en *Wilson Chamber Images: The Aesthetic of the Subatomic* (2015) las posibilidades de la belleza de algunas de sus placas más allá de su indudable valor científico. Esto le llevó incluso a realizar las gestiones pertinentes para que

la familia de C. T. R. Wilson donara las placas a la colección permanente de la Royal Scottish Academy of Art and Architecture (y no a la de Ciencias); recontextualizando así este material científico en un contexto artístico.

Entre punto y línea y línea y plano fui recorriendo las capturas realizadas gracias a los distintos avances tecnológicos que posibilitaron la visualización de rayos cósmicos, no sin cierta sensación de encontrarme frente a un enigma. Y es que confrontarme a estas imágenes provocaba, además del deleite por su belleza, un reincidente *déjà vu*, la sensación que, aunque su observación estaba ocurriendo en ese momento, ya hubiera tenido lugar en el pasado. Impregnada de esa sensación llegué finalmente a las tomas conseguidas con el aparato inventado por Donald Arthur Glaser por el que recibió el Premio Nobel de Física en 1952: la cámara de burbujas. Este aparato sustituía la visualización a través de trazas de vapor por la visualización a través de las burbujas formadas en un fluido calentado a una temperatura algo más baja que su temperatura de ebullición —generalmente hidrógeno líquido— que comenzaba a hervir al ser atravesado por una partícula cargada de energía, formando una línea de burbujas a lo largo de su trayectoria (Glaser, 1952).

La formalización de las trazas en este otro aparato era muy diferente a las anteriores, pues la cámara se somete a un campo magnético constante, haciendo que las partículas cargadas viajen en trayectorias helicoidales. Sin embargo, al igual que con las imágenes de la cámara de niebla de C. T. R. Wilson, la admiración de su belleza venía acompañada de la sensación de haberlas visto antes y, por tanto, era la primera vez que había entrado en contacto con ellas.

Tras un tiempo investigando, llegué a una fotografía de los años setenta que reflejaba un neutrino en la cámara de burbujas del laboratorio de aceleración de partículas Fermilab (fig. 1) en Chicago. ¡Mi sorpresa no pudo ser mayor! Efectivamente, ¡ya había visto esa imagen! Esta fotografía

era increíblemente similar, por no decir idéntica, que el cuadro *Transverse Line* (1923) de Vasili Kandinsky (fig. 2) que había visto años antes en Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen en Düsseldorf. El cuadro se presentaba como un dibujo coloreado de la fotografía del Fermilab.

Animada por el descubrimiento, me propuse realizar un proyecto artístico personal basado en la investigación de la supervivencia de las formas de las trazas observadas en las fotografías de rayos cósmicos en distintos periodos y contextos. La persistencia de las imágenes más allá del conocimiento lineal y disciplinario fue estudiada por el historiador y fundador de la biblioteca de estudios visuales Abby Warburg (1866-1929), quien la acuñó con el término *pathosformel*, y dedicó su *Atlas Mnemosyne* (1924-1929) a recopilar y articular más de dos mil imágenes bajo el hilo conductor de esta supervivencia (Cirlot, 2019).

Siguiendo la metodología *warburgiana*, cogí las fotos de la cámara de niebla de C. T. R. Wilson, y las coloqué sobre las imágenes de varios ejemplares del libro de Kandinsky *Punkt und Linie zu Fläche* (1926). Los puntos y las líneas que producían las trazas de esas partículas elementales se superponían como auténticos calcos de los dibujos de Kandinsky o viceversa. También encajaban perfectamente las imágenes de la cámara de burbujas sobre las ilustraciones más complejas de su libro que correspondían a los esquemas de sus cuadros, tal era el caso de la ilustración que representa la estructura lineal del cuadro *Pequeño sueño en rojo* (1925) (Kandinsky, 1996, p. 157).

Después, coloqué los libros en una viga de hierro y con un hilo —expresión escultórica de la línea— y un dibujo a carboncillo los conecté físicamente en el espacio a la fotografía de la imagen del neutrino en la cámara de burbujas del laboratorio Fermilab (1970), que había dado origen a la investigación. La impresión fotográfica había sido realizada en una gran arpillera (300 × 150 cm) preparada pictóricamente, durante meses, con distintas

capas de blanco para conseguir la misma vibración pictórica que Kandinsky atribuía a sus obras. El conjunto dio lugar a la primera obra de la instalación *The Cloud Chamber: On Cosmic Rays, Abstraction and Invisibility* (2017) (fig. 3)

Acompañé esta pieza de otra impresión sobre arpillera de la fotografía de una colisión entre un kaón y un protón en la cámara de burbujas del CERN, realizada por el profesor de la universidad de Birmingham Goronwy Tudor Jones hacia 1970, cuyos complejos dibujos reminiscentes de las imágenes de Kandinsky científicamente eran el producto de:

kaones pasando de abajo arriba —en la cámara de burbujas de dos metros de hidrógeno del CERN— cuando uno de los kaones (abajo) colisiona con un núcleo de hidrógeno (protón) provocando que las partículas cargadas, una de ellas un ion positivo haga un bucle hacia la izquierda antes de parar. Después decae en un muón y viaja una corta distancia antes de decaer en un antiletrón o positrón, haciendo este unas cuantas espirales hasta alcanzar la esquina de la izquierda. (Jones, s. f.)

El descubrimiento de la extraordinaria coincidencia formal de las fotografías científicas y los cuadros del pintor vino acompañado de una coincidencia temporal. A pesar de que C. T. R. Wilson comenzó a realizar experimentos en su primitiva *Cloud Chamber* a partir de 1896, no fotografió las huellas de partículas individuales alpha, beta y electrones hasta comienzos de 1911, describiendo estos últimos como pequeños mechones e hilos de nubes.

Justo en esa época Kandinsky asistió junto a los artistas Gabriele Münter, Alexei Jawlensky, Franz Marc y Marianne Werefkin al concierto de año nuevo del compositor Arnold Schönberg en Múnich, donde escucharon *Cuarteto para cuerda n.º 2, Op. 10* (1907-1908) y *Tres piezas para piano, Op. 11* (1909) (Simms, 2000, p. 114). En dicho encuentro tanto Kandinsky como Franz Marc quedaron impresionados por la estructura atonal y alógica revolucionaria de la música del compositor (Boehmer, 1997, p. 285).

En las pinturas de Kandinsky ya había habido un paulatino abandono de la representación figurativa, pero el descubrimiento de la obra del compositor animó a Kandinsky a desprenderse definitivamente de la figuración que todavía se intuía en el cuadro *Impresión III* (1911), que pintó del propio concierto. Es decir, las primeras imágenes de rayos cósmicos se produjeron de manera simultánea al descubrimiento de Kandinsky de la música atonal y su lanzamiento definitivo al camino de la representación no figurativa.

También a finales de ese mismo año (1911) vieron la luz *Harmonielehre* (*Teoría de la armonía*) de Schönberg (1911) y *Über das Geistige in der Kunst* (*De lo espiritual en el arte*) de Kandinsky (1911), una fecha clave para el desarrollo teórico de ambos artistas (Álvarez Muñoz, 2010, p. 4). Cuando en 1926 se publicó el segundo libro de Kandinsky —*Punkt und Linie zu Fläche* (*Punto y línea sobre el plano*)— los artículos de C. T. R. Wilson ya habían sido ampliamente difundidos, provocando que la cámara de niebla empezase a ser utilizada por físicos en distintas partes del mundo. Entre ellos por P. M. S. Blackett en Inglaterra —Premio Nobel de Física en 1948—, con quien trabajó durante algún tiempo el científico español Arturo Duperier, objeto de la presente exposición.

El video *On Cosmic Rays, Atonal Music, Abstraction and Invisibility* (2017) (fig. 4 y 5) celebra la convergencia temporal del comienzo de la música atonal, la abstracción pictórica y las primeras imágenes de trazas de rayos cósmicos. La obra fue realizada mediante el montaje de la pieza musical *Opus 11* de Arnold Schönberg sobre un video cenital en *loop* de la cámara de niebla del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología que fue grabado el 11 de diciembre del 2017.

Cuatro impresiones más sobre arpilleras pictóricas de gran formato completaban la instalación: dos de ellas con imágenes de partículas en la cámara de C. T. R. Wilson (1911-1913) —impresas gracias a la cortesía de The Royal

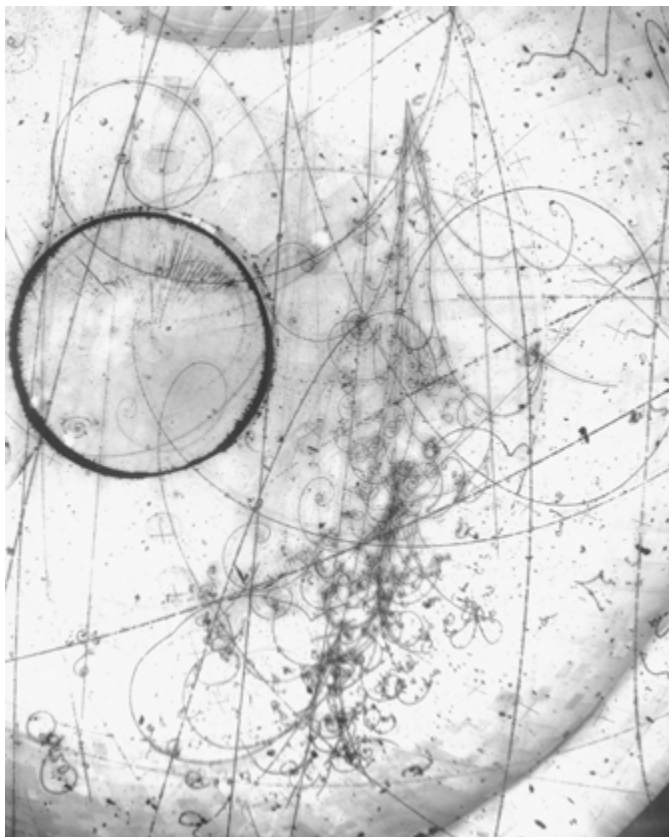


Fig. 1  
Neutrino event,  
© Fermilab, 1970



Fig. 2  
Kandinsky, *Transverse Line*, 1923  
© 2022. Photo Scala, Florence/  
bpk, Bildagentur für Kunst, Kultur  
und Geschichte, Berlin



Fig. 3

© Linarejos Moreno, *On Cosmic Rays, Abstraction and Invisibility*, 2017 en The Transart Foundation for Art and Anthropology in Houston. Octubre de 2018



Fig. 4

Vídeo de © Linarejos Moreno *On Cosmic Rays, Atonal Music, Abstraction and Invisibility*, 2017.  
Instalación en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Junio 2022



Fig. 5  
Detalle del vídeo © Linarejos Moreno *On Cosmic Rays*,  
*Atonal Music, Abstraction and Invisibility*, 2017



Fig. 6

© Linarejos Moreno, *The Cloud Chamber project*  
en el Centro de Arte Alcobendas. Enero de 2018





Fig. 7

*The Cloud Chamber project*, en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Alcobendas. 2022



Fig. 8

*The Cloud Chamber project*, en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Alcobendas. 2022

Scottish Academy of Art & Architecture Collections (donde se encuentran en depósito) y Sandy Wood— y las otras dos con fotografías de la cámara de niebla del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología que fueron tomadas al mismo tiempo que el vídeo.

La instalación artística *The Cloud Chamber*, que agrupa todas las piezas, fue producida y expuesta en enero del 2018 en el Centro de Arte de Alcobendas (fig. 6) gracias a una de sus ayudas a la producción y, más tarde, en The Transart Foundation for Art and Anthropology in Houston, hasta finalmente, ser incluida en la presente exposición sobre la *In/visibilidad de Arturo Duprier y los rayos cósmicos* (fig.7 y 8).

¿Por qué esta coincidencia y similitud? En el libro *Punkt und Linie zu Fläche*, Kandinsky deja constancia de su interés por las formas que adoptan el punto y la línea en las imágenes técnico-científicas, aunque sitúa estas formalizaciones fuera del ámbito artístico, ya que considera que arte puro no debe responder a ninguna utilidad práctica a diferencia del funcionalismo que debe tener la técnica. Incluso muestra imágenes vinculadas con el desarrollo de la meteorología y la electricidad: un gráfico de rectificación de una curva eléctrica, una torre de radiotransmisión, un bosque de mástiles eléctricos y el trazo lineal de un relámpago (Kandinsky, 1996a, pp. 91-97). Esta aproximación no es extraña, ya que las imágenes relacionadas con la ciencia y tecnología —sobre todo en su vinculación con el desarrollo industrial— tuvieron una gran importancia en la Bauhaus, donde fue profesor de 1922 a 1933, periodo en el que escribió el libro y donde entró en contacto con otros movimientos muy populares fuertemente influidos por la cultura material científica como el suprematismo y el constructivismo ruso. No sería la primera vez que Kandinsky estuvo en contacto con movimientos influidos por este imaginario.

Kandinsky perteneció, junto a Mijaíl Larionov, creador del rayonismo, al *Blue Rider*, conociendo de primera mano las teorías del artista. En el manifiesto rayonista se expone que

se basa en la representación —no en la abstracción— de la «irradiación de la luz reflejada, la teoría de la irradiación, los rayos radioactivos y los rayos ultravioletas» (Larionov, 2009). El movimiento, aunque de corta duración, tuvo una gran influencia Vladimir Evgráfovich Tatlin, padre del constructivismo, llegó incluso a decir que todos ellos, incluido Kandinsky, eran hijos de Larionov. Además, Kandinsky en su capítulo sobre el *Blue Rider* explica cómo su intención para el segundo libro del grupo era basarlo «en la yuxtaposición de arte y ciencia: su origen y su evolución en el modo de trabajo y su finalidad..., pero entonces arrasó la guerra y arrasó estos modestos planes» (Kandinsky, 2002, p. 126).

Kandinsky (1866-1944) no menciona en sus escritos la cámara de niebla de su coetáneo C. T. R. Wilson ni las trazas en ella visualizadas (las líneas), pero los intereses de sus colegas y las revistas científicas que debió consultar para extraer las imágenes de sus libros hacen difícil pensar que no estuviera informado del camino emprendido hacia la visualización de la física de partículas desde que Thomson descubriera la primera subatómica: el electrón en 1897 (el punto).

Linda Dalrymple en su ensayo *Marcel Duchamp's The King and Queen Surrounded by Swift Nudes and the Invisible World of Electrons*, remarca cómo alrededor del 1912 artistas como Marcel Duchamp, pero no exclusivamente, abandonaron la fascinación de la velocidad maquinista —de los futuristas— para dejarse encantar por una velocidad mayor e invisible: la del electrón. Así, la trasmisión simbólica de partículas parece estar presente en la emblemática obra *The Grand Verre* (1915-1923), cuyo gas de la parte superior del vidrio podría resultar reminiscente la de las trazas de nubes observadas en una cámara de niebla. (Moreno, 2019)

Esta atención a la relación de las vanguardias con los descubrimientos científicos de la época abre la posibilidad de una lectura de las obras de Kandinsky como representación del mundo invisible de las partículas subatómicas y su energía; eso sí, dramatizándola a través

de los escritos del propio autor. En *De lo espiritual en el arte*, Kandinsky (1911) se afana en analizar los sentimientos que se desprenden de cada punto y la dirección de cada línea de sus ilustraciones. También se preocupa por describirlos como la consecuencia emocional de la representación de otras ondas energéticas que —como los rayos cósmicos— se encuentran fuera del espectro de lo visible: el sonido.

Quizás fuera esa la clave del éxito y permanencia de su obra, respecto a la de Larionov, como también quizás fue la clave de la repercusión de los impresionistas respecto a su contemporáneo Seurat, creador del cromoluminarismo: reconocer que, más allá del conocimiento del mundo natural que podamos llegar a tener, nuestros saberes se ven impregnados de subjetividad, de deleite ante la belleza, pero también de sufrimiento —a veces en condiciones extremas como una guerra, la marginalización, el exilio, o las pandemias—, que nuestra percepción del mundo se encuentra atravesada por múltiples capas y que, por tanto,

solo podemos formular a través de su tamiz, aquello que en teorías decoloniales se ha llamado «el lugar de enunciación» (Mignolo, 1999, pp. 235-245). Este considera que el conocimiento que construimos se encuentra mediado por el lugar desde el que hablamos, y desde el ámbito de las ciencias duras se ha temido su reconocimiento por la asunción de la alteridad en la producción del conocimiento científico.

Sin embargo, reconocer la imposibilidad de la objetividad —Lorraine Daston y Peter Galison en su libro *Objectivity* (2010) enuncian que lo que conocemos como objetividad no es más que un periodo de reproductividad mecánica fruto de la revolución industrial— es ser capaces de analizar las posiciones desde donde se construye el conocimiento y, por tanto, recuperar agencia para evitar la exclusión de sujetos en su transmisión y contribuir así a la construcción de sociedades más justas, y es donde el arte se vuelve fundamental por su libertad para observar, producir y activar pensamiento crítico.

#### REFERENCIAS

- Álvarez Muñoz, D. (2010). *Kandinsky & Schönberg. Reflexiones en torno a una carta*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Boehmer, K. (1997). *Schoenberg and Kandinsky: an historic encounter*. Taylor & Francis.
- Cirlot, V. (2019). Las fórmulas del pathos y su supervivencia. *Comparative Cinema*, 7 (12), 139-149.
- Daston, L. y Galison, P. (2021). *Objectivity*. Zone Books.
- Glaser, D. A. (1952). Some effects of ionizing radiation on the formation of bubbles in liquids. *American Physical Society*, 87(4), 665.
- Fernández Quesada, B., Cuasante, J. M. y Cuevas Riaño, M. M. (2005). *Introducción al color*. Akal.
- Jones, G. T. (s. f.). *Kaon-proton collision*. Science Photo Library. [www.sciencephoto.com/media/105962/view](http://www.sciencephoto.com/media/105962/view)
- Larionov, M. (2009). *Manifiestos*. Maldoror.
- McDonald, M. (2015). *Wilson chamber images: the aesthetic of the subatomic*. HICA. <https://www.h-i-c-a.org/ctr-wilson--murdo-macdonald.html>
- Mignolo, Walter D. (1999) 'I Am Where I Think: Epistemology and the Colonial Difference', *Journal of Latin American Cultural Studies* 8(2).
- Moreno, M. L. (2019). Máquinas inútiles. Prácticas artísticas contemporáneas y tecnologías no-productivas. Resistiendo a la reificación. En J. Larrañaga, J. E. Mateo, J. Munárriz, D. Villegas (eds.), *Arte y Tectoesfera* (pp. 185-201). Brumaria.
- Powell Morgan, A. (1942). *Things a boy can do with electricity*. Charles Scribner's Sons. Rochester, P. M. S. y Wilson, J. G. (1952). *Cloud chamber photographs of the cosmic radiation*. Pergamon Press.
- Simms, B. R. (2000). *The atonal music of Arnold Schoenberg 1908–1923*. Oxford University Press.
- Kandinsky, V. (1996a). *Punto y línea sobre el plano. Contribución al análisis de los elementos pictóricos*. Espasa. (Trabajo original publicado en 1926)
- Kandinsky, V. (1996b). *De lo espiritual en el arte*. Paidós. (Trabajo original publicado en 1912)
- Kandinsky, V. (2002). *Escritos sobre arte y artistas*. Síntesis. (Trabajo original publicado en 1955)
- Wilson, C. T. R. (1911). On a method of making visible the paths of ionising particles through a gas. *The Royal Society*, 85(578), 285-288. <https://doi.org/10.1098/rspa.1911.0041>
- Wilson, C. T. R. (1912). On an expansion apparatus for making visible the tracks of ionising particles in gases and some results obtained by its use. *The Royal Society*, 87 (595), 277-292. [10.1098/rspa.1912.0081](https://doi.org/10.1098/rspa.1912.0081)
- Wilson, C. T. R. (1927). *On the cloud method of making visible ions and the tracks of ionizing particles* [lectura de aceptación del Premio Nobel]. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1927/wilson/lecture>





# ARTURO DUPERIER: DEL MAGNETISMO A LOS RAYOS CÓSMICOS

José Manuel Sánchez Ron



Cuando Arturo Duperier Vallesa (1896-1959) murió, el físico inglés Patrick Blackett, Premio Nobel de Física en 1948, escribió en *Nature*:<sup>1</sup>

“El Prof. Arturo Duperier [...] se distinguió por sus investigaciones pioneras en la variación de la intensidad de los rayos cósmicos con el tiempo y con las condiciones meteorológicas [...] Fue capaz de demostrar cuantitativamente cómo la dependencia observada de la intensidad de los rayos cósmicos con la temperatura podía deberse a la desintegración de los muones en la atmósfera. Analizando cuidadosamente los datos meteorológicos, obtenidos mediante observaciones con radiosondas, Duperier consiguió situar la altura media de producción de los muones en unos 16 kilómetros. [...] Su trabajo exigió analizar meticulosamente una gran cantidad de datos numéricos, tarea en la que Duperier era un gran experto”.

Blackett se refería aquí a las investigaciones que Duperier realizó en el campo de los rayos cósmicos, pero la biografía científica de este abulense no se puede reducir a esta especialidad.

## Duperier, Blas Cabrera, la Junta para Ampliación de Estudios y el magnetismo

Arturo Duperier nació en un pueblo de la provincia de Ávila, Pedro Bernardo, donde su padre, el farmacéutico Adolfo Duperier Pérez, regía una botica; su madre, Eugenia Vallesa Vela, era maestra y ejercía en Pedro Bernardo.<sup>2</sup> El menor de los tres hijos del matrimonio — los otros dos eran Purificación y Augusto, que murieron jóvenes—, Arturo estudió en Madrid —a donde se

trasladó la familia— los años 1906-1908, y luego en el Instituto de Ávila, tras otro traslado familiar. Los estudios universitarios de Ciencias Físicas los cursó en la Universidad de Madrid a partir de octubre de 1913. Una vez terminados sus estudios, tuvo como director para su tesis doctoral a Blas Cabrera (1878-1945), el físico español más importante de entonces.<sup>3</sup> Sus investigaciones las llevó a cabo en el Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), con el que estuvo asociado desde 1917 y que dirigía el propio Cabrera. No sorprendentemente, su tesis estuvo dedicada al magnetismo, la especialidad de Cabrera: *Estudio termomagnético del agua y de algunas disoluciones en sales paramagnéticas* (1924). El mismo año en que presentó su tesis, Duperier publicó el primero de los artículos que escribió junto a Cabrera: “Variación de la constante diamagnética del agua con la temperatura”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 22, 160-167 (1924). A este siguió pronto, también formado por ambos, “La variation thermique du magnetisme de l’eau et de quelques solutions paramagnétiques”, publicado en el *Journal du Physique et Le Radium* 6, 121-138 (1925).

En la Memoria de la JAE correspondiente a 1924-25 y 1925-26, en la que se resumía el programa de investigación de Cabrera y su difusión internacional, se destacaba la participación de Duperier:

“El grupo de las tierras raras, tan interesante desde el punto de vista de la determinación absoluta de la constante magnética de los elementos que lo integran y de su variación con la temperatura, ha sido estudiado con detalle por B. Cabrera y A. Duperier, llegando a definir resultados que, en parte publicados ya, ofrecen grandísimo interés. [...] En colaboración con el señor Duperier, el señor Cabrera terminó el estudio de los halogenuros anhidros y los sulfatos de níquel y de cobalto, preparados en condiciones especiales con este objeto en el Laboratorio del profesor K. Fajans, de la Universidad

1 Patrick Blackett, “Prof. Arturo Duperier”, *Nature* 183, 1015-1016 (1959).

2 Francisco González de Posada y Luis Bru Villaseca, quien conoció a Duperier, publicaron una bastante completa biografía de Duperier: *Arturo Duperier: mártir y mito de la ciencia española* (Diputación Provincial de Ávila-Institución Gran Duque de Alba, Ávila 1996). Yo he procurado hacer hincapié en aspectos menos o no tratados, en esta referencia. Únicamente, por ejemplo, he recurrido, mencionándolo, a unos pocos documentos que utilizan.

3 Sobre Cabrera, ver José Manuel Sánchez Ron, *Blas Cabrera, científico español y universal* (Editorial Catarata, Madrid 2021). Allí trato con más detalle la relación científica de Duperier con Cabrera.

de Múnich. La confirmación completa de la ley de Curie-Weiss, que es consecuencia inmediata de este estudio, lo propio que del grupo de las tierras raras, contribuirá de modo eficaz a desentrañar el problema, del mecanismo molecular”.

Además de las colaboraciones que daban origen a artículos firmados por ambos, Duperier ayudaba a Cabrera en sus propias investigaciones. Un buen ejemplo en este sentido es lo que el físico canario decía en uno de sus artículos importantes, en el que trataba de la ley de Curie-Weiss:<sup>4</sup>

“Es bien conocido que P. Curie ha sido el primero en formular la ley:  $\chi \cdot T = C$ , en la cual ha resumido el conjunto de sus experimentos sobre los cuerpos paramagnéticos. En esta fórmula,  $\chi$  representa la susceptibilidad medida en una masa determinada de un cuerpo paramagnético, T expresa la temperatura absoluta, y C es una constante, ella también proporcional a la masa. Adoptando para esta el peso atómico, se tendrá, en consecuencia, la susceptibilidad y la constante de Curie atómicas.

Sin embargo, los experimentos posteriores a los de P. Curie han mostrado que esta ley no sirve para todos los cuerpos y que, para la mayor parte de ellos, es preciso añadir a la temperatura absoluta una constante. La nueva ley, denominada de ‘Curie-Weiss’:  $\chi \cdot (T + \Delta) = C$ , ha sido encontrada por P. Weiss en el caso de los cuerpos ferromagnéticos por encima del punto de Curie,  $\theta$ ; este autor ha demostrado que  $\Delta = -\theta$ . A continuación, Kamerlingh Onnes y sus colaboradores han demostrado que esta última ley sirve igualmente para los cuerpos paramagnéticos ordinarios, generalización bien verificada en la actualidad por todos los físicos que se ocupan de esta cuestión”.

La participación de Duperier en este trabajo se manifestaba en unas gráficas que reproducían experimentos realizados por, señalaba Cabrera, “mi colaborador el Sr. Duperier, que constituyen, en mi opinión, una buena confirmación de la ley de Curie-Weiss” —añadía, no obstante, que dicha ley no debía “considerarse más que una primera aproximación, ya que a bajas temperaturas se producen desviaciones bastante significativas, que han sido consideradas por

Kamerlingh Onnes como *anomalías criomagnéticas*” —.

Aquel mismo año, 1927, Cabrera y Duperier firmaban otro artículo conjunto: “Sur le paramagnétisme des familles du palladium et du platine”, *Comptes rendus de l’Académie des Sciences* 185, 414-416 (1927).

En 1929, y al igual que había sucedido con otros miembros del Laboratorio de Investigaciones Físicas, Duperier se benefició de las pensiones que ofrecía la JAE: estuvo pensionado en Estrasburgo para, como se lee en un documento que él mismo presentó a la Junta, “comparar los métodos seguidos en el Laboratorio de Investigaciones Físicas en las investigaciones sobre las propiedades magnéticas de la materia con los de otros laboratorios europeos y muy especialmente con los que se siguen en el Instituto de Física de la Universidad de Estrasburgo”. En el Instituto de Magnetismo de Estrasburgo, dirigido por Pierre Weiss, al que Cabrera estaba estrechamente ligado, pasó tres meses.

Su estancia en Estrasburgo coincidió con la publicación de un nuevo artículo conjunto: “Sur les propriétés paramagnétiques des terres rares”, publicado en *Comptes rendus de l’Académie des Sciences Paris* 188, 1640-1642 (1929).<sup>5</sup> Este trabajo era particularmente interesante: en él presentaban una corrección a la ley de Curie-Weiss. Cuando se representaba  $1/\chi$  en función de la temperatura T, la ecuación de Curie-Weiss daba una línea recta, pero los datos experimentales obtenidos por Cabrera y Duperier en algunos compuestos de tierras raras débilmente magnéticas mostraban que para temperaturas elevadas esa recta se curvaba. Consiguientemente en su artículo escribían: “Todas las sustancias magnéticas satisfacen en primera aproximación la ley de Curie-Weiss,  $\chi \cdot (T + \Delta) = C$ ”, pero a continuación añadían que “en un

4 Blas Cabrera, “La théorie du paramagnétisme”, *Le Journal de Physique et le Radium* 8, 257-258 (1927).

5 También se publicó una versión al castellano: Blas Cabrera y Arturo Duperier, “Acercas de las propiedades magnéticas de las tierras raras”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 27, 671-682 (1929).





Fig. 1

Doña Eugenia Vallesa, maestra de escuela en Pedro Bernardo (Ávila). Primeras décadas del siglo XX. Archivo de la familia de Arturo Duperier



Fig. 2

Arturo Duperier, de joven.  
Archivo de la familia de Arturo Duperier

segundo grupo de sustancias la variación de  $1/\chi$  en función de  $T$  es ciertamente curvilínea. Es el caso de los sulfatos y de los óxidos de Nd, Sm, Eu. Se pueden representar los datos experimentales por medio de la ecuación  $(\chi+k)\cdot(T+\Delta) = C$ , siendo  $k$  constante con la temperatura”.

Según Salvador Velayos, quien más tarde profundizó en las medidas de Cabrera y Duperier, esta expresión es “conocida como ‘ecuación de Cabrera’, o también ‘ecuación de Weiss-Cabrera’”.<sup>6</sup> No obstante, acaso también podría haberse denominado “de Curie-Weiss-Cabrera-Duperier”. Generalizada, esta ley fue utilizada ampliamente a lo largo de varios años, aunque con algunas modificaciones, generando un amplio campo de lo que se podría denominar como magnetismo “descriptivo”.

Todavía firmarían Cabrera y Duperier tres artículos más, pero estos ya fueron menos importantes.<sup>7</sup>

## Duperier y la física atmosférica

Además de los trabajos que escribió con Cabrera —a los que hay que añadir uno en solitario (“Estudio termométrico de algunas disoluciones”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 22, 383-397 [1924])—, a partir de 1927 Duperier comenzó a publicar algunos trabajos que versaban sobre la física atmosférica. El origen de su interés en este tema tuvo que ver con encontrar un trabajo: no había ningún puesto pagado en el Laboratorio de Investigaciones Físicas y por consiguiente solicitó, como muchos otros físicos

españoles de entonces y posteriores, uno de meteorólogo en el Instituto Central Meteorológico, creado en 1887 y que desempeñó las funciones de Servicio Meteorológico Español.<sup>8</sup> Se presentó a unas oposiciones que se convocaron en 1920 para “auxiliar de meteorología”. Celebradas éstas, consiguió el número 1 siéndole expedido por el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes el título de “Auxiliar de Meteorología, Oficial tercero de Administración” el 28 de abril de 1921, al que siguió la toma de posesión el 7 de marzo. En su biografía de Duperier, González de Posada y Bru Villaseca señalaron que en su expediente consta que el 15 de noviembre de 1928 quedó adscrito al Ministerio de Trabajo y Previsión “como todo el personal del Instituto Geográfico y Catastral”, y que el 21 de enero de 1929 ascendió de escala siendo nombrado “Meteorólogo de entrada, Oficial primero de Administración”. Su puesto de trabajo se encontraba en el Observatorio Meteorológico del parque del Retiro madrileño. Poco antes de este ascenso, el 3 de diciembre de 1928, con efectos del 1 de octubre anterior, Duperier había sido nombrado “Auxiliar temporal de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central”, afecto a la cátedra de Cabrera, la de Electricidad y Magnetismo. Y es que, como se ha visto, Duperier continuaba colaborando con Cabrera en el campo del magnetismo. No obstante, también se inició en algunas investigaciones relacionadas con la física atmosférica. Sus primeros trabajos en este campo —básicamente teóricos sobre las condiciones termodinámicas de la atmósfera— aparecieron en 1927 en los Anales de la Sociedad Española de Meteorología, organización que se fundó ese mismo año con sede en la Oficina Central Meteorológica.<sup>9</sup> “Concepto de la temperatura en la materia y en la radiación” (tomo

6 Salvador Velayos, “Contribución de D. Blas Cabrera al desarrollo del diamagnetismo y del paramagnetismo de la materia”, en *En el centenario de Blas Cabrera* (Universidad Internacional de Canarias “Pérez Galdós” 1978), pp. 21-58; cita en p. 45.

7 “Estudio termomagnético de algunos compuestos anhídros de Co y Ni”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 29, 5-14 (1931); “Magnetismo de algunos cloruros de la familia del platino”, *Boletín Real Academia de Ciencias* 2º, 9, 1-5 (1936); “Further results on the magnetism of chlorides of the palladium and platinum triads of elements”, *Proceedings of the Physical Society* 51, 845-858 (1939).

8 Aitor Andauga Egaña se ha ocupado de la historia de la meteorología y geofísica, incluyendo menciones a la actividad de Duperier, en *Geofísica, economía y sociedad en la España contemporánea* (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 2009); ver también Agustín Udías, *Arturo Duperier. Los comienzos de la Geofísica en la Universidad Española* (Amigos de la Cultura Científica, Santander 1983).

9 Esta publicación, trimestral, tuvo una vida breve: desde enero-febrero de 1927 hasta julio-agosto de 1929.

1, n.º. 1, pp. 24-28) y “Estudio termodinámico de la condensación por convección” (tomo 1, n.º. 3, pp. 1-8). Dos años después aparecía otro artículo: “Núcleos de condensación en la atmósfera” (tomo 3, p. 87).

Entrado ya en el campo de la física atmosférica, Duperier solicitó a la JAE una nueva pensión para profundizar en él, aprovechando al mismo tiempo sus conocimientos de magnetismo. En su solicitud, que presentó a la JAE el 23 de febrero de 1931, escribía:

“Que deseando llevar sus estudios de magnetismo hasta entrar en posesión de los métodos y procedimientos seguidos modernamente en la investigación de las propiedades del campo magnético terrestre, como asimismo iniciarse en el análisis experimental de las perturbaciones electromagnéticas que constituyen, sin duda, los hoy llamados ‘parásitos atmosféricos’ en su doble relación con la estructura de la atmósfera y la propagación de las ondas hertzianas en el espacio, investigaciones cuya importancia es hoy reconocida por todo el mundo científico y de las que la última no fue aún emprendida en España; habida cuenta, además, de la relación de trabajos personales que acompañan a esta solicitud, y de que el que suscribe tiene demostrada su preocupación por los estudios que constituyen el segundo punto de su pretendida investigación en la conferencia con que fue honrado ante la Sociedad Española de Meteorología, exponiendo en el mes de Julio 1930 el estado entonces actual del referido fenómeno,

Suplica se digné pensionarle durante seis meses a partir del mes de Junio próximo para realizar estudios e investigaciones en los laboratorios correspondientes de París, Estrasburgo (Francia) y Zúrich (Suiza) y dejando la cuantía económica de la pensión a la consideración de V. E.”

La pensión le fue concedida. Primero pasó tres meses en el Instituto de Física de Estrasburgo, y después siete meses repartidos entre el Instituto de Física del Globo de París, de nuevo Estrasburgo y en la sección de Meteorología de la Escuela Federal Politécnica (ETH) de Zúrich. Sabemos algo de lo que hizo en París a través de un artículo que publicó en 1932 en los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* (tomo 30, pp. 751-758), titulado “Sobre

las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre”. El artículo iba firmado desde el Institut de Physique du Globe de París, y en los agradecimientos se lee: “Constituye para nosotros una satisfacción hacer constar aquí nuestro profundo agradecimiento al Profesor Monsieur Maurain, Director del Institut de Physique du Globe de París, por las facilidades que de todo género allí se nos dieron y bajo cuya tutela pudo llevarse a cabo este trabajo. Nuestro reconocimiento igualmente a sus colaboradores”.<sup>10</sup> En cuanto a lo que pretendía el trabajo, queda claro en los primeros párrafos:

“1. Es bien sabido que, a un lado y otro del valor medio que determina su variación diurna, el campo eléctrico en un punto del aire próximo al suelo sufre perturbaciones incesantes que vienen siendo consideradas como variaciones arbitrarias sin conexión con fenómeno alguno general y provocadas por desplazamientos irregulares de cargas libres o arrastradas con el polvo, que bien por influencia electrostática o por alterar la conductibilidad del medio modifican el campo de manera más o menos arbitraria, según las condiciones de emplazamiento de la estación de observación y de los fenómenos meteorológicos que la influyen. Estas perturbaciones no serían las mismas en el mismo instante para los distintos puntos del aire, al menos cuantitativamente, y sin conexión con fenómeno alguno general, como antes decimos.

Nosotros nos hemos propuesto su estudio detenido, objeto de la presente memoria.

2. Para ello, es evidente, el método directo consiste en determinar el campo simultáneamente en diversos puntos de la atmósfera libre, y nosotros, a este fin, hemos utilizado el registro potencial que se hace permanentemente en la estación eléctrica del ‘Val Joyeux del Institut de Physique du Globe de París’, determinando directamente, por otra parte, el potencial del aire en un punto diferente mediante un dispositivo apropiado.

---

10 Charles Honoré Maurain (1871-1967), profesor de Física del Globo de la Facultad de Ciencias de París desde 1921, fue el primer director del Instituto de Física del Globo de París, cuya creación él mismo promovió y que dirigió hasta 1941. En 1924 fue elegido presidente de la Société Météorologique de Francia y en 1930 miembro de la Académie des Sciences. Sus trabajos se centraron especialmente en el magnetismo terrestre y de la ionosfera. Durante su estancia en París, Duperier siguió un curso sobre electricidad atmosférica dictado por el propio Maurain.

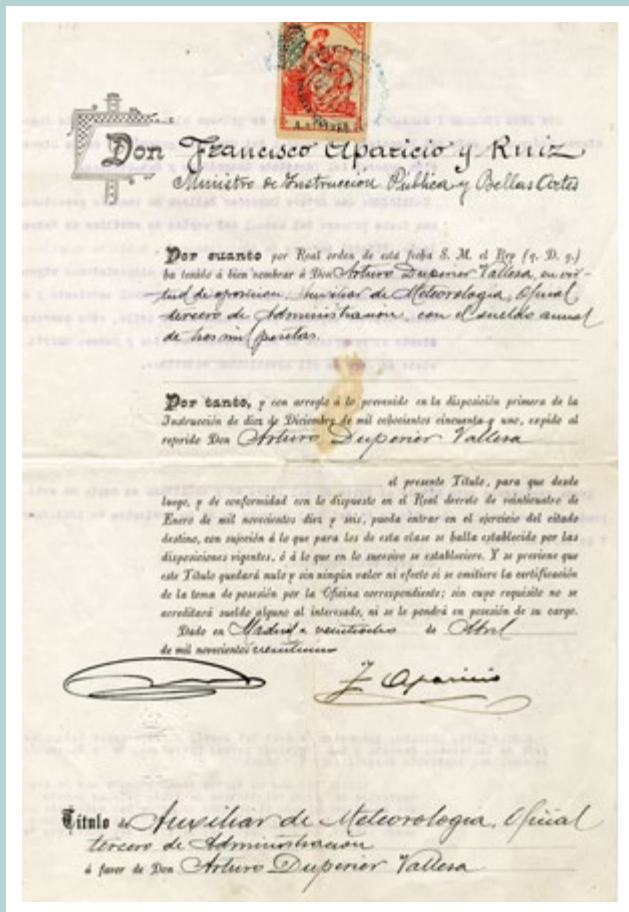


Fig. 3

Título de Auxiliar de Meteorólogo.  
Oficial tercero de Administración.

Archivo de la familia de Arturo Duprier

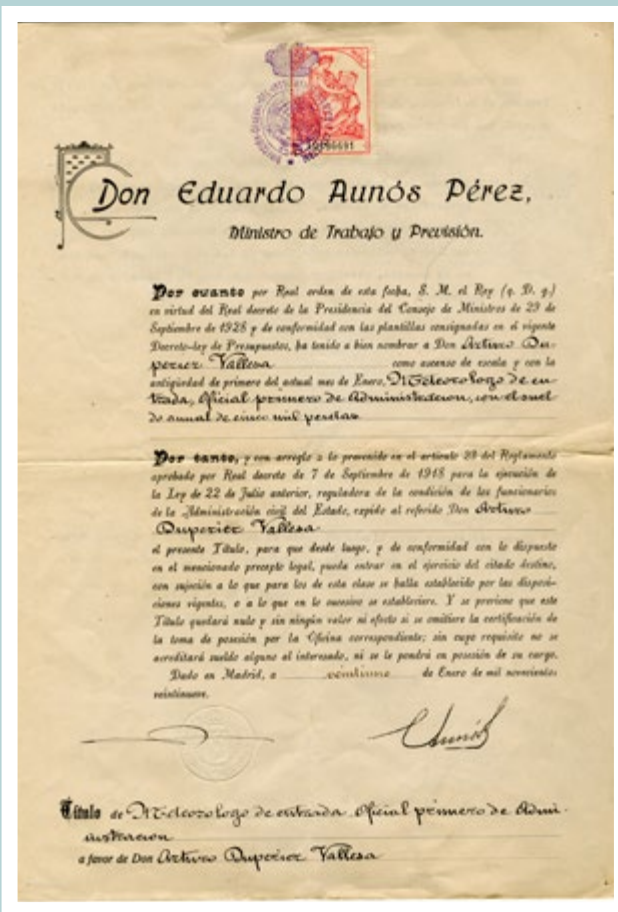


Fig. 4

Título de Meteorólogo de entrada.  
Oficial primero de Administración.

Archivo de la familia de Arturo Duprier

La estación del 'Val Joyeux' se encuentra a treinta kilómetros al sudoeste de París y en ella se registra el potencial sobre un suelo cubierto de césped y de extensión horizontal suficiente para hacer despreciable toda corrección por topografía. Su colector, constituido por una sal de radio, va colocado en el punto medio de un hilo metálico horizontal de veinticinco metros de largo, a dos metros sobre el suelo. El registro se hace mecánicamente por medio de un electrómetro Benndorf que marca el potencial cada minuto”.

El año siguiente a la aparición de este trabajo, Duperier publicó un breve resumen del mismo en las *Comptes rendues de l'Académie des Sciences* de París, que firmó junto a Germán Collado Álvarez, quien al igual que Duperier formaba parte del Instituto Central Meteorológico, en el que había entrado como auxiliar el 1 de mayo de 1921.<sup>11</sup> Collado fue otro de los auxiliares del Instituto que se interesó en la investigación científica; de hecho durante algún tiempo colaboró en el grupo de investigación de Blas Cabrera en el Instituto Nacional de Física y Química, el sucesor del Laboratorio de Investigaciones Físicas. Su primer destino fue en el Observatorio de Gijón y en 1934 ocupó brevemente la Jefatura del Observatorio del aeródromo sevillano de Tablada (fue sustituido el año siguiente por Felisa Martín Bravo). Causó baja en el servicio por motivos políticos (Real Orden del 19 de septiembre de 1939).

A su regreso de la pensión de la JAE Duperier se incorporó como director a la recientemente creada Sección de Investigaciones Especiales del Instituto Central Meteorológico, también situada en Madrid.

## Catedrático de Geofísica de la Universidad Central

No obstante, las oportunidades que le ofrecía el Servicio Meteorológico Nacional, a Duperier le interesaba más un puesto en la Universidad. Y terminó siendo catedrático. El 17 de febrero de 1933 el rector de la Universidad de Madrid, Claudio Sánchez Albornoz, enviaba al decano de la Facultad de Ciencias la comunicación que había recibido del Subsecretario del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes:

“Itmo. Sr.: En virtud de oposición libre, este Ministerio ha resuelto nombrar a D. Arturo Duperier y Vallesa, Catedrático de numerario de Geofísica, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, con el haber anual de entrada de ocho mil pesetas y las mil de aumento que señala la Ley”.

Duperier se convertía en catedrático de Universidad, aunque no abandonó por ello sus trabajos en el Servicio Meteorológico Nacional (acudía al Observatorio tres días por la mañana y tres por la tarde). Pero su cátedra era de una especialidad, la Geofísica, que no figuraba en el plan de estudios de la Facultad de Ciencias madrileña; esta especialidad, como objeto de cátedras, se había creado en 1930 con el propósito de introducir en la universidad la Geofísica, hasta entonces únicamente cultivada en los observatorios. En la siguiente comunicación, fechada el 24 de marzo de 1933, se anunciaba el resultado de la oposición y primeros deberes de Duperier:

“Habiendo tomado posesión de su cargo el nuevo Catedrático de Geofísica, D. Arturo Duperier, y no figurando esta asignatura en los planes vigentes, la Sección de Físicas por indicación del Sr. Carrasco (D. Pedro), propuso y aprobó la Facultad:

---

<sup>11</sup> El trabajo “Les fluctuations de champ électrique terrestre” lo presentó Maurain en la sesión de la Académie celebrada el 31 de julio de 1933. También en 1933, pero en solitario, publicó (en el *Servicio Meteorológico Español* y en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, vol. 30, pp. 751-758), un artículo titulado “Distribución vertical de la temperatura en la atmósfera del centro de España”.





Fig. 5

Título de Catedrático numerario de Geofísica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central. Archivo de la familia de Arturo Duperier



Fig. 6

Tarjeta de identificación en favor de Arturo Duperier. Catedrático de la Facultad de Ciencias (Universidad de Madrid, 1933). Archivo de la familia de Arturo Duperier



Fig. 7

Homenaje a Arturo Duperier en su nombramiento como  
catedrático de geofísica de la Universidad Central.  
Asistieron entre otras personalidades el Ministro  
y el Subsecretario de Educación. Madrid, 1933.  
Archivo de la familia de Arturo Duperier



a Que como tal Catedrático se encargue del desempeño de la Física teórica y experimental (segundo curso) que no tiene adscrito Catedrático alguno.<sup>12</sup>

b Que por ser la Geofísica la enseñanza más afín de la Meteorología, enseñanza ésta del Doctorado dotada por acumulación, se le encargue al citado Catedrático de dicha acumulada.

c Que estando encargado de la Meteorología, a satisfacción de la Facultad, el profesor auxiliar D. Rafael Carrasco y dado lo avanzado del curso, continúe éste en el desempeño de la misma hasta la terminación el curso”.

Un año después, en octubre de 1934, la Junta de Profesores de la Facultad aprobó la propuesta de que “en lo sucesivo” Duperier se encargase también de la cátedra de Física técnica del 1<sup>er</sup> curso (Física general) que hasta entonces había desempeñado, acumulada, Blas Cabrera, seguramente demasiado ocupado como para seguir ejerciéndola. Esto supuso para Duperier 3000 pesetas suplementarias.

En el libro antes mencionado (nota 8), y basándose en la *Memoria pedagógica y Programas por el opositor a la Cátedra de Geofísica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid*, Arturo Duperier que presentó en la oposición, Aitor Anduaga explicó la orientación que Duperier deseaba dar a la enseñanza de la Geofísica:

“Significativamente, el ‘pluriempleo’ de Duperier tuvo muchos efectos, y uno de ellos fue el que imprimió al curso de Geofísica. Así, el examen de los contenidos del curso que impartió revela un hilo conductor muy definido: comenzaba con lecciones sobre campo gravitatorio —la parte fundamental de la asignatura—, continuaba con Magnetismo terrestre y concluía con Meteorología. La razón que esgrimió para conceptualizar de esta forma la cátedra es que las variaciones del campo magnético se manifestaban no sólo en el interior de la Tierra, sino también en las capas altas de la atmósfera. En su programa abogaba por ofrecer una asignatura de orientación teórica ‘acompañada de aplicación práctica’, lo que puede sonar muy

moderno, pero que en realidad eran meras prácticas elementales, con un modesto sismógrafo”.

Por entonces, en febrero de 1935, Duperier contrajo matrimonio con Ana María Aymar y Gil (1910-1997). El 29 de diciembre de aquel año nació su hija, María Eugenia, que desgraciadamente falleció pronto, en junio de 1936, a la que siguió, con el mismo nombre otra, nacida en 1942, mientras residían en Londres.

## Introducción a los rayos cósmicos

En 1937 Duperier publicó un trabajo particularmente interesante en la serie A, número 7, del Servicio Meteorológico Español. Se titulaba “La radiación cósmica en Madrid y en Valencia”, tenía 17 páginas y constituye la primera manifestación de las investigaciones de Duperier en el campo por el que sería más conocido, el de los rayos cósmicos. Sus trabajos anteriores sobre las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre lo habían preparado para introducirse en este campo, como fácilmente se puede deducir de los primeros pasajes de su artículo, en los que también explicaba lo que había hecho:

“El proceso de ionización incesante a que, en un lugar cualquiera de la superficie terrestre, se encuentra sometida una masa gaseosa mantenida en una masa herméticamente cerrada constituye un hecho bien conocido desde hace treinta años. [...] La ionización que aparece en el interior del recipiente es provocada por la radiación que, viniendo de las sustancias radiactivas contenidas en el suelo y en el aire, es susceptible de atravesar sus paredes; pero es igualmente conocido que si se determina esa ionización y se valora lo que esta radiación es capaz de producir aparece siempre una diferencia a favor de aquella que no logra tener justificación suficiente en los residuos radiactivos inevitables de la cara interna de la pared de la vasija. La ionización que así, por esta diferencia, se manifiesta y que no debe su origen a la radiactividad de la Tierra, es atribuida a un agente que nos viene del exterior, designado hoy, como se sabe, con el nombre de radiación cósmica.

12 La acumulación de esta cátedra le supuso 3000 pesetas más en su salario. Notificación del 27 de noviembre de 1934 del rector al decano de la Facultad.

Esta radiación, desde que Hess en 1911 y Kolhörster en 1913 dejaron bien establecida su existencia, está siendo objeto de estudios numerosos y apasionados y nadie ignora los progresos decisivos a que ellos nos han conducido ya en nuestros conocimientos sobre la estructura de la materia. En particular, la determinación de su intensidad que fue el primer fin propuesto, y la de su distribución sobre la superficie terrestre gozan todavía de especial predilección, y a ello fue consagrado este trabajo”.

A continuación, Duperier pasaba revista a los instrumentos que se estaban utilizando para medir esa radiación cósmica, y señalaba que él había empleado “cámaras de ionización del tipo de Kolhörster [consistentes] en recipientes cilíndricos de lámina de hierro, de 2,5 mm. de espesor, cubiertos en su base anterior por una tapadera de latón de 3,5 mm. y dispuesta de manera que asegure el cierre hermético de la cámara. Su volumen es de cuatro libros aproximadamente”. Mencionaba también que ya contaba con alguna experiencia: “Autoriza, por otra parte, a obrar así, el resultado obtenido en un estudio que nosotros hicimos hace tiempo en el laboratorio de Kolhörster en Alemania”. De hecho, comparaba sus resultados con datos que le habían sido proporcionados por el laboratorio de Kolhörster en el Observatorio de Potsdam. El problema era que sus resultados no coincidían con estos: “No nos explicamos —escribía— el origen de tan gran discrepancia, máxime que en el laboratorio de Potsdam siguieron el mismo método”. Sin embargo, semejantes diferencias no le impidieron proseguir sus investigaciones, que detallaba a continuación. Estas las había realizado en Madrid y Valencia. En Madrid las llevó a cabo colocando dos cámaras de ionización sobre un pilar de cemento de un metro de altura construido expresamente en el jardín del Observatorio Meteorológico, y en Valencia en el tejado de la Universidad. Lo que los resultados obtenidos indicaban era consistentes con los de otros científicos; a saber, que la radiación cósmica dependía de la altura a la que se tomaban las medidas, así como del campo magnético terrestre.

Al final de su artículo, Duperier señalaba que “En la realización de este trabajo, cuando las necesidades

materiales del tiempo y de algunas manipulaciones lo hicieron necesario, tuve el concurso lleno de interés del Auxiliar de Meteorología J. M. [José María] Vidal. Y al hacerlo constar nos complacemos en patentar aquí las altas dotes de laboriosidad e inteligencia que acompañan a este joven físico, que se inicia con nosotros en los estudios de la electricidad atmosférica”.

En un cuaderno manuscrito en el que Duperier anotaba las medidas que tomó —en la primera página se lee, anotado en lápiz, no parece que por el propio Duperier, quien utilizaba pluma en sus anotaciones: “Libreta observaciones radiación cósmica. Duperier 1935-36-37, en Madrid y Valencia”—, la primera anotación corresponde al 16 de noviembre de 1935, a las 10 h., 35 min., tras lo cual Duperier escribía: “Cámara sobre el pilar alejado de la fuente rodeado de Pb [plomo] con capa cuádruple abajo, triple arriba y capa gruesa entre tres capas laterales”. En noviembre realizó siete medidas más y en diciembre ocho. El 8 de enero de 1936 efectuó otra, pero ya no realizó más ese año. Reanudó las mediciones el 24 de marzo de 1937. También en lápiz y con la misma letra antes mencionada se señalaba: “Aquí deben empezar las mediciones en Valencia pues en XII-36 se trasladó a la Universidad de Valencia, calle de la Nave”. Entre marzo y mayo tomó numerosas medidas —ocupan doce páginas del cuaderno—, que son, presumiblemente, las que utilizó para su artículo.

## Guerra Civil

Duperier tuvo que proseguir sus investigaciones en Valencia no por razones científicas sino por la situación en que se encontró España a partir de 1936, la de una guerra civil.

El 23 de noviembre de 1936, poco después de que el gobierno republicano se trasladase a Valencia, este ordenó la salida de los intelectuales de Madrid. El Quinto

16 nov 1935 a 16° 36'. Observaciones sobre el punto algado de la franja radiada de la zona  
 agua cuadrado oblongo, triple arista y agua gruesa en tres zonas laterales

$R_1 = 263.0$  (línea);  $R_2 = 262.2$ . Tiempo de polarización: 15 minutos

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 76.8 - 76.6 - 193.0 - 214.3 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 66.3 - 66.6 - 192.9 - 214.6 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4557 \quad I_{med} = 4.9477$$

16 nov a 16° 41'. Observaciones sobre el punto algado de la franja radiada de la zona  
 agua cuadrado oblongo, triple arista y agua gruesa en tres zonas laterales

$R_1 = 266.4$  (línea);  $R_2 = 265.8$ . Tiempo de polarización: 15 minutos

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 72.7 - 72.8 - 192.9 - 214.0 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 62.2 - 62.6 - 192.8 - 214.2 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4271 \quad I_{med} = 4.9172$$

17 nov 1935 a 16° 36'. Observaciones para determinar la influencia de la pared desenfocada  
 sobre la zona para radiación sincrotrón. Se usó la cámara sobre agua cuadrado  
 de 16 sobre el punto algado radiado con un tiempo y además la pared post-  
 ras con agua gruesa y después desenfocada esta

$R_1 = 263.4$  (línea);  $R_2 = 262.4$ . Tiempo de polarización: 15 minutos

Controlado

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 72.0 - 72.2 - 192.8 - 213.2 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 61.5 - 61.7 - 192.7 - 213.4 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4642 \quad I_{med} = 4.9176$$

Desenfocada

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 72.3 - 72.6 - 192.9 - 213.3 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 62.2 - 62.5 - 192.8 - 213.5 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4377 \quad I_{med} = 4.9172$$

Este resultado que el valor la pared posterior de irradiación sincrotrón es un 19.5%

18 nov 1935 a 16° 41'. Observaciones para determinar la influencia de la pared desenfocada  
 sobre la zona para radiación sincrotrón. Se usó la cámara sobre agua cuadrado de 16 sobre el punto algado con los dos paneles de  
 triple arista radiados con agua gruesa y el todo con agua doble. Para medir la pared post-  
 terior, el controlado.

$R_1 = 265.8$  (línea);  $R_2 = 264.8$ . Tiempo de polarización: 15 minutos

Controlado

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 68.8 - 69.0 - 192.7 - 213.1 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 58.3 - 58.5 - 192.6 - 213.3 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4966 \quad I_{med} = 4.9177$$

Controlado

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 69.3 - 69.5 - 192.8 - 213.2 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 58.8 - 59.0 - 192.7 - 213.4 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4795 \quad I_{med} = 4.9177$$

18 nov 1935 a 16° 41'. Observaciones para determinar el tiempo de polarización y la zona  
 de la cámara. Se usó este sobre el punto algado y sobre agua cuadrado de 16 con los  
 dos paneles laterales radiados con agua gruesa y el todo con agua doble.

$R_1 = 270.6$  (línea);  $R_2 = 270.7$ . Tiempo de polarización: 15 minutos para la polarización

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 74.3 - 74.5 - 192.8 - 213.8 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 63.8 - 64.0 - 192.7 - 213.9 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4712 \quad I_{med} = 4.9177$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 74.8 - 75.0 - 192.9 - 213.9 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 64.3 - 64.5 - 192.8 - 214.0 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4512 \quad I_{med} = 4.9177$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 75.3 - 75.5 - 193.0 - 214.0 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 64.8 - 65.0 - 192.9 - 214.1 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4312 \quad I_{med} = 4.9177$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 75.8 - 76.0 - 193.1 - 214.1 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 65.3 - 65.5 - 193.0 - 214.2 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4112 \quad I_{med} = 4.9177$$

Este resultado muestra que los laterales se hacen un ser más del todo por así, que a lo  
 que se esperaba de la comparación del valor controlado de la irradiación, 4.9177, debido a los  
 otros laterales y al otro valor, 4.9176, debido a los laterales al valor controlado y al final.  
 Los resultados obtenidos muestran también que el funcionamiento de la cámara es el  
 regular.

18 nov 1935 a 16°. Observaciones a radiación sincrotrón con la cámara en los momentos controlados  
 así que el día que anterior.

$R_1 = 270.2$  (línea);  $R_2 = 270.3$ . Tiempo de polarización: 15 minutos

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 41' - 72.0 - 72.2 - 192.8 - 213.2 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 41' - 61.5 - 61.7 - 192.7 - 213.4 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4642 \quad I_{med} = 4.9176$$

18 nov 1935 a 16°. Observaciones con la cámara en los momentos controlados por paneles, así que  
 solo de controlado.

$R_1 = 263.1$  (línea);  $R_2 = 262.7$ . Tiempo de polarización: 15 minutos

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 72.0 - 72.2 - 192.8 - 213.2 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 61.5 - 61.7 - 192.7 - 213.4 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4642 \quad I_{med} = 4.9176$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 72.3 - 72.6 - 192.9 - 213.3 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 62.2 - 62.5 - 192.8 - 213.5 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4377 \quad I_{med} = 4.9172$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 72.6 - 72.9 - 193.0 - 213.4 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 62.5 - 62.8 - 192.9 - 213.6 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.4177 \quad I_{med} = 4.9172$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 72.9 - 73.2 - 193.1 - 213.5 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 62.8 - 63.1 - 193.0 - 213.7 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.3977 \quad I_{med} = 4.9172$$

$$\Delta I = 10^{\circ} \begin{cases} I_1: 16^{\circ} 36' - 73.2 - 73.5 - 193.2 - 213.6 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \\ I_2: 16^{\circ} 36' - 63.1 - 63.4 - 193.1 - 213.8 & \frac{\Delta V}{\Delta I} \end{cases} \frac{\Delta V}{\Delta I} = 0.3777 \quad I_{med} = 4.9172$$

Este resultado muestra que los laterales se hacen un ser más del todo por así, que a lo  
 que se esperaba de la comparación del valor controlado, 4.9177, de la irradiación, debido a los otros la-  
 terales y al otro valor, 4.9176, debido a los laterales al valor controlado y al final.

Los resultados obtenidos muestran también que el funcionamiento de la cámara es el  
 regular. Así, en efecto, sobre el punto y el segundo radiado, hay una diferencia a favor de  
 un 19.5%.

Fig. 8

Páginas de la "Libreta observaciones radiación cósmica /  
 Duperier 1935-36-37 / en Madrid y Valencia".  
 Archivo de la familia de Arturo Duperier

Regimiento, siguiendo instrucciones de la Junta de Defensa de Madrid, organizó la evacuación de algunos de los profesores e intelectuales más destacados que el 24 de octubre abandonaron la capital con destino a Valencia.<sup>13</sup> El 25 de noviembre el diario *ABC* publicaba la siguiente noticia: “se ha procedido a la evacuación de Madrid del primer grupo de intelectuales que, de acuerdo con el Gobierno de la República y la Junta de Defensa de Madrid, se pone a salvo de la barbarie fascista. En dos magníficos autobuses, escoltados por milicianos, salieron con rumbo a Valencia, en compañía de sus familias respectivas los siguientes sabios, investigadores y literatos: Pío del Río Horteiga, Antonio Machado, Enrique Moles, Antonio Madinaveitia, Miguel Prados Such, José Miguel Sacristán, Arturo Duperier, Sánchez Covisa y José Moreno Villa [...] iban los aparatos científicos y libros, manuscritos, apuntes e instrumentos de trabajo de los evacuados”.<sup>14</sup> Muestra de la cruel división que ya reinaba entonces en España es que el *ABC* de Sevilla, controlada por los rebeldes, daba la noticia dos días después de una forma muy diferente: bajo el encabezamiento “Los rojos evacuados”, señalaba que “estos son los que los comunistas reputan como una cumbre de la intelectualidad y de la civilización española”.

El mismo día 23 en que se ordenaba la salida de los intelectuales de Madrid, bajo el encabezamiento “El pueblo se preocupa de salvar el arte y la ciencia, la cultura acumulada por él, de la barbarie fascista”, aparecía en el *Mundo Obrero* (nº. 283) el siguiente manifiesto:

“Jamás nosotros, académicos y catedráticos, poetas e investigadores, con títulos de Universidades españolas y extranjeras, nos hemos sentido tan profundamente arraigados a la tierra de nuestra patria; jamás nos hemos sentido tan españoles como en el momento en

<sup>13</sup> El 5º Regimiento fue un cuerpo militar de voluntarios, formado por iniciativa del Partido Comunista de España y las Juventudes Socialistas Unificadas, que luchó en defensa de la República durante los primeros meses de la Guerra Civil.

<sup>14</sup> Citado en Joaquim Sales, *Enrique Moles. Una biografía científica y política* (Edicions Universitat de Barcelona-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona-Madrid, 2021), p. 252.

que los madrileños que defienden la libertad de España nos han obligado a salir de Madrid para que nuestra labor de investigación no se detenga, para librarnos en nuestro trabajo de los bombardeos que sufre la población civil de la capital de España; jamás nos hemos sentido tan españoles como cuando hemos visto que, para librar nuestro tesoro artístico y científico, los milicianos que exponen su vida por el bien de España se preocupan de salvar los libros de nuestras bibliotecas, los materiales de nuestros laboratorios de las bombas incendiarias que lanzan los aviones extranjeros sobre nuestros edificios de cultura.

Queremos expresar esta satisfacción, que nos honra como hombres, como científicos y como españoles ante el mundo entero, ante toda la humanidad civilizada.”

Lo firmaban: “Antonio Machado, poeta; Pío del Río Horteiga, director del Instituto del Cáncer, profesor ‘honoris causa’ de varias universidades extranjeras, invitado últimamente por la Universidad de Montreux; Enrique Moles Ormella, catedrático de la Universidad Central, director del Instituto Nacional de Física y Química, académico de las Academias de Madrid, Praga y Varsovia, secretario general de la Sociedad de Física y Química; Isidoro Sánchez Covisa, académico de la de Medicina, uno de los mejores urólogos del mundo; Antonio Madinaveitia Tabugo, catedrático de la Facultad de Farmacia, jefe de la Sección de Química Orgánica del Instituto de Física y Química; José María Sacristán, psiquiatra, director del Manicomio de Ciempozuelos, jefe de la Sección de Higiene Mental de la Dirección de Sanidad; José Moreno Villa, poeta y pintor, muy conocido en el extranjero; Miguel Prados Such, investigador del Instituto Cajal, psiquiatra; Arturo Duperier Vallesa, catedrático de Geofísica de la Universidad Central, jefe de Investigaciones Especiales del Servicio Meteorológico Nacional, presidente de la Sociedad Española de Física y Química”. Efectivamente, en 1936 Duperier había accedido a la presidencia de la Sociedad Española de Física y Química. Fundada ésta en 1903, agrupaba a una buena parte de los físicos y químicos españoles. Duperier sustituyó en la presidencia al químico Ángel del Campo y Cerdá, pero poco pudo hacer durante

los años de la guerra, y cuando ésta finalizó el presidente pasó a ser otro químico, Luis Bermejo Vida. Nótese que, como se indicaba, Duperier continuaba compatibilizando su cargo de catedrático con una jefatura de Investigaciones Especiales en el Servicio Meteorológico.

Los intelectuales procedentes de Madrid se instalaron en lo que se denominó Casa de la Cultura, situada en el antiguo Hotel Palace, que había sido incautado y que cedió el Sindicato del Gas, Agua y Electricidad de la CNT.<sup>15</sup> Dentro de esta Casa de la Cultura se publicaron varios números de las revistas *Nueva Cultura* y *Madrid. Cuadernos de la Casa de la Cultura*. En el segundo aparecieron artículos del entomólogo Ignacio Bolívar, Moles, el zoólogo marino José Rioja, los lingüistas Samuel Gili Gaya y Tomás Navarro Tomás, Duperier, el psiquiatra Gonzalo Rodríguez Lafora, Sacristán y el astrónomo Pedro Carrasco Garrorena. Los artículos de Duperier se titularon: “Sobre la electricidad de la atmósfera”, y en colaboración con el ya mencionado José María Vidal, “La conductibilidad eléctrica del aire en Madrid”.<sup>16</sup> El primero se había concluido en Valencia en enero de 1937, y el segundo en marzo. En ninguno de ellos aparecía referencia alguna a la situación en que se encontraba España. Resulta conmovedor comprobar

---

15 La Casa de la Cultura se inauguró oficialmente el 11 de diciembre de 1936. Tras una crisis, provocada por unas manifestaciones de Gonzalo Rodríguez Lafora, el 12 de agosto de 1937, comenzó una segunda etapa de la Casa, quedando constituido un patronato dirigido por Antonio Machado e integrado por Manuel Márquez, Victorio Macho, José Moreno Villa y Tomás Navarro Tomás como vocales y Luis Álvarez Santullano de secretario.

16 Arturo Duperier, “Sobre la electricidad de la atmósfera”, *Cuadernos de la Casa de la Cultura*, 1 (febrero de 1937), pp. 85-88; Arturo Duperier y José Vidal, “La conductibilidad eléctrica del aire en Madrid”, *Cuadernos de la Casa de la Cultura*, 2 (marzo de 1937), pp. 169-182; este artículo lo firmaban como pertenecientes a la “Sección de Investigaciones del Servicio Meteorológico Español” (Hay que recordar que la Oficina Central del Servicio Meteorológico Español, como se llamaba desde 1932, también se trasladó a Valencia). El artículo con Vidal también se publicó en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 35, 5-19 (1937) y en el *Servicio Meteorológico Nacional*, Serie A, n.º 6. En 1938 apareció otro trabajo firmado por Duperier, Vidal y Collado: “Las fluctuaciones simultáneas del potencial eléctrico de la conductibilidad y de la carga espacial del aire”, *Servicio Meteorológico Nacional*, Serie A, n.º 8, 19 pp.

cómo sus autores se esforzaban en mantener la apariencia de una normalidad científica que, por supuesto, no existía, ni existiría durante mucho tiempo.

## Exiliado en Inglaterra

Como vemos, en Valencia al mismo tiempo que Duperier continuaba investigando hacía pública su adhesión a la legalidad republicana; incluso formó parte de algunas delegaciones oficiales, como cuando fue a París en 1937 a la inauguración del Palais de la Découverte, o cuando, también en 1937, viajó a Inglaterra para asistir a un congreso organizado tras la muerte de Rutherford.<sup>17</sup> Cuando regresó, el Gobierno republicano se había trasladado a Barcelona, a donde también se dirigió Duperier. Pero la situación era tal que resultaba prácticamente imposible realizar ningún tipo de investigación, de manera que pidió permiso para abandonar España. Concedido el permiso, en la primavera de 1938 se trasladó con su familia a Inglaterra. Llegaron a Londres el 16 de mayo de 1938. Cuatro días después, sin ninguna conexión con científicos británicos y sabiendo que se iba a celebrar un congreso sobre rayos cósmicos en Cambridge, decidió asistir a él. Según González de Posada y Bru Villaseca, durante una de las sesiones un británico que estaba sentado a su derecha le preguntó: “¿Es usted español?”. “Sí”, respondió Duperier. Siguiente pregunta: “¿Seguidor de Franco?”. Respuesta: “No”. Al escuchar esto, el hombre de la izquierda intervino: “¿Es usted un exiliado?”. “Sí”. “¿Y qué va a hacer en Inglaterra?”. “Mi interés está en trabajar. Quiero conocer a un profesor de nombre Blackett, que trabaja en rayos cósmicos”. “Yo soy el profesor Blackett”, fue la inesperada respuesta.

---

17 Otros manifiestos que firmó fueron: “Llamamiento a los intelectuales del mundo, de los hombres de ciencia y artistas de la Casa de la Cultura de Valencia” (publicado en *Verdad*, 27 de diciembre de 1936), y “Los profesores y artistas españoles apelan a la conciencia del mundo” (*La voz de la inteligencia y la lucha del pueblo español. Antecedentes y documentos*, Association Hispanophile de France, París 1937: 63-65).



Fig. 9

Arturo Duperier en el jardín de su casa de Manchester en 1939. Archivo de la familia de Arturo Duperier

Fuera de esta o de otra forma, el hecho es que Duperier hizo su entrada en la comunidad británica inglesa, de la mano de Blackett. Éste era un fabiano, esto es, un seguidor del movimiento socialista británico, del ala izquierda socialista, del que con el tiempo surgiría el Partido Laborista, cuyo propósito era avanzar en la aplicación de los principios del socialismo mediante reformas graduales. Por entonces, Blackett ya había ayudado a algunos físicos de izquierdas, por lo que no sorprende que arreglase todo para que se le ofreciese a Duperier un contrato temporal en Manchester, comenzando en junio de 1939. Duperier fue afortunado en disponer de semejante oportunidad, ya que Blackett —que había sucedido a W. L. Bragg como *Langworthy Professor* de Física en la Universidad de Manchester en el otoño de 1937— había creado allí un centro importante de investigación en rayos cósmicos, al que visitaban en ocasiones científicos como Auger, Bhabha, Carmichael, Occhialini, Heisenberg, Rossi o Jánossy.

Duperier permaneció en Manchester hasta el comienzo de la Segunda Guerra Mundial, momento en que se trasladó a Londres. Como era ciudadano de un país neutral durante la Segunda Guerra Mundial, Duperier fue uno de los pocos físicos que continuó con su trabajo habitual durante la guerra: “Las investigaciones en radiación cósmica”, escribió Werner Heisenberg en el prólogo a un libro colectivo dedicado a la radiación cósmica que él mismo editó, “han sido reducidas drásticamente debido a las desgracias de la época. Por una parte, la mayoría de los laboratorios de física han pasado a ocupar un segundo lugar con relación a otros problemas, y por otra parte la desaparición de los canales habituales de comunicación hace difícil obtener información sobre los resultados obtenidos en otros países”.<sup>18</sup>

## Los rayos cósmicos

El origen de la historia de los rayos cósmicos se remonta al siglo XIX, cuando algunos físicos observaron que un electroscopio no almacenaba carga indefinidamente. Si se procedía a cargar las hojas del electroscopio —poniendo en contacto con cargas la barra aislada que sobresale de la caja en la que se encuentra—, se separaban al adquirir cargas de igual signo. Pero poco a poco iban perdiendo esas cargas, volviendo a juntarse las dos hojas. A finales del siglo XIX y comienzos del XX, con los primeros modelos atómicos —como el del pastel de pasas de J. J. Thomson, en el que los electrones desempeñaban un papel central—, la explicación comúnmente aceptada era que ocasionalmente algunas de las moléculas del gas que rodeaba las hojas del electroscopio perdían un electrón y, en consecuencia, su neutralidad. Aparecían, por tanto, cargas negativas (electrones) y positivas (iones) en el gas, que, según el tipo de carga que mantuviesen separadas las hojas del electroscopio, irían neutralizando las cargas de éstas haciendo que se volviesen a juntar. El problema era determinar de dónde procedía la radiación que ionizaba el gas. Una posibilidad era la radiactividad, descubierta en 1896, ya que los elementos radiactivos emiten radiaciones ionizantes ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). Tal vez hubiese restos de sustancias radiactivas presentes en los materiales de los que estaban hechos los electroscopios, posibilidad que se mostró parcialmente correcta: la contaminación no era lo suficientemente importante como para explicar las observaciones. Experimentos en los que se rodeó el electroscopio con plomo o agua mostraron que el ritmo de las descargas disminuía, lo que significaba que la radiación ionizante debía proceder del exterior.

Existía otra posibilidad: que la radiación ionizante procediese de la radiactividad de la corteza terrestre. Una forma de comprobar si era así, consistía en observar si la descarga del electroscopio disminuía con la altura,

---

<sup>18</sup> *Cosmic Radiation. Fifteen lectures edited by W. Heisenberg* (Dover, New York 1946; primera edición publicada en alemán por Springer-Verlag en 1943).

idea que exploraron al menos un par de científicos. El físico y jesuita alemán Thomas Wulf (1868-1946) y el meteorólogo, también germano, Albert Goeckel (1860-1927), de la Universidad de Friburgo. En 1910, Wulf realizó experimentos con un electroscopio en la cumbre de la Torre Eiffel, y en 1912 Goeckel hizo lo mismo, pero utilizando un globo aerostático. En ninguno de los casos se detectó que la descarga del electroscopio disminuyese con la altura, o no al ritmo que se esperaba.

Pero el mismo año que Goeckel fracasaba, un austriaco, Victor Hess (1883-1964) lo logró. Y lo hizo también utilizando un globo. En una serie de ascensiones que inició en abril de 1912, las medidas que tomó mostraban que a una altura de unos 1000 metros la intensidad de la ionización dentro del electroscopio comenzaba a aumentar, llegando al doble a los 4000 metros de altura. Esto demostraba que la radiación ionizante no procedía de la Tierra. Postuló en consecuencia que venía de fuera de la atmósfera, y probablemente no totalmente del Sol, ya que no se observaban variaciones a lo largo del día.

Era una suposición arriesgada, que tardaría mucho tiempo en ser refrendada, pero en su ayuda vinieron los resultados del alemán Werner Kolhörster (1887-1946), que entre 1913 y 1919 repitió los experimentos de Hess, llegando a alcanzar los 6000 metros de altura, detectando una radiación más fuerte que éste.

Existían, no obstante, otras posibilidades. Charles T. R. Wilson (1869-1959), el inventor de la cámara de niebla y un gran experto en fenómenos asociados a la ionización sugirió que la radiación en cuestión podría ser producida por tormentas que tenían lugar en las capas altas de la atmósfera, mientras que otros científicos pensaban que la atmósfera podía contener pequeñas trazas de elementos radiactivos (se sabía que el radón, un elemento —el número 86 de la tabla periódica— radiactivo, existía en estado gaseoso). Si por alguna razón esos elementos radiactivos

se concentraban en las capas altas de la atmósfera, entonces se podría explicar el aumento de la ionización observado. Pero en aquellas dos posibles explicaciones la intensidad de la radiación desconocida debería variar según las condiciones atmosféricas y también con la hora, día y estaciones temporales, y nada de esto se observó.

A pesar de que, como ahora sabemos, la radiación que habían identificado Hess y Kolhörster es extremadamente interesante, abriendo puertas al estudio de algunos constituyentes elementales del universo, pasó tiempo antes de que se continuara estudiándola. El mérito de llevarla a uno de los focos de interés de la física recayó en Robert Millikan (1868-1953), del California Institute of Technology, que fue, de hecho, quien bautizó a esta radiación con el nombre de “rayos cósmicos”. Inicialmente escéptico acerca de la existencia real de semejante radiación, se convenció de su existencia gracias a los resultados que obtuvo, en colaboración con G. Harvey Cameron, en una serie de experimentos realizados entre 1923 y 1926, tanto bajo el agua como a gran altitud (con globos no tripulados, una técnica —que implicaba utilizar electroscopios que funcionaban automáticamente— que perfeccionó el físico alemán Erich Regener (1881-1955) en la década de 1920 y comienzos de 1930), resultados que presentaron en un artículo publicado en *Physical Review* en 1926, bajo el título “High frequency rays of cosmic origin III. Measurements in snow-fed lakes at high altitudes”. Cruciales para llegar a esta conclusión fueron unos experimentos que realizaron en dos lagos, Muir y Arrowhead, en el área de San Bernardino al sur de California, situados a alturas, respectivamente, de 3600 y 1600 metros. Sumergiendo su electroscopio en los lagos, Millikan encontró que: “dentro de los límites de error observacional, todos los datos obtenidos en el Lago Arrowhead corresponden a los datos obtenidos a 6 pies más de profundidad en el Lago Muir, lo que demuestra que los rayos provienen definitivamente de arriba y que su origen está completamente fuera de la capa atmosférica entre los niveles de los dos lagos”.



En cuanto a qué eran esos rayos cósmicos, Millikan, utilizando la teoría que Paul Dirac (1902-1984) había desarrollado del efecto Compton concluyó que se trataba en su mayor parte de fotones. Para explicar el origen de éstos, suponía que el medio interestelar estaba lleno, pero con densidades bajas, de hidrógeno en estado gaseoso. Mediante un proceso espontáneo de fusión, continuada, de ese gas se iban formando elementos más pesados, comenzando con el helio, de cuya síntesis a partir de 4 átomos de hidrógeno se producía un grupo de fotones de 27 MeV de energía —debida a la diferencia entre la suma de la masa de los 4 átomos de H y la masa del He—. Y así para otros elementos más pesados. Si los rayos cósmicos fuesen partículas cargadas, argumentaba Millikan, no podrían tener la suficiente energía como para penetrar, como de hecho hacían, el aire y agua equivalente a unos pocos centímetros de plomo. Se equivocaba.

En 1929 Walther Bothe (1891-1957) y Kolhörster demostraron que los rayos cósmicos cercanos a la superficie terrestre estaban formados por partículas cargadas de gran velocidad. Lo que hicieron fue colocar dos contadores Geiger-Müller uno por encima del otro, pero separados por una pequeña distancia, y registrar los pulsos simultáneos producidos por el paso de partículas a través de ambos contadores. Bothe y Kolhörster fueron los primeros en utilizar contadores Geiger para distinguir partículas cargadas de fotones, técnica que desarrolló Bruno Rossi (1905-1993) en 1930. Un estudiante suyo en Florencia, Giuseppe Occhialini (1907-1993), se inició en la utilización de contadores Geiger-Müller en el estudio de los rayos cósmicos, y con la ayuda del propio Rossi fue aceptado en el Laboratorio Cavendish de Cambridge, donde colaboró con Blackett. La colaboración entre ambos era muy provechosa para los dos y perfecta para estudiar los rayos cósmicos, que entonces todavía no era un tema de investigación en el Cavendish: Occhialini era un experto en contadores de Geiger-Müller y Blackett en cámaras de niebla, aparato inventado en el Cavendish por C. T. R Wilson (1869-1959).

En 1929, utilizando una cámara de niebla y un campo magnético que permitía desviar los electrones de la radiación  $\beta$  emitida por fuentes radiactivas, el físico ruso Dmitri Skobeltsyn (1892-1990) había observado unas pocas trazas de unos rayos “penetrantes” de baja energía, que aparecían en grupos pequeños. Inauguraba de esta manera el estudio de los rayos cósmicos utilizando cámaras de niebla y campos magnéticos. La novedad introducida por Blackett y Occhialini consistió en utilizar contadores de Geiger-Müller para poner en funcionamiento la cámara —esto es, para que se produjese la expansión que daba lugar a la condensación en torno a los iones—, de manera que eran las propias partículas de altas energías las que tomaban sus propias fotografías. La primera publicación conjunta de Blackett y Occhialini fue una carta que apareció en *Nature* el 21 de agosto de 1932, titulada “Photography of penetrating corpuscular radiation”. En ella hacían hincapié en la rapidez del método, unos 2 minutos por exposición, en los que obtenían un centenar de fotografías, de las que, de media, 59 mostraban la traza de una sola partícula que atravesaba los dos contadores, 17, bien múltiples trazas con varios grados de complejidad, o una única traza, que pasaba por uno solo de los contadores, y 24 ninguna traza. El segundo artículo era mucho más detallado y largo: 27 páginas de *Proceedings of the Royal Society (A 139, 699-727, 1933)*. Se titulaba “Some photographs of the tracks of penetrating radiation”. Entre las trazas identificadas, aparecían algunas que interpretaron como debidas a partículas cargadas positivamente con masa comparable a la del electrón y no a la del protón. De hecho, después de un estudio exhaustivo de los detalles de las fotografías, concluían que se trataba de electrones con carga positiva, un resultado que relacionaban con el anti-electrón que predecía la teoría relativista del electrón que Dirac había producido en 1928. Pero un ayudante de Millikan en Caltech, Carl Anderson, se les adelantó unos pocos meses, anunciando el mismo resultado en un breve artículo publicado en *Nature* en agosto de 1932. Significativamente, el Premio Nobel de Física de 1936 fue compartido por Victor Hess, “por su descubrimiento de la radiación cósmica”, y



**Fig. 10**

**Patrick Blackett en su casa de Gales.  
Archivo de la familia de Arturo Duperier**

**Fig. 11**

**Arturo Duperier y Patrick Blackett con familiares y  
amigos en Gales. Fotografía tomada por Ana María,  
esposa de Arturo Duperier.  
Archivo de la familia de Arturo Duperier**



por Carl Anderson, “por su descubrimiento del positrón”. Blackett lo recibió en 1948 “por desarrollar el método de la cámara de niebla de Wilson y descubrimientos subsiguientes en los campos de física nuclear y rayos cósmicos”.

## Investigaciones en Inglaterra

Las investigaciones que Duperier realizó en Inglaterra sobre los rayos cósmicos se centraron especialmente en la variación de su intensidad dependiendo de la temperatura; esto es, de la altitud en la atmósfera, un efecto que ya había sido observado en 1935 por Hess, H.Th. Graziadei y R. Steinmaurer —publicaron sus resultados en la revista *Wiener Berichte*—. El tema que escogió se lo sugirió Blackett, como el propio Duperier reconoció en la Conferencia Guthrie que pronunció en 1945 y que enseguida aparecerá:<sup>19</sup> “Siguiendo la sugerencia del profesor P. M. S. Blackett, en 1939 empecé el estudio de las variaciones de la intensidad de los rayos cósmicos con el tiempo. Todo el trabajo realizado durante los últimos años ha demostrado la estrecha relación de este estudio con el magnetismo terrestre y con la física de la atmósfera”. En un artículo que publicó en 1938 en *Physical Review*, Blackett había propuesto que tales variaciones podrían explicarse en función de la inestabilidad del mesón, la partícula que Yukawa había propuesto en 1935 para explicar el corto alcance de las fuerzas nucleares.<sup>20</sup> El argumento era que si la temperatura de la atmósfera aumenta sin que varíe la presión, entonces la masa de aire se expande y el tiempo de viaje de los mesones a través de la atmósfera disminuye; en consecuencia, un aumento de la temperatura debería ir acompañado por una disminución de la intensidad de mesones.

---

19 Arturo Duperier, “The geophysical aspect of cosmic rays”, *Proceedings of the Physical Society* 57, 464-477 (1945); cita en p. 464.

20 P. Blackett, “On the instability of the barytron and the temperature effect of cosmic rays”, *Physical Review* 54, 973- (1938); H. Yukawa, *Proc. Phys.-math. Soc. Japan* 19, 1084 (1935).

También en 1938, Heisenberg y Hans Euler, ayudante suyo, habían propuesto que los mesones deberían de crearse a altitudes muy grandes. Lo que Duperier hizo fue utilizar pruebas más sensibles basadas en el efecto de temperatura, demostrando que tal efecto se explicaba mejor suponiendo que los mesones se habían originado a una altura de 16 km, o incluso más.

El primer producto de las investigaciones de Duperier apareció en 1941, un artículo publicado en los *Proceedings of the Royal Society* (Serie A, vol. 177, pp. 204-216) titulado “The seasonal variations of cosmic-ray intensity and temperature of the atmosphere”. Utilizando varias recopilaciones de datos sobre rayos cósmicos encontró que sus variaciones estacionales estaban relacionadas más estrechamente con la temperatura media de la atmósfera hasta los 16 km de altura, que con la temperatura cerca del suelo. El año siguiente, ya instalado en Londres, en el Departamento de Física del Imperial College of Science and Technology, aparecieron dos nuevos artículos: una comunicación en *The Observatory* (vol. 64), “Cosmic rays and solar and geomagnetic activity”, y otra más: “Letter to the editors” en *Nature* (vol. 149, pp. 579-580; 23 de mayo, 1942), “Cosmic rays and magnetic storms”. En esta última prestaba especial atención a los notables cambios en la intensidad de los rayos cósmicos asociados con una tormenta magnética que había tenido lugar el 1 de marzo de 1941 —él había comenzado sus observaciones en febrero de ese año—. Observando una inexplicada variación del 12% observada aquel día, su conclusión era que: “De los datos de esta y otras tormentas, parece claro que, al menos en estas latitudes, no existe una proporcionalidad simple entre las perturbaciones geomagnéticas y las de los rayos cósmicos”. En este mismo artículo mencionaba que “todos los aparatos” que estaba utilizando “habían sido preparados en los Laboratorios de Física de la Universidad de Manchester y las observaciones se están efectuando en una habitación en la última planta del Imperial College of Science, South Kensington”. Asimismo, el 13 de agosto de

1942, observó un inusual rápido aumento en la intensidad de los rayos cósmicos, de la que daba cuenta en *Nature*. De información obtenida del Royal Observatory de Greenwich, parecía que el campo magnético no había experimentado variaciones entonces. En consecuencia, concluía que “para explicar el gran influjo de partículas, probablemente sería necesario suponer que han llegado a la Tierra tal vez como una corriente sobreimpuesta a la radiación cósmica ordinaria. Por lo que sé, nunca antes se había observado un aumento tan grande de rayos cósmicos que se haya extendido durante semejante extensión de tiempo”.<sup>21</sup>

Para mejorar las medidas que tomaba de la intensidad de los rayos cósmicos, en 1944 recurrió a un nuevo aparato para registrar los rayos cósmicos, así como el coeficiente de absorción en el aire y la desintegración de partículas.<sup>22</sup>

Un indicador del reconocimiento y contactos que estaba obteniendo, se encuentra en la siguiente nota que el director de la Oficina Meteorológica del Ministerio del Aire británico le dirigió al Imperial College el 28 de abril de 1944:

---

21 A. Duperier, “An exceptional increase of cosmic rays”, *Nature* 151, 308-311 (1943).

22 Describió este aparato en Arturo Duperier, “A new cosmic ray recorder and the air absorption and decay of particles”, *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity* 49, 1-7 (1944). En los agradecimientos decía: “Debo mucho al Profesor P. M. S. Blackett por sugerir este trabajo y por su interés, en su progreso y muchas discusiones útiles. También deseo ofrecer mi agradecimiento al Dr. L. Jánossy por su valiosa ayuda en la preparación de los aparatos. Debo agradecer a la Oficina Meteorológica del Ministerio del Aire por permitirme amablemente utilizar los datos del aire en capas altas”. En 1948 Lajos Jánossy (1912-1978) publicó un libro, *Cosmic Rays* (Clarendon Press, Oxford), en el que mencionaba algunos de los artículos de Duperier. Jánossy era un húngaro que abandonó Hungría con su familia, que había apoyado a la breve República Soviética de Hungría, cuando ésta fue derrotada. Se educó en Viena y Berlín, donde comenzó su carrera científica en la famosa escuela de rayos cósmicos de Kolhörster. En 1937 se unió al grupo de Blackett en Manchester, convirtiéndose en 1947 en profesor en el Instituto de Estudios Avanzados de Dublín. Finalmente, regresó a Budapest en 1956 como director del Departamento de Rayos Cósmicos del Instituto Central de Investigaciones Físicas, que pasó a dirigir en 1956.

“Querido profesor Duperier,

Recordará que en enero último me envió una copia de su artículo sobre la medida de rayos cósmicos para que la transmitiese a Rusia. El director del Servicio Meteorológico Soviético me pide ahora permiso para publicar su artículo.

Le agradeceré si me hace saber si tiene alguna objeción a que los rusos publiquen su artículo. Pediré, por supuesto, a los rusos que en su momento me proporcionen copias de su artículo publicado y me encantará entonces enviarle a Vd. un ejemplar”.

Como señalé, en 1945 los resultados que había obtenido llevaron a que la Physical Society de London le invitase a pronunciar la 29<sup>th</sup> Conferencia Guthrie, que desarrolló el 5 de julio.<sup>23</sup> Como suele suceder en estas ocasiones, la conferencia fue una presentación general de las investigaciones que había estado realizando. Entre sus conclusiones, señalaba que: “Al considerar pequeños cambios en la intensidad de los rayos cósmicos que no se pueden explicar cómo debidas a influencias meteorológicas, las observaciones realizadas en Londres demuestran que están más o menos estrechamente asociadas con variaciones del campo geomagnético. Estas fluctuaciones tienen lugar simultáneamente generalmente con, o dentro de un pequeño período de tiempo, de las fluctuaciones del campo magnético terrestre”. Señalaba, asimismo, que las fluctuaciones en la intensidad de los rayos cósmicos tenían lugar “simultáneamente en todo el mundo”. Y añadía: “Para explicar estas variaciones mundiales, algunos investigadores piensan que pueden resultar de la formación o alteraciones fundamentales de un sistema de corrientes hacia el oeste concéntricas con la Tierra que fluyen en la alta ionosfera o en el espacio exterior, debidas a la emisión por el Sol de partículas eléctricas en el momento de la perturbación geomagnética”.

---

23 La Conferencia Guthrie tenía lugar todos los años. Había sido establecida en 1914 en honor a Frederick Guthrie, fundador de la Sociedad. La lista de conferenciantes Guthrie había sido inaugurada por Robert Williams Wood, y entre los físicos que le siguieron estaban Paul Langevin (1916), Albert Abraham Michelson (1921), Niels Bohr (1922), Ernest Rutherford (1927), J. J. Thomson (1928), Max Planck (1932), Arthur Holly Compton (1935) y Patrick Blackett (1940). Una lista ciertamente impresionante.

Otra manifestación del prestigio que Duperier estaba obteniendo entonces en Inglaterra es que poco después del lanzamiento de la bomba atómica sobre Hiroshima (agosto de 1945) la BBC le pidió que explicara algo sobre los fundamentos científicos de la nueva arma.

Es necesario recalcar que durante los años que pasó en Inglaterra, Duperier estuvo constantemente en contacto con Blackett, lo que facilitó su inmersión en la comunidad científica internacional. Encontramos un ejemplo en este sentido en una, digamos, relación tripartita que tuvo lugar en 1947 entre Duperier, Blackett y V. B. Gerard, un físico neozelandés que estaba realizando un estudio del campo magnético de la costa de Nueva Zelanda. Gerard había planteado unas preguntas a Blackett que éste redirigió a Duperier, quien le contestó el 14 de abril. Enseguida, Blackett la remitió a Gerard. “He enviado —decía— su carta al Profesor Duperier y he recibido la siguiente respuesta”. Y al final le recomendaba: “Creo que sería una buena idea si usted se pusiera en contacto directo con el Profesor Duperier en el Departamento de Física del Imperial College of Science and Technology; aunque trabaja en Londres está en estrecho contacto con nosotros aquí y ciertamente sabe más que cualquiera en Inglaterra sobre los mejores métodos de análisis de este tipo de datos”.

En 1947 Duperier participó en la primera de una serie de conferencias sobre rayos cósmicos que organizó la Comisión de Rayos Cósmicos de la IUPAP (Unión Internacional de Física Pura y Aplicada) en Cracovia del 6 al 11 de octubre. El 25 de julio Pierre Auger, miembro del Comisariado de Energía Atómica francés entre 1945 y 1948 y experto en rayos cósmicos, escribía a Duperier lo siguiente:

“Querido Señor,

Acabo de recibir una carta del Prof. Blackett, y estoy muy contento de que haya aceptado participar en la Comisión de Rayos Cósmicos que se celebrará en Cracovia del 6 al 11 de octubre y cuyos miembros son:

Prof. Clay (Presidente)

Prof. Auger (Secretario)

Prof. Blackett. Prof. W. Heitler. Prof. L. Janossy. Dr. C. F. Powell.

Prof. A. Duperier. Prof. B. Rossi. Dr. [J. A.] Wheeler.

Prof. B. Gross. Prof. [M.] Cosyns. Dr. N. Arley.

Prof. [L.] Leprince-Ringuet. A. Freon. R. Maze.

Le estaría muy agradecido si quisiera enviarme un informe que no superara 10 páginas, sobre la comunicación que se proponga Vd. proponer a la Comisión de Rayos Cósmicos. Por otra parte, se ha decidido atribuirle la cantidad de 240 dólares para los gastos de viaje hasta la frontera polaca, haciéndose cargo el gobierno polaco de todos los gastos a partir de la frontera. Al proceder los fondos de la Unesco, podemos hacer una transferencia a su cuenta”.

En aquella Conferencia Cecil Powell presentó una comunicación, “Evidence for the existence of mesons of different mass”, que fue uno de los primeros anuncios de la existencia del meson  $\pi$ . Duperier intervino con dos comunicaciones: “The temperature effect and the diurnal and seasonal variation of cosmic rays” y “Lunar effect of cosmic rays”.<sup>24</sup> Dos años después, 1949, se celebró el segundo Congreso Internacional de Rayos Cósmicos, esta vez en Como (Italia), y Duperier también participó en ella con una comunicación titulada “Amplitude of the diurnal variation of cosmic-ray intensity and geomagnetic activity”.

En 1947, Duperier tuvo la oportunidad de iniciar los procedimientos para obtener la nacionalidad británica. Sabemos que fue así por una carta que Ilse J. Ursell, de la Secretaría de la Society for the Protection of Science and

---

24 En el Apéndice A, al final del presente escrito, reproduzco un texto mecanografiado —por lo que sé inédito— en el que Duperier se refería a este congreso, que su hija María Eugenia Duperier tuvo la amabilidad de proporcionarme. Sobre esta conferencia, ver asimismo Marian Miesowicz, “Reminiscences on 1st International Cosmic Ray Conference in Cracow (1947)”, en *15th International Cosmic Ray Conference (International Union of Pure and Applied Physics; Balgarska Akademiya na Naukite, 1977)*, y, de la misma autora: “The first International Cosmic Ray Conference”, en Yataro Sekido y Harry Elliot, eds., *Early History of Cosmic Ray Studies. Personal Reminiscences with Old Photographs* (Reidel, Dordrecht 1985), pp. 295-298.

Learning, dirigió a Duperier el 14 de octubre de 1947:<sup>25</sup>

“Querido Profesor Duperier,

Estamos enviando actualmente las circulares adjuntas relativas a algunos aspectos legales de naturalización que se nos ha pedido llevemos a la atención de los académicos [*scholars*] registrados con la Sociedad.

He descubierto que no tenemos en nuestro archivo indicación acerca de si usted tiene intención de solicitar naturalizarse en este país, o ya lo ha hecho. Una copia de nuestra primera circular de marzo de 1946 sobre naturalización debe haberle llegado entonces. Le agradeceré mucho si puede informarme qué es lo que pretende hacer o ha hecho ya sobre este asunto”.

Como se sabe, Arturo Duperier nunca renunció a la nacionalidad española ni adoptó la británica.

No obstante, a pesar del éxito que estaba teniendo con sus investigaciones sobre rayos cósmicos, Duperier no tenía un puesto permanente en Inglaterra. Regresar a España era una posibilidad, pero no en el futuro cercano por

obvias razones políticas. Ocho años después del final de la Guerra Civil española Duperier mencionaba esta cuestión en una carta a Blackett fechada el 14 de 1947: “No creo que el último movimiento de Franco afecte a mi situación, al menos en el presente. Por consiguiente, siguiendo su consejo, solicitaré en los próximos días una *fellowship* de I.C.I. [Imperial Chemical Industries]”. Sin embargo, un par de meses después consiguió una ayuda diferente. “Querido Blackett —escribía el 30 de junio—, lamento no haberle visto antes de esto, pero espero que venga y coma o cene con nosotros pronto. He escrito al Registro aceptando la fecha sugerida del 29 de septiembre para tomar posesión de la Turner and Newall Fellowship [beca]”.

Con este apoyo continuó sus investigaciones, ahora basadas en el Birkbeck College londinense, en el que se instaló poco después del final de la Segunda Guerra Mundial —es relevante recordar que Blackett estuvo allí entre 1933 y 1937 y que fue en el Birkbeck donde comenzó sus investigaciones en rayos cósmicos—. Allí Duperier centró sus trabajos en la intensidad de los mesones procedentes de los rayos cósmicos en la superficie de la Tierra, presentando los resultados que obtuvo en varios artículos, en, por ejemplo, *Proceedings of the Physical Society* (“The meson intensity at the Surface on the Earth and the temperatura at the production level”; 1949) y *Nature* (“Temperature of the upper atmosphere and meson production”; 1951). Su método era suponer que la intensidad variaba tanto con la presión atmosférica como con la altura desconocida de la capa en la que se producían los muones, y determinar el valor de la altura que daba el mayor coeficiente parcial de correlación. Ese tipo de trabajo exigía un meticuloso análisis de datos numéricos, en lo que Duperier era experto. Para facilitar esta investigación, fue uno de los pioneros en la utilización en el análisis de datos de rayos cósmicos de máquinas de calcular empleadas en los negocios.

---

25 Muy poco después de que se promulgasen las leyes racistas nazis, se organizaron algunas sociedades destinadas a ayudar a los intelectuales germanos que se veían obligados a emigrar. Los británicos formaron un Academic Assistance Council que comenzó a funcionar el 22 de mayo de 1933. Conscientes de los problemas que podían surgir si se identificaba la iniciativa únicamente con judíos, se tenía cuidado en señalar que “el llamamiento que se hace no se refiere por el momento únicamente a judíos; muchos que han sufrido o que se encuentran amenazados, no son de origen judío”. Todos los fondos que se obtuvieran se considerarían “a disposición de profesores universitarios e investigadores de cualquier nación, que fuesen incapaces de proseguir sus trabajos en su propio país, por motivos religiosos, de opinión política, o raza”. El director de la London School of Economics, William Beveridge, ayudado por el físico húngaro Leo Szilard, desempeñó inicialmente un papel fundamental en la concepción de esta organización, que en 1936 pasó a denominarse Society for the Protection of Science and Learning. El primer presidente de la Sociedad fue Ernest Rutherford, quien mantuvo el cargo hasta su muerte en 1937, siendo entonces sucedido por (lord) Beveridge. También se unieron al llamamiento inicial científicos como W. H. Bragg, J. S. Haldane, Lord Rayleigh, A. Schuster y J.J. Thomson. Poco antes del comienzo de la Segunda Guerra Mundial, a finales de 1938, la Sociedad había ayudado a más de 2000 científicos y profesores, centroeuropeos mayoritariamente pero no únicamente —1400 alemanes, 400 austriacos, 150 italianos y 60 españoles—, de los que 524 habían encontrado puestos permanentes en algún lugar del mundo. La carta a Duperier estaba dirigida al “33, Buckingham Court, Kensington Park Road, London, W. 11”.



Fig. 12

Arturo Duperier delante del micrófono de la BBC (Londres, agosto de 1945), explicando el fundamento de la bomba atómica apenas unos días después de la explosión de Hiroshima. Archivo de la familia de Arturo Duperier



Fig. 13

Participantes en el Congreso de Rayos C3smicos,  
reunidos en la Universidad Jaguel3nica (Cracovia,  
1947). Cortesía de Jos3 Manuel S3nchez Ron





Fig. 14

Excursión a la mina de sal de Wieliczka  
(Cracovia, 1947).

Cortesía de José Manuel Sánchez Ron

## Secuelas de la Guerra Civil

Como veremos más adelante, Duperier terminó deseando volver a España, pero un regreso definitivo a España no se vio facilitado por la actuación en la inmediata posguerra del físico Julio Palacios, antiguo compañero suyo en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central (era catedrático de Termología) y en los laboratorios de física y química pertenecientes a la Junta para Ampliación de Estudios. Al contrario que otros compañeros suyos en el Laboratorio de Investigaciones Físicas, luego Instituto Nacional de Física y Química (Blas Cabrera, Enrique Moles, Miguel Catalán, Antonio Madinaveitia), Palacios pudo continuar su carrera tras la Guerra Civil y con, en principio, distinción: además de vicepresidente del Instituto de España, fue designado en marzo de 1939 vicerrector de la Universidad de Madrid, bajo el mandato del rector Pío Zabala. Declarado disponible gubernativo en enero de 1937, Palacios pasó el proceso de depuración franquista, siendo rehabilitado en sus destinos sin imposición de sanción.

Una vez finalizada la guerra, Palacios se presentó, el 29 de marzo, en la calle Núñez de Balboa ante el coronel Ungría. Antonio Luna (catedrático de Derecho), Federico de Castro (de la misma Facultad) y Ricardo Bertoloty, podían verificar sus datos. En su declaración sobre su militancia política declaró haber pertenecido desde su fundación a Unión Monárquica, Acción Popular, TYRE, Acción Española —de cuya revista era colaborador y suscriptor— y al Bloque Nacional de Calvo Sotelo, cuyo manifiesto había firmado. Preguntado por los nombres de los más destacados izquierdistas de su departamento, Palacios citó expresamente a José Gaos, Pedro Carrasco y Honorato de Castro. Doce días después, hizo una nueva declaración, ésta más explícita. A la pregunta de que indicase “cuanto sepa del periodo revolucionario, principalmente en lo relacionado con el desenvolvimiento

público y administración del Ministerio, así como la situación que conozca de sus compañeros”, respondió:<sup>26</sup>

“Por haber estado totalmente alejado de los centros oficiales, ignoro la marcha administrativa de los mismos, pero puedo decir que todas las autoridades académicas son culpables de haber dejado en el mayor abandono a cuantos no estaban significados por sus ideas extremistas. De este comportamiento indigno, así como de una servil conducta con relación a las despóticas autoridades rojas, es responsable muy especialmente el rector rojo Sr. Gaos, que coaccionó a todos los profesores para que se alistasen en las filas rojas, sin perjuicio de marcharse cobardemente al extranjero pocos días después, y el Decano de la Facultad de Ciencias y Director del Observatorio Astronómico Sr. Carrasco, que no otorgó la más elemental protección a varios de sus subordinados que eran perseguidos por las hordas marxistas.

Debo decir también que el Catedrático D. Arturo Duperier formó parte, según mis noticias, del Comité encargado de eliminar en el Observatorio Meteorológico a todas las personas sospechosas de desafección al régimen republicano.

Del Sr. Barinaga recibí una visita a raíz de su nombramiento como Secretario, ofreciéndose muy amablemente.

Madrid 13 de abril de 1939, Año de la Victoria.

¡Arriba España!

Firmado por Julio Palacios”.

Hay que señalar, no obstante, que ninguno de los mencionados por Palacios estaba en España en abril de 1939; los dos primeros en México y el tercero, Duperier, en Inglaterra. Es cierto, asimismo, que posteriormente Palacios se comportó noblemente con Duperier, de quien llegó a ser buen amigo. Bastantes años más tarde de las declaraciones anteriores, el 9 de marzo de 1953, cuando se estaba intentado lograr que se permitiera a Duperier regresar a España y a su cátedra, Palacios escribió, desde

---

26 “Expediente de depuración”, 1 abril 1939, “Expediente personal de Julio Palacios Martínez”, Archivo General de la Administración (AGA); citado, junto a las declaraciones de Palacios sobre su comportamiento durante la guerra, en Carolina Rodríguez López, *La Universidad de Madrid en el primer franquismo. Ruptura y continuidad (1939-1951)* (Universidad Carlos III de Madrid - Editorial Dykinson, Madrid 2002), p. 371. Agradezco a Alfredo Llorente que llamase mi atención sobre esta obra.

Lisboa, lo siguiente al catedrático de Derecho Penal Eugenio Cuello Calón:<sup>27</sup>

“Mi distinguido amigo y compañero:

Me llega la noticia de que va a examinarse la posibilidad de que regrese a España D. Arturo Duperier y me permito exponerle algunos hechos que podrán servir de elementos de juicio.

En los años que precedieron a nuestra guerra civil tuve contacto cotidiano con el Sr. Duperier, tanto en la Facultad de Ciencias como en el Instituto Nacional de Física y Química. Me unía con él gran amistad, y siempre lo vi enteramente dedicado a sus estudios de radiación cósmica, que introdujo primero en España luego en Inglaterra, y nunca tomó parte activa en las luchas políticas. Cierto que nuestras opiniones eran diferentes, pues él creía en la posibilidad de un buen régimen republicano, pero nunca dudé de que lo hacía de buena fe y sin sospechar que nos llevaba inexorablemente al comunismo.

Después de la guerra he visto en dos ocasiones al Sr. Duperier en Londres. Sus dotes de investigador le han valido el apoyo de las autoridades académicas inglesas, lo que le permite dedicarse a sus estudios y vivir modestamente con su familia. Su situación sería más próspera y estable si hubiese solicitado la nacionalidad inglesa, pero ha resistido cuantas indicaciones se le han hecho en este sentido.

Dio la coincidencia de que mi estancia en Londres coincidió, ambas veces, con la Semana Santa, y tuve la satisfacción de encontrar al Sr. Duperier con su familia en las ceremonias religiosas de la Catedral Católica de Westminster, y de comprobar que en su casa se comía de vigilia el Viernes Santo.

Estoy convencido de que la salud de España exige la amputación de sus miembros podridos, por dolorosa que sea, pero estoy persuadido de que el Sr. Duperier es todo lo contrario, y de que con su retorno recuperaríamos un caballero español intachable y un físico de primera categoría”.

También, como veremos más adelante, Palacios fue uno de los que suscribieron la propuesta para que Duperier entrase a formar parte de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

## Invitación de España

Pasaría algo más de una década del término de la Guerra Civil cuando se planteó la posibilidad de que Duperier volviese a España como profesor universitario. El 3 de mayo de 1950 Duperier recibió una carta del embajador de España en Londres, duque de Sanlúcar la Mayor, en la que le transmitía una invitación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas para dictar un curso sobre rayos cósmicos. En una carta al todopoderoso secretario general del CSIC, José María Albareda, fechada el 20 de mayo, aceptaba la invitación en los siguientes términos:

“Muchas gracias por su carta, la cual precedió en unos días a otra del Ministro de la Embajada de España en la que éste me proponía una entrevista que celebraremos el lunes de esa semana. Por esperar a todo esto es por lo que me permití aplazar mi contestación a su atenta carta, que finalmente se ha retrasado hasta hoy a causa de una alteración en mis planes por haberme comunicado el Prof. Blackett, de la Universidad de Manchester, la confirmación en sus laboratorios de un descubrimiento mío que viene a poner luz en un conjunto de fenómenos inexplicables de la radiación cósmica.

Agradezco mucho la invitación del Consejo y tendría el mayor gusto en ir a dar un cursillo de conferencias el próximo octubre. Ahora, aparte de que habría sido imposible arreglar mis cosas con tanta premura, me encuentro con el compromiso adquirido de tomar parte en unos exámenes de la Universidad de Londres que comenzarán la semana próxima. Si la fecha de octubre resultara compatible con los programas de Vds. creo que sería conveniente para todos que, dada la finalidad fundamental de mi visita a Madrid, se llegara a una decisión antes del viaje sobre mi futura función universitaria. Estoy seguro de que Vd. se da perfecta cuenta de ello.

Fue muy agradable para mí el rato que pasamos juntos y le saludo muy cordialmente”.

Antes de que Duperier contestase a Albareda, el embajador español en Londres había dirigido el 15 de mayo una carta muy interesante al secretario del CSIC. Ésta comenzaba señalando que “En cuanto recibí el telegrama postal aéreo cursado por el Director General de Relaciones

---

27 Agradezco a Alfredo Llorente que me proporcionase copia de esta carta.

Culturales a finales de abril establecí contacto con el Prof. Don Arturo Duperier, con objeto de transmitirle la invitación contenida en dicho documento y poniéndome a su disposición para tratar el asunto de la manera más cordial y comprensible posible. Con este motivo, acudí a esta Embajada y pudimos hablar, largo y tendido, sobre los distintos aspectos de la cuestión”. Los dos primeros de esos aspectos eran el de las posibles fechas y duración de la visita de Duperier, pero mucho más interesante era el tercero:

“El punto más sensible de toda la cuestión es el de la normalización de su situación universitaria en España. El Sr. Duperier en una conversación larga y detallada, me explicó las condiciones de ambiente y psicológicas en que se mueve, no sólo las suyas personales, sino las de las personas con quienes trabaja en sus interesantes estudios científicos. Habiendo decidido no cambiar de nacionalidad, pero debiendo a los elementos científicos de Inglaterra todos los medios importantísimos con que ha contado hasta ahora y que cuenta para su labor, se halla en una situación especial, ya que por una parte, no es ni quiere ser súbdito británico y, por otra, debe al Imperial College y a las autoridades de este país todos los elementos y el aliciente que han permitido proseguir e intensificar su labor científica.

Teniendo en cuenta esta doble lealtad, una parte con España, que es la principal, y otra para con sus colaboradores científicos considera de importancia principal que su situación como español se consolide y reciba reconocimiento natural, normalizando su situación universitaria en España. A estos efectos, lo que desea y considera una solución, perfectamente natural para todos, es que pueda recibir la seguridad y garantía de que sea reintegrado a su categoría de Catedrático, aunque no juzga esencial, ni mucho menos, ni la Universidad ni la denominación de la Cátedra que se le asigne. Por otro lado el Sr. Duperier no quiere dar demasiada importancia a este reconocimiento de su labor y conocimientos en forma de una Cátedra española que se haga en este mismo momento, ni siquiera durante su estancia en Madrid al dar sus conferencias, pero sí considera de verdadera importancia —para él y para sus colaboradores internacionales— que tenga esa categoría administrativa en España, que se le pueda conceder en momento oportuno; esta es una condición que estima perfectamente natural y beneficiosa, tanto para él como para sus trabajos y para España misma. Su deseo es aportar todos sus conocimientos —que son

muy grandes, como Vd. sabe—, su material e instrumental que es copioso y de valor, y la difusión de sus conocimientos científicos en España, a favor de los españoles, desde una universidad española, haciendo todo esto compatible con sus conocimientos y contactos internacionales, que son de enorme importancia”.

Con tales antecedentes, el 29 de junio Duperier escribió la siguiente carta (manuscrita) al decano de la Facultad de Ciencias de Madrid, Maximino San Miguel de la Cámara:<sup>28</sup>

“Muy señor mío:

En relación con una invitación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas para dar un cursillo de conferencias sobre radiación cósmica en Madrid, se ha tratado de la posibilidad de mi permanencia en España para implantar las investigaciones en este capítulo hoy fundamental de la física y cosmología. Para ello, considero esencial el poseer simultáneamente una función universitaria adecuada, puesto que, en mi opinión, es en la Universidad donde mejor puede involucrarse la necesidad de la investigación y donde debe atenderse a la formación del futuro investigador.

Consecuentemente, desearía ser incorporado a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid en el momento oportuno, y creo de mi deber, que cumplo gustoso, ponerlo en su conocimiento con la antelación suficiente para que la Facultad pueda actuar en el sentido que crea más conveniente a los intereses científicos de España”.

El 5 de julio el decano respondía a Duperier. En ella le decía que Albareda ya le había hablado de “lo que Vd. me indica en su carta” y que también había recibido otra en el mismo sentido del duque de Sanlúcar la Mayor. Y continuaba

“Teniendo en cuenta el contenido de ellas empecé mis conversaciones individualmente con los compañeros de la Facultad. Puedo asegurarle que no he encontrado en ninguno la menor prevención contra el posible reingreso de Vd. en la Facultad, sino que todos están conformes. Ahora bien como su cátedra en Madrid

---

<sup>28</sup> Este y los siguientes documentos proceden del Archivo de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense o de la familia Duperier.

está cubierta por oposición y dividida en dos [una de Geofísica y otra de Meteorología], no vemos fácil su reingreso directamente en esta Facultad. Para su conocimiento y decisión le comunico que su cátedra está vacante en Zaragoza y en Barcelona y no si sería de momento más rápido y viable el que se le adjudicara una de ellas y el Consejo S.I.C. estudiaría el modo de compaginar esa asignación con la misión investigadora dentro de él. Con este parecer mío están conformes los compañeros y después de leer la carta del Duque a Albareda, en la que le dice que Vd. desea poder recibir la seguridad de ser reintegrado a su categoría de catedrático, aunque no juzga esencial, ni mucho menos, ni la Universidad ni la denominación de la Cátedra que se le asigne, no veo que pueda haber dificultades y desde luego no las hay por parte de la Facultad y menos aún por parte de la mía como Decano.

Ahora bien, ni la Facultad ni yo tenemos otra actuación posible que la de aconsejar cuando llegue el caso al Sr. Ministro si nos pide asesoramiento.

Creo, pues, que dados estos primeros pasos debe Vd. plantear directamente ante el Sr. Ministro, o indirectamente por tercera persona a fin de que pueda resolverse lo antes posible”.

No está nada claro que fuera cierto lo que señalaba el decano de que todos estaban conformes en la Facultad, pero dejando esto de lado de lo que no hay duda es que Duperier quería ir a Madrid, como dejaba patente en su respuesta al decano, fechada el 16 de julio. En ella y después de algunas frases de rigor, escribía:

“La satisfacción es tanto mayor cuanto que al escribirle no creía hacer otra cosa más que cumplir con el deber de informar a la Facultad de lo que tenía expresado al Sr Albareda, que consideraba esencial mi incorporación a la Universidad de Madrid para el mejor desarrollo de mi labor en el Consejo”.

En 1951, Duperier sufrió en Londres un infarto. Para reponerse, y de manera privada, en junio viajó a España, a Mallorca “Yo he venido aquí a una cura de descanso — escribía el 10 de julio a su amigo íntimo Alejandro Familiar Pérez— por consejo de los médicos y de acuerdo con las autoridades científicas de Inglaterra, de las que vengo viviendo hace doce años. De no haber sido así no hubiera

podido venir, simplemente por carencia de recursos propios y recursos de familia. Como en Inglaterra no tuve nunca vacaciones porque no tenía calma para tomármelas, las mismas autoridades consideraron justo pagarme este descanso como si fuera unas vacaciones. Los médicos dijeron que dos o tres meses serían bastantes y así convinimos que el primero de septiembre yo estaría de regreso en Londres”.<sup>29</sup>

Recuperado, en octubre del mismo 1951 viajó por segunda vez a España para dictar en Madrid las conferencias para las que había sido invitado por el CSIC, específicamente por el Patronato “Alfonso el Sabio”. Dio tres conferencias, los días 25, 29 y 31 de octubre sobre “Las variaciones en intensidad de la radiación cósmica en relación con la naturaleza y el origen de sus componentes”.

## Confidencias a Luis Araquistáin y regreso definitivo a España

En Londres Duperier hizo buenas migas con otro exiliado, el periodista, escritor, diplomático y político socialista Luis Araquistáin Quevedo (1886-1959).<sup>30</sup> En el Archivo Histórico Nacional (legajo 27, D 42-55) se conservan catorce cartas de Duperier a Araquistáin. La primera, fechada el 24 de agosto de 1952 y con el membrete del Departamento de Física del Birkbeck College, ofrece alguna información sobre la cuestión de su posible vuelta a España, así como de su vida en Londres:

“Querido Araquistáin: Tuvimos la alegría de su postal de París y la carta posterior desde Ginebra, aunque no por ello nos consideramos

---

29 Citada en González de Posada y Bru Villaseca, Arturo Duperier, op. cit.

30 Araquistáin, que fue embajador de España en Berlín (1932-1933) y en París (1936-1937), se instaló en Londres en 1939, donde trabajó como comentarista de la BBC (1939-1945). Fue miembro y representante en Londres de la Junta Española de Liberación, creada en 1943, que agrupaba a parte de la oposición exterior al franquismo. Los últimos diez años de su vida residió en Ginebra.

compensados de la soledad en la que aquí nos dejó y que sentimos particularmente los sábados. Esta familia no encuentra la manera de reemplazar a un amigo tan bueno como Vd., ni siquiera por unas horas a la semana.

Presentíamos que la marcha a Ginebra, por ir sobre todo al lado de Finki, le hacía mucho bien, y nos alegra empezar a verlo confirmado.<sup>31</sup> Estamos seguros de que en cuanto dé Vd. cima a la ardua tarea de ordenar sus libros se sentirá encantado.

Por aquí, como era de esperar, todo sigue igual: con una miseria más de carne, sin duda para compensar de la reducción en queso y mantequilla, el mismo huevo semanal y lo mismo todo lo demás para que Ana María tenga que continuar en sus desvelos en el acarreo de lo indispensable. Quizás la única novedad, la carta de un antiguo vecino en defensa de sus intereses parlamentarios, que publico el Manchester Guardian y que le envío para satisfacción de su posible curiosidad.

De España, nada nuevo todavía. Únicamente he sabido por conductos indirectos que el Ministerio sigue en la misma excelente disposición con relación a mí, pero que posiblemente el general también continúa en sus trece.<sup>32</sup> En cambio el bueno del Alcalde de mi pueblo me escribió diciendo que todo lo tenían ya listo, hasta con el permiso del Ministerio de la Gobernación. Como al mismo tiempo la Sección Lat.º Am. [Latino Americana] de la BBC me ha pedido unas charlas sobre energía nuclear y rayos cósmicos, he creído que la mejor manera de cumplir con todo, y atender a los

---

31 Finki era Ramón Araquistáin y Graa (1915-1980), uno de los hijos de Luis Araquistáin y su esposa, la traductora suiza Trudy Graa Rüfenacht.

32 Este "general", que se opuso insistentemente al regreso de Duperier a la universidad española, aparece también en cartas citadas en el libro de González de Posada y Bru de Duperier a su amigo Alejandro Familiar. En una de ellas, del 26 de mayo de 1952, escribía (González de Posada y Bru, *op. cit.* p 195): "Se me invitó a España por lo que creyeron méritos contraídos en el exilio; para animarme a ir se me ofreció el oro y el moro; después, porque dicen que surgió un General, o porque un Otero inventó un General, o porque a todos los del cotarro les convino la invención, y a pesar de que ninguno supo justificar la actitud del General o la del Otero o la del cotarro en grupo, se me dejó venir con las manos vacías, sin que ninguno le importaran los comentarios que serían de esperar de la gente responsable que todavía anda por el mundo". El "Otero" mencionado es José María Otero Navascués (1907-1983); en una carta posterior, que citaré enseguida, Duperier se refería a esa persona como un navarro que no era físico y sí vicepresidente de la Junta de Energía Atómica (Nuclear, en realidad). Todo encaja bien con Otero Navascués, militar que había estudiado en la Academia de Artillería de la Armada, y que fue vicepresidente de la Junta de Energía Nuclear entre 1951 y 1958, momento en que pasó a ocupar la presidencia. No era navarro, sino madrileño, pero su familia materna sí era navarra-aragonesa.

intereses económicos sin interrumpir los dos 'papers' que Vd. sabe estaba preparando, era la de continuar sin moverme de aquí y salir a primeros de octubre para mi pueblo. En esa época además podré ver mejor lo que pasa en Madrid, y en posesión del mayor número de puntos posible llegar a una decisión. Yo continué sintiéndome bien; no sé si por las tabletas de Bassadove que sigo tomando, el caso es que no he vuelto a sufrir ninguna crisis nerviosa, pero cada día que pasa se habla más de la frecuencia con la que aquí se da la trombosis coronaria y resulta difícil desechar la preocupación. Ojalá se confirmara lo que me cuenta de la monarquía, de lo que aquí la prensa parece que no ha dicho nada, y que muy pronto pudiéramos vernos todos en España.

Si por cualquier razón entrara en sus planes el hallarse en octubre en el sur de Francia, no deje de decírmelo a fin de arreglar mis fechas para poder detenerme siquiera unas horas con Vds. Mi propósito es el de ir solo a España".

El 30 de noviembre, Duperier informaba a Araquistáin que "Aquí nos tiene todavía, aunque a punto ya, por fin, de salir para Madrid. [...] Nos vamos definitivamente el próximo día 3 para cumplir con mis cariñosos paisanos y pasar en Madrid lo peor del invierno. Hago el viaje de acuerdo con Manchester y dejamos el piso alquilado por tres meses. No sé de qué humor encontraré al general, una vez que las charlas sobre energía nuclear que di para Hispanoamérica [se debe referir a charlas que dio en la BBC] las está ahora repitiendo para España. Ya se lo contaré, si es que por mi osadía en haber tratado hasta de la bomba de hidrógeno no termina por meterme en la cárcel". Un detalle interesante es que en esa carta Duperier decía a Araquistáin que "Nos dirigiremos a John Davies, pero en París por si este señor no es conocido en de Duperier Ginebra". Obviamente, de lo que se trataba era de escribir a Araquistáin desde España burlando la posible censura y utilizando el nombre de "John Davies". De hecho, el 13 de diciembre, ya instalados, temporalmente, en Madrid (c/ Espalter, 15), Ana María, escribía a Araquistáin-Davies:

"Querido Mr. Davies: Arturo recibió su cariñosa carta del 3 de este y no le escribe porque todavía no ha salido de casa desde que llegamos.

Salió de Londres con un catarro muy fuerte que se empeoró en el camino y ha tenido que hacer cama; pero como no queremos que su contestación al librero se prolongue le escribo yo en su nombre”.

En otra carta, ésta escrita desde Londres —lo que permitía no referirse a “Mr. Davies”— el 22 de junio de 1953, Duperier explicaba a Araquistáin que “regresamos de Madrid [parece pues que finalmente no viajó solo] a primeros de junio sin saber con seguridad si volveremos allí ‘for good’ o nos quedaremos aquí, continuando nuestra melancólica vida londinense. Lo único cierto es que a primeros del mes de próximo tenemos el Congreso internacional de rayos cósmicos en Bagnères de Bigorre (cerca de Tarbes), que me propongo aceptar la invitación que me hicieron y que me alegraría infinito que diera la casualidad de que Vd. se encontrara en París a cualquiera de mis pasos por allí, el 4 de julio, el 12 o el 13, para poder verle, saber de su vida y contarle nuestras cosas de España”.<sup>33</sup> Parece ser que no se vieron entonces, y el 16 de agosto Duperier volvía a escribir a su amigo informándole que “mi readmisión en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid la firmó el Ministro, parece ser, cuando se celebraba el Congreso de Francia. No he visto el Boletín [el *BOE*] ni sé si éste ha

---

33 Este congreso, el tercero después de los de Cracovia y Como, fue organizado por Blackett y Louis Leprince-Ringuet y por la Universidad de Toulouse bajo el patrocinio de la UIPAP y el apoyo de la UNESCO, y se celebró entre el 4 y 12 de julio de 1953. Las actas se publicaron mimeografiadas como *Congrès International sur le Rayonnement Cosmique* (Edition École Polytechnique, Paris 1953). El trabajo que Duperier presentó allí se tituló “The diurnal variation of cosmic-ray and the M regions of the sun” y se publicó en las actas. Según J. W. Cronin (“The 1953 Cosmic Ray Conference at Bagnères de Bigorre: the birth of Sub Atomic Physics”, *The European Physical Journal H* 36, 183 [2011]): “La conferencia sobre rayos cósmicos de Bagnères de Bigorre en julio de 1953 organizada por Patrick Blackett y Louis Leprince-Ringuet fue seminal. Marcó el comienzo de la física subatómica y el desplazamiento de la investigación en rayos cósmicos a la investigación de los nuevos aceleradores de altas energías. El conocimiento las partículas pesadas inestables que se encontraban en los rayos cósmicos era esencialmente correcto en los hechos y en la interpretación y definió los experimentos que era necesario realizar con los nuevos aceleradores. Una parte importante de los físicos que habían estado utilizando rayos cósmicos en sus investigaciones se pasaron a los aceleradores. La importancia de esta conferencia se puede situar en la misma categoría que otras dos famosas conferencias, la del congreso Solvay de 1927 y la Conferencia Shelter Island de 1948”.

publicado ya la Orden Ministerial, pero lo que a mí me dijeron en Madrid fue que, estando mi cátedra cubierta, lo que intentaban era ponerme a las órdenes del Rector para encargarme de cursos de radiación cósmica mientras se veía la manera de crear una cátedra adecuada para mí. Entro en el Escalafón, pero mientras no sea titular de una cátedra determinada mi estabilidad en Madrid dejará bastante que desear. Aun para esto yo no sé lo que han debido reñir entre ellos cuando tanto han tardado en decidirse. En particular, no sé qué papel ha podido tener el general ni si tuvo alguno, pues la realidad es que este señor no dijo nada o nadie se opuso cuando en marzo hablé de rayos cósmicos en la Univ. En Sevilla bajo la presidencia de aquel Rector. Tengo motivos para creer que el general fue lanzado por un navarro que sin ser físico se ha puesto a la cabeza de la física y no debe tener ningún deseo de verme por allí.<sup>34</sup> Es el vicepresidente de la Junta de Energía Atómica de nuestro pobre país. Esperamos tener liquidada nuestra situación aquí para fines de septiembre y salir entonces para España a emprender la nueva vida. No sé lo que allí nos esperará”.

Parece que no faltaron quienes no recibieron con agrado la noticia del regreso de Duperier, pero otros sí. Así, el 29 de julio de 1953, Joaquín Pérez Villanueva, catedrático de Historia Moderna y Contemporánea de la Universidad de Valladolid, pero a la sazón director general de Enseñanza Universitaria en el Ministerio de Educación Nacional, enviaba la siguiente carta a Duperier, todavía en Londres:

“Mi querido amigo y compañero:

Ciertamente que he tenido una gran satisfacción al acordarse su reincorporación a nuestra Universidad. Lo celebro mucho por V., que tantos títulos tiene para merecerlo, pero me alegro también

---

34 Es cierto que Otero Navascués ejerció un cierto liderazgo en la física española de la época, no solo por su labor en la Junta de energía Nuclear, sino también como director del Instituto de Óptica “Daza de Valdés” del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Pero es preciso señalar que en ambas instituciones favoreció al desarrollo de la física española, a la que él también contribuyó con sus estudios de óptica.

por la Universidad, que va a beneficiarse en tan gran medida de su incorporación a ella.

He pensado sobre su toma de posesión, y me ha parecido que lo más sencillo es que la lleve V. a cabo ante el Director del Instituto de España, que extenderá la oportuna diligencia y nos la transmitirá para su constancia aquí y oportunos efectos, para que antes de que regrese V. a España pueda tomar contacto con las cosas. Le adjunto un oficio para V. y otro para Xavier de Salas para que, en su virtud, realicen ahí el acto administrativo de la reincorporación”.

Muy poco después, el 13 de agosto, el rector de la Universidad de Madrid enviaba al decano de la Facultad de Ciencias el siguiente oficio:

“El Ilmo. Sr Director General de Enseñanza Universitaria, en comunicación de fecha 27 de julio último, dice a este Rectorado lo que sigue:

‘Magfco. y Excmo. Sr.: Con esta fecha el Excmo. Sr. Ministro de este Departamento me dice lo que sigue: = De conformidad con la petición del interesado. = Este Ministerio ha resuelto autorizar a D. ARTURO DUPERIER VALLESA, que por O. M. de 6 del actual ha sido readmitido al servicio activo como Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, quedando a las órdenes del Ilmo. Sr. Decano de la misma, para que se poseione del citado destino ante el Sr. Director del Instituto Español en Londres, el cual deberá dar cuenta de la celebración del referido acto administrativo al Rectorado de la Universidad de Madrid y a este Ministerio.’

Lo que traslado a V. I. para su conocimiento y efectos, así como el del interesado.

Dios guarde a V. I. muchos años.”

La siguiente carta de Duperier a Araquistáin la remitió ya desde Madrid, el 8 de enero de 1954, e iba dirigida a “Mr. Davies”. “Llevamos, es verdad —escribía—, tres meses en España, pero después de los cambios habidos y de los años de vida inglesa no le extrañará que me encuentre un poco desorientado todavía en el nuevo medio. Como, además, puse gran empeño en evitar la publicidad, la gente ha tardado en enterarse de que estoy aquí, y mis relaciones, hasta ahora, casi se han limitado a las que forzosamente había de mantener con el medio profesional, también

afectado por los cambios. Vine como Vd. sabe admitido al Escalafón universitario, aunque sin cátedra asignada. Me encargaron de un curso de rayos cósmicos optativo para los alumnos del Doctorado en ciencias físicas, y espero que esto se convierta en mi función permanente, aunque continúe sin ser titular de nada. Doy el curso con interés porque, entre otras razones, el número de alumnos matriculados parece que es muy superior al que suele haber en otros igualmente optativos con los mismos fines. Y en cuanto a la investigación, también creo que me será posible hacer alguna cosa de carácter experimental, pues en Inglaterra, aunque después de muchas vacilaciones, terminaron por decidirse a enviarme los aparatos necesarios. Yo no sé si habrá influido en ellos para tamaña generosidad la creencia de que, a falta de las observaciones complementarias en otros campos, mis investigaciones no podrán ir muy lejos, pero el hecho es que los aparatos están ya en Bilbao ‘as a tribute to your Pioneer work’, se atreven a escribir, ‘during your residence in Great Britain’. Ahora faltan los trámites que exige la complicada legislación española para que este material pueda llegar a Madrid y comenzar los estudios dentro de unos meses”. Y continuaba con algunos detalles más personales:

“El quebradero mayor de cabeza que tenemos es el de nuestra instalación definitiva. No hay manera de encontrar un cuarto desamueblado como no sea pagando un mínimo de tres mil pts. mensuales, y este mínimo absorbería el ochenta por ciento de mis ingresos. Se construye bastante, pero todo con vistas a la venta de pisos, lo cual tampoco tiene interés para nosotros. Continuamos, pues, en casa de mis suegros y, aunque ellos sean muy comprensivos, la perspectiva de continuar indefinidamente sin casa propia y en esta presencia no es la más adecuada para el optimismo”.

Efectivamente, instalado ya en España sus colegas británicos reaccionaron ayudándole. Esta es una carta que Blackett le escribió el 22 de octubre de 1953 (citada por González de Posada y Bru):

“Querido Profesor Duperier,



Le estoy escribiendo para informarle que el Department of Scientific and Industrial Research me ha autorizado para prestarle, de entrada durante dos años, un Equipo de Televisión Cintel para detectar Rayos C3smicos. Este Equipo, que ha estado funcionando en Manchester durante los recientes a3os, es propiedad del Department of Scientific and Industrial Research. El pr3stamo para Vd. se realiza para que pueda realizar m3s experimentos sobre detecci3n de rayos c3smicos en Madrid. Tenemos en mente tanto el inter3s de disponer de registros de rayos c3smicos en un nuevo lugar, donde las condiciones meteorol3gicas y de otro tipo son diferentes, como la gran expectativa de que Vd., con su gran experiencia en el an3lisis de datos, bien puede efectuar m3s aportaciones generales de importancia al asunto. El Department of Scientific and Industrial Research y yo personalmente estamos muy contentos de encontrarnos en disposici3n de hacerle este pr3stamo, no solo por las razones expuestas antes sino tambi3n como un tributo a su trabajo pionero durante su estancia en Gran Breta3a al campo de las variaciones temporales de los rayos c3smicos.

Le escribir3 de nuevo m3s tarde d3ndole la fecha en la que se env3an los aparatos”.

Aquel fue un conmovedor acto de generosidad, en el mejor esp3ritu de la ciencia, entendida 3sta como una empresa internacional. Una iniciativa de un hombre que era un gran oponente al r3gimen pol3tico que entonces gobernaba Espa3a, como revela la siguiente an3cdota. En 1969, Julio Palacios, entonces presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, F3sicas y Naturales, escribi3 a Blackett ofreci3ndole el nombramiento de miembro correspondiente de la Academia. El 12 de noviembre, Blackett contestaba: “Soy muy consciente del honor que la Academia desea conferirme, pero estoy seguro de que usted comprender3 las razones por las que en este momento no puedo aceptarlo”.

El 23 de agosto de 1954, desde Piedrahita donde estaba pasando el verano con su esposa e hija, Duperier daba de nuevo noticias a “Mr. Davies”. En primer lugar, le informaba que estaban a punto de resolver el problema de la vivienda: “A los pocos d3as de llegar yo [a Piedrahita] me escribi3 un viejo amigo que un magnate catal3n, due3o

de toda una barriada de m3s all3 de las Ventas de Madrid, acced3a por influencia suya a alquilarme uno de sus pisos dedicados a la venta”. Se trataba de un piso de cinco habitaciones en el barrio de La Concepci3n. Tambi3n se refer3a a la situaci3n profesional:

“En lo cient3fico, creo que a fines de a3o o primeros del pr3ximo podr3 empezar con los trabajos experimentales. Los aparatos de Inglaterra, que entraron en Bilbao a mediados de diciembre, llegaron por fin a Madrid a mediados de junio, pero aunque hace tiempo que se tom3 el acuerdo de proporcionarme un laboratorio, la construcci3n no comenz3 hasta hace unos d3as y me temo que sean necesarios cuatro o cinco meses para disponer del laboratorio *ad hoc* que necesito. Mientras tanto he ido preparando para la publicaci3n lo que he podido sobre resultados de experimentos antiguos, pero con gusto porque por lo que llevo visto de lo publicado en diversas partes del mundo desde que sal3 de Londres, todo est3 en armon3a [sic] con lo que yo obtuve, en particular con lo de la emisi3n de rayos c3smicos por el sol”.

Un detalle de esta carta digno de rese3ar es el siguiente:

“Le agradec3 mucho el recorte sobre antiprotones y estoy seguro de que habr3n de venirme muy bien cuantos recortes me env3e por el estilo. El hallazgo del antiprot3n viene constituyendo una meta muy codiciada en estos 3ltimos a3os, si bien su existencia no sea absolutamente necesaria. En Manchester creyeron m3s de una vez haberlo encontrado, porque las fotograf3as se prestan a una diversidad de interpretaciones cuando se pretende afinar mucho en ellas. No conozco todav3a detalles del an3lisis en ninguno de los dos casos de Am3rica y no s3, por tanto, con cuanta reserva mental habr3a que dar por realizado el descubrimiento. Pero es indudable que los a3os que vivimos ser3n transcendentales en la historia de la F3sica”.

La siguiente carta a “Mr. Davies” que se conserva en el Archivo Hist3rico Nacional lleva fecha del 10 de julio de 1955 (impresa en el papel la direcci3n: Virgen del Portillo, 37, 4º 2º. Barrio de la Concepci3n). Extraigo de ella los detalles m3s relevantes referentes a la actividad de Duperier:

“Casi coincidiendo con esto [una visita], yo entraba de lleno en la tarea agotadora de los exámenes, que absorbiendo todo mi tiempo no me ha dejado ocuparme de mis cosas hasta ahora. Gran parte de esta labor de exámenes no es obligatoria para los universitarios, pero la aceptamos los que nos vemos en necesidad de la remuneración extraordinaria que lleva consigo. Ardía en deseos de terminar, en primer lugar para escribirle, y en segundo lugar para ponerme a dar los últimos toques a la comunicación que quiero hacer al Congreso de Rayos Cósmicos que se celebrará en Guanajuato (Méjico) del 5 al 13 de septiembre. Me invitó la Comisión de Rayos Cósmicos de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada e iré con cargo a ella, como particular, sin ostentar la representación de España. Voy porque el Congreso tiene gran interés para mí por las cuestiones a tratar, aunque no deja de preocuparme la altura de Guanajuato, algo inferior solamente a la de Méjico capital. Por esto, es mi propósito salir de Méjico inmediatamente que termine el Congreso, regresando por Norteamérica si me alcanzan los recursos. Yo me siento muy bien, pero los médicos me aconsejan que no me arriesgue a ir en avión e iré por mar, saliendo de Vigo el 14 de agosto con rumbo a la Habana y Veracruz. Si por sus conocimientos de la vida tropical tiene Vd. algo que recomendarme, no deje de hacerlo, que se lo agradeceré mucho [...].

Mi comunicación será de carácter técnico. No veo cerca todavía el día en que pueda disponer del laboratorio adecuado para iniciar los estudios de índole experimental. Pero el Congreso me interesa también por el gran aflujo de norteamericanos que es de esperar. Solamente ellos han dado cuenta en publicación reciente de haber logrado la confirmación rotunda de un fenómeno que yo encontré que tenía lugar en la alta atmósfera y que a los ingleses les costó gran trabajo confirmar. Pero a todo esto, no sé todavía cómo voy a conseguir el visado para Méjico, dada la falta de relaciones diplomáticas con España”.

La invitación para asistir al Congreso de Guanajuato había procedido de Blackett, quien en una carta del 25 de abril de 1955 le decía:

“Querido Arturo,

Tenía intención de escribirte una carta personal cuando envié el programa provisional de la Conferencia de México, pero me olvidé de hacerlo porque estaba a punto de marcharme a París. La Comisión de Rayos Cósmicos pagará definitivamente tu viaje y gastos durante

la conferencia en México. Los fondos son limitados, pero tú eres uno de los investigadores más importantes en el campo por lo que estamos encantados de pagar tus gastos. Como creo que el médico no te permite viajar por aire, irás en barco. Sería muy conveniente si nos informases lo antes posible lo que costará tu pasaje a México.

Me alegra mucho que tengas nuevo trabajo que comunicar. Nos pondremos en contacto contigo de nuevo sobre los detalles del programa.

Siento que te cueste tanto trabajo hacer que tu laboratorio se ponga en marcha, pero espero que pronto esté funcionando completamente.

Pat recibió ayer carta de Ana María a nuestra vuelta de París”.

El 31 de julio, desde Ávila, donde pasaban las vacaciones, aunque Duperier iba y venía a Madrid, informaba a “Mr. Davies” que “La autorización para asistir al Congreso ha costado dos meses, y en ella se dice que ‘para permanecer en Méjico del 5 al 13 de septiembre’, justamente los días de la reunión. Después, cuando hice notar que yo no podía saber cuándo podré disponer de barco para volver se me ha autorizado verbalmente a regresar por Norteamérica, concediéndome unas pocas pesetas para que unidas a lo que la Comisión internacional me permitan, sin desprecio del céntimo, volver por allí”. Y así, el 12 de agosto salió de Ávila hacia Vigo, donde embarcó estando prevista llegada a La Habana el 25, para partir el 27 arribando a Veracruz el 29. En el Congreso de Guanajuato, el cuarto internacional dedicado a los rayos cósmicos, lo organizó el distinguido físico mexicano Manuel Vallarta, y Duperier presentó una comunicación titulada “On the positive effect”.

## El permiso político para el regreso de Duperier

Antes de continuar tratando de la importante, y muy comentada en lo que se ha escrito hasta ahora de los instrumentos que Inglaterra prestó a Duperier, y sobre la que existen unas frases esclarecedoras en la correspondencia con Araquistáin, es obligado preguntarse si hubo algún tipo de “autorización política” previa para

que se produjese su regreso a España. Así fue, de hecho, como muestra un documento del Juzgado Superior de Revisiones del Ministerio de Educación Nacional con fecha del 23 de marzo de 1953. Lo cito en su totalidad:<sup>35</sup>

“Ilmo. Sr.:

Vista la solicitud presentada por D. ARTURO DUPERIER VALLESA, catedrático que fue de la Universidad de Madrid, en la que solicita su reincorporación a la Facultad de Ciencias de dicha Universidad a la que perteneció.

RESULTANDO que, dicho señor no se presentó a servir su cargo dentro de los plazos establecidos por lo que en aplicación de lo dispuesto en el Artículo 171 de la Ley de 9 de septiembre de 1857 fue separado del servicio por abandono de destino.

CONSIDERANDO, que el Sr. Duperier presenta informes que le son en alto grado favorables de catedráticos universitarios de gran reputación y de varios sacerdotes.

CONSIDERANDO, que nunca ha tomado parte en las luchas políticas, ni ha manifestado ningún extremismo político según rotundamente declaran D. Julio Palacios y D. José Baltá, ambos catedráticos de la Facultad de Ciencias de Madrid y miembros de número de la Academia de Ciencias, D. Francisco Morán Samaniego, catedrático de la misma Facultad, D. Juan Cabrera Felipe, catedrático de la Facultad de Ciencias de Zaragoza y D. Alejandro Familiar Pérez, Militante de F. E. T., quienes tuvieron con el Sr. Duperier durante muchos años muy estrecha relación, aquéllos por razón de los estudios a que se han consagrado y éste por motivos de amistad y paisanaje.

CONSIDERANDO, que nunca ha tenido actividades antirreligiosas como atestiguan el Sr. Deán de la Catedral de Ávila y Vicario General del Obispado y el Sr. Rector del Seminario de la misma ciudad, manifestaciones que concuerdan por completo con las hechas por D. Julio Palacios, D. José Baltá y D. Francisco Morán Samaniego a quienes consta *de visu* su ortodoxia religiosa durante sus estancias en el extranjero.

CONSIDERANDO, que el Sr. Duperier ha sido objeto de ofrecimientos de cargos bien remunerados por parte de entidades científicas extranjeras, en particular inglesas, para que continuara en este país los estudios a que se dedica, habiéndosele hecho

---

35 AGA. Agradezco a Alfredo Llorente que me proporcionara copia de este documento.

indicaciones que siempre rechazó para que solicitara la nacionalidad inglesa.<sup>36</sup>

CONSIDERANDO, la extraordinaria reputación del Sr. Duperier, su prestigio internacional por sus investigaciones sobre radiación cósmica y la conveniencia de que la Universidad española no pierda una personalidad científica de semejante relieve.

CONSIDERANDO, que no ha sido objeto de condena, ni ha pertenecido a la masonería.

El juez que suscribe tiene el honor de proponer a V. I. se declare depurado a D. ARTURO DUPERIER VALLESA y reincorporado al servicio del Profesorado en la Facultad de Ciencias de Madrid donde sirvió con la sanción de inhabilitación por tres años para cargos directivos y de confianza.

V. I. no obstante resolverá lo que estime procedente.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 23 de marzo de 1953.

El juez [firma ilegible]”.

Destacan en este escrito varios puntos: (1) el apoyo que le prestaron Palacios, Baltá, Morán Samaniego, Juan Cabrera y Familiar Pérez;<sup>37</sup> (2) la importancia de la “ortodoxia religiosa”; (3) el no haber sido miembro de la masonería; y (4) el prestigio científico internacional de que gozaba. Los puntos (2) y (3) eran muy característicos de la España de entonces, o mejor, del discurso político.

## La cuestión de la llegada de los aparatos ingleses

En la carta antes citada de Duperier a Mr. Davies (Araquistáin) del 23 de agosto de 1954, este escribía, recordemos, que “los aparatos de Inglaterra, que entraron en Bilbao a mediados de diciembre, llegaron

---

36 Parece que una de tales ofertas fue la dirección de la estación de observación de rayos cósmicos que Estados Unidos mantenía en Huancayo, una de las ciudades más altas de Perú (se encuentra a 3249 metros sobre el nivel del mar).

37 Juan Cabrera, hermano de Blas, llegará ser rector de la Universidad de Zaragoza. Fue uno de los que visitó a Duperier mientras este vivía en Inglaterra; otros fueron Luis Bru, y José García Santemesas, pionero de la informática en España.



Fig. 15

Participantes en el congreso organizado por la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP) para especialistas en Radiación Cósmica en Guanajuato (México, 1955).

Archivo de la familia de Arturo Duperier

por fin a Madrid a mediados de junio”. Esta afirmación contrasta con la historia, continuamente repetida, de que los aparatos que gracias a la mediación de Blackett se enviaron a España, fueron retenidos varios años en la aduana de Bilbao. En este sentido, en su libro sobre Duperier, González de Posada y Bru, escribieron (p. 215):

“Parte fundamental de la tragedia de Duperier —o del martirio científico a que fue sometido— la constituyó el tristísimo y lamentable asunto de la retención de los aparatos cedidos por Inglaterra en la aduana de Bilbao.

Los cajones fueron retenidos allí durante varios años por falta de pago de los aranceles. Duperier no tenía dinero (modesto piso, transporte público agotador) y el gobierno español no concedía exención de aranceles y la Universidad no se hacía cargo del costo.

Las protestas del gobierno británico lograron finalmente (otoño de 1958), ¡cinco años!, que pudiera efectuarse el traslado a la Universidad de Madrid”.

Más allá de lo que escribió Duperier a Araquistáin, no dispongo de más pruebas de la llegada de esos instrumentos a Madrid en 1954, pero tampoco conozco ningún documento en el sentido de que no llegasen hasta 1958, independientemente de lo que posteriormente escribieran colegas y amigos de Duperier como Luis Bru o Julio Palacios. Sin embargo, ¡cómo desautorizar lo que el propio Duperier escribió! Una posibilidad es que aquellos instrumentos guardasen el sueño de los justos durante mucho tiempo en algún sótano de la Facultad de Ciencias madrileña ya que el laboratorio que se prometió a Duperier no se materializaba; recordemos otra frase de la carta a Araquistáin: “pero aunque hace tiempo que se tomó el acuerdo de proporcionarme un laboratorio, la construcción no comenzó hasta hace unos días y me temo que sean necesarios cuatro o cinco meses para disponer del laboratorio ad hoc que necesito”. Acaso fueron necesarios muchos meses más. Parece, de hecho, que la construcción en la terraza de la Facultad se desarrolló con gran lentitud, finalizando en 1958, y que los aparatos nunca llegaron a subirse allí.

La familia Duperier ha conservado también una carta de Blackett a Duperier del 28 de agosto de 1957, desde el Departamento de Física del Imperial College, en la que pedía que se devolvieran los aparatos a Inglaterra:

“Querido Duperier,

Recordará que hace unos cuatro años le prestamos unos materiales para registrar rayos cósmicos. Me pregunto ahora si podría devolvernos este equipo de manera que podamos hacer uso de él en el grupo del Dr. Elliot que trabaja aquí. Si pudiera hacerse esto, tal vez usted podría encargarse de que me lo envíen a mí aquí. Estaremos felices de pagar el transporte”.

Lo que esta carta sugiere es que Blackett se había dado cuenta, o sabía gracias a lo que Duperier le dijo a él o a algún otro científico inglés, que los aparatos que se habían enviado a Madrid no habían producido ningún resultado.

El “Dr. Elliot” que aparece citado era Harry Elliot (1920-2009), que había comenzado a trabajar en rayos cósmicos —sobre su naturaleza y origen— con Blackett en Manchester, pasando al Imperial College cuando éste se mudó allí en 1953. En el Imperial, Elliot estableció uno de los principales centros de investigación sobre rayos cósmicos del Reino Unido. En un artículo en el que recordaba los trabajos que se llevaron a cabo en Manchester, Elliot dedicó una sección específica a Duperier, cuyo contenido reproduzco en el Apéndice B.

Un año después de la anterior carta, el 22 de octubre de 1958, Blackett volvía a insistir en recuperar los instrumentos:

“Querido Duperier:

Siento que me perdí verte mientras pasaste por aquí para la Conferencia y hablar contigo sobre el equipo para medir rayos cósmicos. Recordarás que te escribí hace alrededor de un año preguntándote cuándo se podría comenzar a operar con ellos, pero deduzco de Elliot que todavía no existe perspectiva inmediata de que seas capaz de hacer esto.

El equipo ha estado en España hasta ahora la mayor parte de cinco años y creo que si no existe perspectiva de que sea utilizado lo mejor sería que volviese a este país. Podemos muy bien utilizarlo para nuestro trabajo aquí, y estoy seguro de que estarás de acuerdo de que sería una pena que permaneciese inactivo indefinidamente en Madrid cuando podría ser puesto a un servicio útil.

¿Podrías, por favor, decirme lo más pronto posible lo que piensas sobre esto de manera que podamos hacer los necesarios preparativos con suficiente tiempo?”.

Debió ser doloroso para Duperier recibir escritos como este, por muy comprensivos y respetuosos que fueran. Más que una humillación, la sensación de que su regreso a España no había servido de nada, al menos desde el punto de vista científico.

En base a documentos, esto es todo lo que puedo decir.

## ¿Un Laboratorio de Radiación Cósmica?

Al reincorporarse a la Facultad de Ciencias Duperier pretendía implantar la enseñanza e investigación en la radiación cósmica, creando así un grupo en España de investigación, acaso una escuela, en rayos cósmicos. En lo que se refiere a la enseñanza, existían problemas como se comprueba en el siguiente escrito, que el secretario de la Sección de Físicas dirigió al decano de la Facultad de Ciencias el 20 de diciembre de 1957:<sup>38</sup>

“Ilmo. Sr.

Por el Ministerio de Educación Nacional no ha sido concedida la extensión de Cátedra solicitada por la Sección de Físicas para el Catedrático de Radiación Cósmica, Dr. D. Arturo Duperier Vallesa. Como la Sección estima que la propuesta de dicha extensión está completamente justificada, cree debe repetirse, detallando que se basaba en los siguientes motivos:

La asignatura de Radiación Cósmica es obligatoria para las especialidades de Meteorología y de Geofísica, y aunque no lo es para las de Física Teórica, se ha autorizado a gran número de alumnos de esta especialidad a que la cursen como obligatoria en sustitución de otra. El contenido de los cursos no es el mismo, y las enseñanzas se han dado en los años anteriores, y se dan en el actual por separado en su mayor parte, lo que exige al titular de la Cátedra un mínimo de cinco horas semanales de clase teórica.

Lo que, como Secretario de la Sección, tengo el gusto de comunicar a V.I., para su aprobación y traslado a la Superioridad, si así lo estima oportuno”.

Como se ve, a Duperier se le adjudicó finalmente el título de catedrático de Radiación cósmica. En el archivo de la Facultad de Ciencias, Sección de Físicas, se conservan tres notas manuscritas en las que se especifican sus actividades docentes:

“Ampliación de Física (Geológicas), Ext. Cat. 8.400 pts. Orden 28-9-56. Curso monográfico Doctorado Físicas. Radiación cósmica, O. 15-x-56.

1957-58: Radiación cósmica (Físicas con sus haberes, O. 24-x-57. Ampliación de Física (Geol.). Ext. Cat. 8400., O. 24-x-57.

1958-59: Radiación cósmica (cursillo doctorado, O. 24-xi-58. Ampliación de Física (2º G.). 8400 pts., O. 24-xi-58.”

En lo relativo a la investigación, Duperier pretendía montar un laboratorio, y al principio parecía que podría lograrlo. Existen algunos datos que sugieren que así fue. El primero es una carta de Blackett a Duperier fechada el 16 de octubre de 1956, en la que se lee:

“Querido Arturo,

Me alegran mucho tus buenas noticias. La mejor forma de enviar el dinero aquí sería mediante un cheque pagable al Imperial College of Science and Technology y enviármelo directamente a mí, de manera que yo pueda entonces pasárselo al College con las necesarias instrucciones. Por favor, dime cuándo sale el cheque para comenzar los movimientos oportunos.

<sup>38</sup> Este y los documentos que siguen proceden del archivo de la Facultad de Ciencias de Madrid.

Esperamos con ilusión tu venida y haremos todo lo que podamos para ayudarte a que obtengas lo que quieres. Si pudieses hacernos saber de antemano algunas de las cosas en que estas interesado en obtener, podemos reunir catálogos, citas, etc.”

Blackett mencionaba aquí un viaje que Duperier planeaba realizar a Inglaterra con el fin de adquirir, parecía implicarse, instrumentos científicos, para lo que debía de haber conseguido algún dinero.<sup>39</sup> Y el viaje se llevó a cabo, como se deduce del permiso que recibió en 1957 para que se trasladara un mes a Inglaterra, “para realizar un viaje de carácter científico” (oficio del rector al decano de la Facultad, de 15 de enero de 1957).<sup>40</sup>

Que el viaje era, efectivamente, para comprar instrumentos, con una financiación que había conseguido para ello, se detalla en un documento mecanografiado que la familia Duperier conserva —las tres primeras páginas únicamente—, sin duda preparado por Duperier, en el que se especificaba el propósito y funciones que debía cumplir el Laboratorio de Radiación cósmica que proyectaba establecer en la Facultad de Ciencias. El documento no está datado, pero debió escribirse a finales de 1957 o comienzos de 1958. En el Apéndice C lo reproduzco en su totalidad, pero ahora es necesario citar parte de él:

---

39 En la biblioteca de Duperier, donada por su familia al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, se halla un catálogo de instrumental científico de 1956 que puede perfectamente interpretarse como material que utilizó para informarse qué instrumentos comprar. Una de esas obras era *Handbook of scientific instruments and apparatus 1956: exhibition to be held in the Old and New Halls of the Royal Horticultural Society Westminster, London from Monday, 14th May to Thursday, 17th May, published in connection with 40th Physical Society Exhibition*.

40 Sobre este viaje, González de Posada Bru citan (p. 219) —es su única mención— los siguientes recuerdos de la esposa de Duperier: “Arturo necesitaba aparatitos pequeños y le dijeron —con autorización del Ministro Rubio— que se fuera a Londres. Sampedro era subsecretario de Hacienda. Lo llamaron con objeto de que se fuera a Inglaterra con un cheque para que comprara estos aparatos pequeños. / ¿Qué puedo gastarme? He tenido un infarto —le dijo Arturo. / Lo que Ud. quiera. / No voy a coger el cheque. Envíenlo al Imperial College a nombre del profesor Blackett. Yo no quiero tocar el dinero. / Nos fuimos un mes. Compró lo que tuvo que comprar y lo que nos sobró se lo mandaron a Rubio”.

“Las investigaciones en relación con la componente mesónica a que antes se hace referencia se emprenderán con el material cedido a Duperier por el DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH de Inglaterra y el IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY de la Universidad de Londres. El resto de la investigación, así como las demás funciones del Laboratorio, quedarán atendidas en su comienzo con parte todavía del material anterior y con el que ha sido adquirido recientemente en Inglaterra con el sobrante de las tres mil libras esterlinas que fueron concedidas por el Ministerio de Comercio para la adquisición, esencialmente, del equipo eléctrico que permitiera proveer al Laboratorio de la tensión eléctrica de regularidad y permanencia indispensables para el logro de resultados de valor en la investigación. Quizás se debe hacer notar que entre el material científico conseguido de esta manera se halla el que hará posible la extensión de investigación más allá de lo que se pensó en un principio, con la inclusión del estudio de la componente nucleónica que antes se menciona, estudio al que hoy se concede tanta importancia como al de la componente mesónica”.

Las peticiones que Duperier hacía, razonables como eran, y lo que éstas significaban en financiación estaban, seguramente, completamente fuera de las posibilidades —o de lo acostumbrado— en la Facultad de Ciencias, más aún en la universidad española de la época. La investigación científica estaba entonces —volveré a este punto más adelante— concentrada en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. De hecho, es posible que sus peticiones suscitaran resentimiento entre algunos —no, ciertamente, en todos— de sus colegas de Facultad. Lo que la lectura de este documento muestra es la pobre situación en que se encontraba, en lo relativo a disponer de una infraestructura de apoyo a la investigación, la Facultad de Ciencias madrileña, y eso que se trataba de la principal Facultad de Ciencias de España.

En otro orden de cosas, pero también relacionado con ese laboratorio, en el archivo de la Facultad de Ciencias, Sección de Físicas, se halla una solicitud que Duperier dirigió al decano de la Facultad el 25 de enero de 1958. En ella decía que “En relación con el mobiliario del

Laboratorio de Radiación Cósmica de esta Facultad, tengo el honor de poner en conocimiento de V. que las necesidades son las siguientes: 15 Banquetas. 8 Sillas. 4 Mesas móviles. 8 Bancadas. 1 Banco de Taller pequeño. 6 Armarios pequeños para debajo de las poyatas. Tela plástica para protección de instrumentos. 4 Flexos. 1 Mesa de Prof. y sillón. 1 Mesa-poyata. 1 Armario-ropero pequeño. 1 Mesa de Prof. Adjunto y sillón. 1 Mesa para máquina de escribir y mesa escritorio. 1 Mesa para máquina de calcular y mesa escritorio”. Se trataba, obviamente, de una solicitud relacionada con la parte del laboratorio destinada a prácticas para estudiantes; de hecho, en la petición para que “si es posible, se atienda la anterior petición”, que el decano transmitió a su vez el 17 de junio! al Secretario de la Junta de la Ciudad Universitaria —un ejemplo palmario de la lenta burocracia universitaria—, decía: “Ampliado, por necesidades de la enseñanza, el Laboratorio de Radiación Cósmica de esta Facultad, el Catedrático titular...”

## Otro viaje a Inglaterra

En 1958, Duperier volvió a Inglaterra. El 19 de mayo de aquel año, Duperier recibió una carta de Blackett en la que éste le decía:

“Querido Arturo,

Estoy muy contento de que quieras venir a la Conferencia de Newcastle. Creo que Wolfendale ya te habrá escrito pero si no, por favor escríbele directamente a él al Departamento de Física, Durham Colleges, Durham. Es *lecturer* allí con Rochester, a quien, por supuesto, recordaras. Yo me ocuparé de que tus gastos en Inglaterra se cubran de alguna manera. ¿Podrás obtener los gastos de tu viaje de España? Si tienes dificultad, dímelo y veré si puede hacerse desde aquí.

Si es posible, espero poder verte cuando vengas a Inglaterra. Sin embargo, puede ser que yo esté entonces en el extranjero, pero te lo diré más tarde”.

La conferencia en cuestión, organizada por la Physical

Society, se celebró en Durham Colleges de la Universidad de Durham del 24 al 25 de septiembre (1958). Asistieron alrededor de un centenar de delegados de la mayor parte de los centros europeos en los que se investigaba en rayos cósmicos. El tema de la conferencia fue doble: el significado cósmico y geofísico de las medidas de rayos cósmicos, y la física nuclear de interacciones entre partículas. En el resumen de la conferencia que publicó en *Nature*, Arnold Wolfendale se refirió a algunos de los temas que se trataron:<sup>41</sup>

“Ponentes del Imperial College of Science and Technology hablaron de la interacción de los rayos cósmicos primarios con el campo magnético de la Tierra. Experimentos realizados en los pocos últimos años han demostrado que la posición de Ecuador de los rayos cósmicos, esto es, el lugar del mínimo de intensidad de los rayos cósmicos, no es consistente con el Ecuador magnético basado en un campo dipolar excéntrico. [...] Un tratamiento más preciso del efecto del campo magnético terrestre que tome en cuenta las varias anomalías magnéticas elimina la discrepancia entre los respectivos Ecuadores.

El desarrollo de la componente muónica a través de la atmósfera y bajo tierra ocupó la siguiente sesión. Se demostró que las medidas a nivel del mar del flujo de muones proporcionan información sobre la multiplicidad del espectro de masa de los productos de las interacciones primarias”.

Finalmente, Wolfendale escribía:

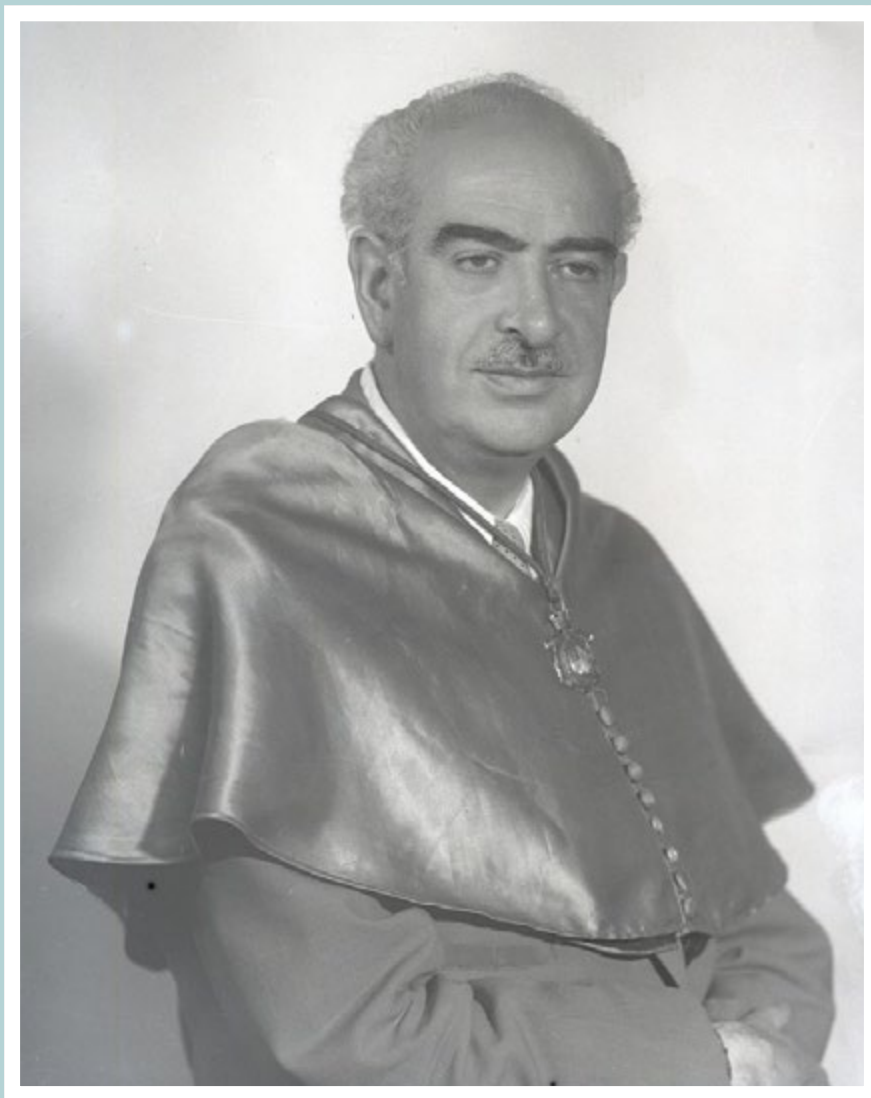
“Las conclusiones a extraer de esta Conferencia en la que tantas cuestiones se trataron, es que todavía hay mucho que aprender de virtualmente todos los aspectos del campo. Parecería que durante algún tiempo los experimentos sobre rayos cósmicos serán probablemente la única fuente de conocimiento sobre los procesos nucleares a energías mayores que 20 GeV”.

El citado Wolfendale era Arnold Wolfendale (1927-2020), quien posteriormente desarrolló una brillante carrera en el campo de la astrofísica, siendo *professor* de Física en el

---

41 Ver A. W. Wolfendale, “Cosmic rays: Conference at Durham”, *Nature* 182, 1281-1283 (1958).





**Fig. 16**

**Retrato de Arturo Duperier con la muceta y la medalla profesoral o de cátedra del traje académico universitario, a su vuelta a España.  
Archivo de la familia de Arturo Duperier**

Departamento de Física de Durham entre 1965 y 1992, y reconocido con el título de *Sir*. Coincidió con él en una conferencia que se celebró en mayo de 2012 en Poellau (Styria, Austria), “100 Years of Cosmic Particles. Joint symposium in honour of Victor F. Hess”.<sup>42</sup> En posteriores correos electrónicos, Wolfendale me explicó que las actas de la conferencia no llegaron a publicarse pero que recordaba una anécdota de la intervención de Duperier: “Harry Elliot era el *chairman* y Arturo Duperier se excedió del tiempo que le correspondía.<sup>43</sup> Y se le ‘ordenó’ terminar, pero no lo hacía. De manera que Elliot se levantó, caminó hacia donde estaba Duperier y ¡le cogió por el brazo dando así por terminada su intervención! Aquello nos divirtió mucho a todos, y yo siempre recuerdo este suceso único”.<sup>44</sup>

## Académico electo de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

En España, a pesar de todos los problemas con que se encontró, Duperier recibió algunos reconocimientos, a la cabeza de ellos uno de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que le eligió académico en la sesión de 5 de febrero de 1958, para cubrir la vacante que dejaba el fallecimiento de Miguel Antonio Catalán (medalla número 22), el descubridor de los multiplétes. Su candidatura fue presentada por los académicos José Baltá Elías, Julio Palacios Martínez y José Antonio de Artigas Sanz. En su propuesta, firmada por los tres, escribieron:<sup>45</sup>

42 Mi ponencia allí se tituló “Physics ad Spanish politics: Arturo Duperier’s cosmic ray research as an exiled in England and his relationship with Blackett (1939-1953)”.

43 Parece que en aquella ocasión Duperier habló sobre un “Nuevo método para el cálculo de los fenómenos de interacción entre las partículas dotadas de altísimas energías y de sus trayectorias”.

44 En esos correos electrónicos, Wolfendale también le señaló que la conferencia Guthrie que Duperier pronunció en 1945 “constituyó una lectura importante para el recientemente graduado Arnold”. También que Blackett era “un brillante, carismático hombre que compartía muchas características con Arturo Duperier”.

45 Archivo de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

“Los Académicos de la Sección de Físico-Químicas que suscriben, con objeto de cubrir la vacante existente en esta Sección por fallecimiento del malogrado Académico electo Excmo. Sr. D. Miguel Catalán Sañudo, tienen el honor de proponer para aquella vacante, al Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid D. ARTURO DUPERIER VALLESA prestigiosa personalidad científica de renombre mundial, cuyo *curriculum vitae* se adjunta.

Madrid 27 de diciembre de 1957”.

Pero como Catalán, que no llegó a realizar el obligado discurso de entrada para dejar de ser “electo” y convertirse en “numerario”, Duperier no logró leer su discurso, que no alcanzó siquiera a comenzar. Falleció, de un infarto, el 10 de febrero de 1959.

## La Universidad española, un erial investigador en las décadas de 1940-1950

Arturo Duperier no consiguió, como hemos visto, continuar sus investigaciones en la Facultad de Ciencias madrileña, pero hay que tener en cuenta que después de la Guerra Civil, y durante mucho tiempo, las universidades españolas fueron, en general y salvo contadas excepciones, un erial en lo que a la investigación se refiere. Esas investigaciones, tanto en el campo de las ciencias de la naturaleza como en las sociales, se concentraban en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la institución heredera de la Junta para Ampliación de Estudios creada en 1939.<sup>46</sup> De hecho, el rasgo “descentralizador”, si se puede llamar así, de la investigación científica apartándola de la universidad caracterizó también la política de la JAE.

En lo que a la física, la disciplina de Duperier, se refiere, los catedráticos de la materia se fueron organizando,

46 Ver en este sentido, José Manuel Sánchez Ron, *El Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Una ventana al conocimiento (1939-2014)* (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 2021).

consiguiendo que fuese mejorando su situación, mejora en la que ayudó la Junta de Energía Nuclear. Muestra de que esos profesores universitarios intentaron organizarse es una reunión que se celebró en el verano de 1957 en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander, en la que participaron 22 catedráticos de Física de las universidades españolas, 12 de ellos pertenecientes a la Universidad de Madrid, un detalle éste que muestra la “centralidad” que esta universidad todavía mantenía. En la fotografía (fig. 17) aparecen los asistentes a aquella reunión, Duperier uno de ellos, mientras que en la columna de la derecha aparecen algunos de los que faltaron.<sup>47</sup>

## Los aparatos ingleses o una historia interminable

Como esas historias interminables, que continúan con el paso de los años, a veces de generaciones, la historia de los aparatos que Patrick Blackett logró que se prestasen a Duperier no terminó con el fallecimiento de éste. Ya vimos que Blackett reclamó a Duperier la devolución del equipo, petición que reanudó a la muerte de su amigo y colega. En el Archivo de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid se han conservado unos documentos que explican algo de lo que sucedió. El primero es uno que se envió desde el Ministerio de Asuntos Exteriores al decano de Ciencias el 8 de mayo de 1959. Decía lo siguiente:

“ltmo. Señor:

Tengo el honor de poner en conocimiento de V.I. que el Sr. Embajador de España en Londres, por Despacho de 11 del pasado mes de marzo, informaba a esta Dirección General que el profesor Blackett, Jefe del Departamento de Física del ‘Imperial College of Science and Technology’, de la Universidad de Londres, ha dirigido un escrito al Sr. Secretario General del Consejo Superior de Investigaciones Científicas referente a la devolución de algunos

aparatos relacionados con los rayos cósmicos, que fueron prestados por el Departamento de Investigación Científica e Industrial al recientemente fallecido profesor D. Arturo Duperier, de la Universidad de Madrid.

Trasladado cuanto antecede al citado Centro, informa el Secretario General del mismo a esta Dirección General que dicho Consejo nada tiene que ver con el préstamo aludido, por lo que mucho agradecería a V.I. tuviese a bien indicar a este Departamento, para su transmisión a nuestra Embajada en Londres, si han sido iniciados los trámites oportunos para la devolución de los mencionados aparatos, a cuyo fin pudiera buscarse la cooperación de la Embajada Británica en Madrid, según insinuó nuestro Embajador en Londres al profesor Blackett”.

El 20 de mayo el decano respondía que “se han tomado ya las medidas necesarias para embalar debidamente los instrumentos que el ‘Imperial College of Science and Technology’ envió hace ya tiempo al Prof. Duperier para que éste continuase los trabajos iniciados en Londres. / En cuanto estén en condiciones de envío serán remitidos a su destino para lo cual si hiciese falta se recabaría la cooperación de la Embajada Británica en Madrid, según indica en su escrito”. Tres semanas después, el 11 el junio el decano informaba, esta vez al rector, que “ya se habían tomado las medidas para el debido embalaje de los citados instrumentos con el fin de devolverlos a su procedencia. En estos momentos están los aparatos debidamente acondicionados en cajas dispuestas para su envío al Imperial College of Science and Technology, faltando solamente para su trámite la debida autorización de V. M. E. y la comunicación del Rectorado a la Dirección General de Aduanas con el fin de que el despacho correspondiente se realice en Madrid, de modo análogo a como aconteció en la recepción, con el fin de evitar que la apertura de las cajas sin la presencia del personal técnico adecuado pueda motivar la rotura del algún instrumento”. El 15 de junio, el rector autorizaba la devolución de los aparatos, participando al decano “que con esta fecha se traslada comunicación de referencia a la Superioridad, a los efectos que se interesan en relación con la Dirección General de Aduanas”. Y no

47 Carlos Sánchez del Río, uno de los asistentes a la reunión, me facilitó copia de esta fotografía.



Fig. 17

“Reunión de Catedráticos de Universidades españolas de Física, Santander 1957.

De izda. a dcha.: Jesús Tharrats i Vidal; Gonzalo González-Salazar Gallart; Miguel Ángel Catalán Sañudo; Antonio Espurz Sánchez; Joaquín Catalá de Alemany; Justiniano Casas Peláez; Maximino Rodríguez Vidal; Justo Mañas Díaz; Mariano Velasco Durántez; Salvador Velayos Hermida; Arturo Duperier Vallesa; José Baltá Elías; Juan Cabrera y Felipe; Carlos Sánchez del Río y Sierra; Armando Durán Miranda; Francisco Morán Samaniego; Rafael Domínguez Ruiz Aguirre. Derecha: Julio Palacios Martínez, Jos García Santesmases, Luis Brú Villaseca, Luis Lozano Calvo y Josep M. Vidal Llenas que también eran Catedráticos en esa fecha.

Información proporcionada por los Profesores Carlos Sánchez del Río, Alberto Galindo Tixaire y Cristóbal Fernández Pineda.”

pararon ahí los trámites, oficios de entrada y de salida, en un interminable ir y venir que refleja el endémico mal de aquejaba —y continúa aquejando— a la legalista Administración española.

Y como si fuera una opereta bufa, cuando finalmente se enviaron los aparatos se cometieron errores, que se detallaban en una comunicación que el decano de Ciencias dirigió al rector el 9 de septiembre y que éste a su vez remitió el 15 de septiembre al subsecretario del Ministerio de Educación Nacional:

“Al enviar al Imperial College de Londres, el material que ese Centro había prestado para su uso al fallecido Profesor Dr. D. Arturo Duperier Vallesa, se incluyeron algunos aparatos que pertenecieron a esta Facultad. El Imperial College los devuelve ahora en 2 cajas con un peso de 547 Kgs. Conteniendo los instrumentos que a continuación se indican por el valor que se relaciona: en hoja adjunta [esta hoja no se conservado]. Estos instrumentos pertenecen a la Facultad y no deben por tanto pagar derechos de Aduana en la entrada, rogando a V. M. E. se dignen iniciar los trámites correspondientes con el fin de que el material anteriormente citado pueda ser despachado en la Aduana exento de pago de derechos para su uso en los laboratorios de esa Facultad”.

Todavía hubo más papeles en este sentido, pero no merece la pena continuar citándolos. Únicamente que los instrumentos entraron el 11 de octubre de 1960 en la Aduana de Irún.

Los aparatos que se habían enviado de más eran, estoy convencido, los que Duperier había adquirido en su viaje a Inglaterra de 1957. Son los mismos que desde hace años se conservan en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Fueron dejados en depósito al Museo procedentes de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense. Cuando se cedieron al Museo, y continuando con la errónea historia —prácticamente convertida en un mito— que se ha ido transmitiendo a lo largo de los años, se les comentó que eran “los famosos aparatos de Duperier que se quedaron retenidos en la Aduana”. En la presente

exposición estos aparatos se acompañan de la siguiente cartela, que merece la pena reproducir:

“Equipamiento electrónico para el estudio de los rayos cósmicos, c. 1957; Ericsson Telephones Ltd. ; Dynatron Radio Ltd. Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid OD1995/031/0260

Fabricado por la Instrument Division of Ericsson Telephones Ltd. (ETL) en High Church Street, New Basford (Nottingham, England). Este conjunto aparatos para el estudio de la radiación cósmica está formado por contadores de pulsos “por décadas” y sus respectivas unidades de potencia o fuentes de alimentación. En términos generales, el equipo contiene la electrónica empleada para adaptar los pulsos y contar las coincidencias producidas entre las señales eléctricas de los tubos Geiger cuando son atravesados por una partícula de rayos cósmicos.

Tal y como figura en el etiquetado de los embalajes, fue testado para el Imperial College of Science and Technology en 1957 y enviado con destino al laboratorio de Arturo Duperier en la Facultad de Ciencias de Madrid.

Al igual que sucedió con el equipamiento de registro de rayos cósmicos fabricado por Cintel Television Ltd. —inicialmente cedido por Patrick Blackett en 1953— y que no pudo ser instalado a su llegada a Madrid, este equipo de conteo tipo 101 A, tampoco llegaría a ser utilizado por el científico español, quien fallecería en 1959.”

## Epílogo

En 1984, cuando se cumplían veinticinco años del fallecimiento de Arturo Duperier, su hija recibió un conmovedor homenaje en forma de un telegrama que el distinguido físico Brian Flowers, lord Flowers, rector del Imperial College desde 1973 (mantuvo el puesto hasta 1985), dirigió a través de la sección española del British Council a su hija, María Eugenia Duperier, marquesa de Goubea por su matrimonio con Luis-Fernando Carvajal y Melgar, marqués de Goubea:<sup>48</sup>


---

48 Este documento también se reproduce en el libro de González de Posada y Bru, p. 294.

INDICACIONES RECEPCION

*Pis*

TELEGRAMA  
DIRECCION GENERAL DE CORREOS Y TELECOMUNICACION



ZCZC NDT490 INT132 LHA614 LLF3646 PFH0634 TLX6374 1503RADR  
ESMD CD GBLN 166  
LONDON/LN 166/156 31 1352 PAGE 1/50

MARQUESA DE GOUBEA  
C/O S.R.SMITH ESQ  
BRITISH COUNCIL  
ALHAGHO 5  
MADRID(4)

31 647

*BT JAN 1984*

*Ryp*

50080

A QUARTER OF A CENTURY AFTER HIS DEATH, THE OLDER GENERATION OF PHYSICISTS AT IMPERIAL COLLEGE BLACKETT LABORATORY STILL HAVE VIVID AND AFFECTIONATE MEMORIES OF PROFESSOR ARTURO DUPERIER. HE WAS A TRUE PIONEER, WITH SIMPLE APPARATUS, MUCH PATIENCE, AND

1503RADR - MARQUESA PAGE 2/50

SUBTLE MATHEMATICAL ANALYSIS HE GAVE PHYSICISTS A QUANTITATIVE UNDERSTANDING OF HOW THE COSMIC RAY INTENSITY AT GROUND LEVEL IS INFLUENCED BY ATMOSPHERIC CONDITIONS. HIS METHODS OF ANALYSIS WERE NEW--FORESHADOWING THE MODERN AGE OF MACHINE COMPUTATION--AND THE RESULTS HE OBTAINED POINTED THE WAY TO THE DEVELOPING FIELD OF ELEMENTARY PARTICLE

1503RADR - MARQUESA PAGE 3/50

PHYSICS. HIS HOPES OF MAKING FURTHER CONTRIBUTIONS TO THE DEVELOPMENT OF PHYSICS IN SPAIN TOOK HIM BACK TO MADRID, AND OUR GOOD WISHES WENT WITH HIM. SADLY HE DIED BEFORE HIS TIME. WE RESPECT HIS MEMORY AND SEND GREETINGS TO HIS WIDOW. HE WAS A GREAT SPANIARD AND A GREAT MAN.  
LORD FLOWERS  
RECTOR  
IMPERIAL COLLEGE

Fig. 18

Telegrama remitido por el distinguido físico Brian Flowers, lord Flowers, Rector del Imperial College London, a María Eugenia Duperier y Aymar en 1984, por el 25 aniversario del fallecimiento de Arturo Duperier. Archivo de la familia de Arturo Duperier

“Un cuarto de siglo después de su muerte, la vieja generación de físicos del Laboratorio Blackett del Imperial College todavía conserva vivos y afectuosos recuerdos del profesor Arturo Duperier. Él fue un verdadero pionero. Con aparatos sencillos, mucha paciencia y sutiles análisis matemáticos, dio a los físicos una comprensión cuantitativa de cómo se ve influida por las condiciones atmosféricas la intensidad de los rayos cósmicos al nivel del suelo. Sus métodos de análisis fueron nuevos —anticipando la moderna era de la computación con máquinas— y los resultados que obtuvo señalaron el camino al campo en desarrollo de la física de partículas elementales. Sus esperanzas de realizar más contribuciones al desarrollo de la física en España le condujeron a regresar a Madrid, y sus buenos deseos fueron con él. Desgraciadamente, murió antes de tiempo. Respetamos su memoria y enviamos saludos a su viuda. Fue un gran español y hombre.

Lord Flowers  
Rector  
Imperial College”

## Agradecimientos

Todas las cartas de Patrick Blackett a Arturo Duperier que he utilizado y que no llevan mención de procedencia tuvieron la gentileza de suministrármelas su hija, María Eugenia Duperier y Aymar, marquesa de Goubea, a quien agradezco su ayuda y amabilidad. Debo, asimismo, manifestar mi agradecimiento por su ayuda a Alfredo Llorente, sir Arnold Wolfendale (†), Rosa María Martín Latorre y Andrzej Wróblenski.

## APÉNDICES

### A

## “Los Rayos Cósmicos y el Congreso de Cracovia

ARTURO DUPERIER

Organizado por la Unión Internacional de Física y bajo los auspicios de la UNESCO, se celebró en Cracovia en el pasado mes de Octubre una conferencia internacional sobre rayos cósmicos. Tomaron parte en ella representantes de los grupos de investigación más destacados de Europa y América y asistieron a las deliberaciones gran número de otros investigadores interesados de diversos países.

Fue esta la primera vez, después del Congreso de 1939 en Chicago, que se reunían los hombres de ciencia especializados en estos estudios. La guerra, es verdad, había reducido la actividad en el campo de investigación de los rayos cósmicos, pero no tanto como hubiera podido creerse a primera vista. Los rayos cósmicos no interesan solamente por sus propiedades fascinadoras y los misterios de que aparecen rodeados. A causa de la tremenda energía de que vienen poseídos, constituyen agentes de desintegración potentísimos de los que el investigador en física nuclear, operando con agentes centenares y hasta millones de veces menos poderosos, espera siempre aprender mucho.

No sabemos dónde ni como se originan los rayos cósmicos, ni estamos tampoco muy seguros de conocer su verdadera naturaleza. Creemos que vienen de fuera de la tierra porque el número de los que recibimos disminuye cuando descendemos bajo el suelo y aumenta en cambio a medida que nos elevamos sobre la superficie terrestre.

En estas condiciones podría pensarse que vinieran del sol, pero como su número apenas cambia de las horas del día a las de la noche, si algunos vienen del sol tienen que ser muy pocos. Por la misma razón tampoco puede decirse que vengan de otra estrella en particular o de una nebulosa extragaláctica determinada. En realidad, parece como si vinieran de todas las regiones del universo, y de todas por igual.

Sin embargo, puede muy bien ocurrir que su número no sea exactamente el mismo en todas las direcciones. Si lográramos establecer que vienen más de alguna parte del cielo que de otras, es probable que el problema del origen de los rayos cósmicos quedara resuelto. Pero, ¿cómo determinar una diferencia que de existir sabemos ya que ha de ser pequeñísima? Evidentemente serán necesarios aparatos de medida de gran precisión pero no bastará con esto. Si se tiene en cuenta que los rayos cósmicos para llegar al suelo tienen que atravesar la atmósfera y que ésta es casi equivalente a un bloque de plomo de un metro de espesor, se comprende que no sea posible decir a priori en qué relación se hallará lo que medimos en el laboratorio, a la salida de tamaño bloque de materia, con los rayos cósmicos antes de tocar nuestro planeta; ni cómo cambiará esta relación con los cambios de la atmósfera.

La cuestión ha sido y está siendo objeto de la investigación más activa en todas las partes del mundo. Se cuentan los rayos o se mide la intensidad de sus efectos de hora en hora, se fotografían las huellas que dejan en cuerpos adecuados y se realizan los experimentos más ingeniosos, de técnica delicadísima, para conocer y desentrañar la gran diversidad de las acciones que ejercen sobre la materia y de las transformaciones que sufren a un paso. Toda la física nuclear se halla envuelta.

Como consecuencia de ello se sabe hoy que los rayos cósmicos tal y como el experimentador los percibe en el laboratorio consisten casi en una totalidad de partículas

electrizantes y sutilísimas, animadas de velocidades próximas a la velocidad de la luz. Unas son electrones, tanto positivos como negativos, y de los demás, las tres cuartas partes del total son mesotrones, partículas denominadas así porque su masa es intermedia entre la del electrón y el protón.

Los electrones son incapaces de atravesar más de diez o doce centímetros de plomo. En cambio, los mesotrones se hallan dotados de poderes de penetración que parecen increíbles. La mitad de ellos atraviesan holgadamente más de un metro de plomo. Para algunos parece ser que ni siquiera medio centenar de metros de este metal es barrera suficiente para detenerlos en su camino. El número de mesotrones que nos entran por la cabeza es sensiblemente el mismo en casa que por la calle.

Pero en contraste, podríamos decir, con este extraordinario poder de penetración que tal impresión nos daría de robustez, constituye otra característica fundamental del mesotrón su inestabilidad. Los mesotrones tienen una vida efímera. En reposo no duran más de dos millonésimas de segundo, en movimiento y con velocidad próxima a la de la luz, su vida parece más larga a causa de la dilatación relativista del tiempo, pero aun así no son muy grandes las distancias que pueden recorrer hasta perecer. La consecuencia inmediata es que no teniendo el mesotrón vida suficientemente larga para llegar al suelo desde fuentes lejanas, los rayos cósmicos que percibimos en el laboratorio no son, en su mayor parte al menos, los rayos cósmicos originales que nos vienen del mundo exterior. Los mesotrones deben producirse en la atmósfera por la acción de esa partícula cósmica por cuya naturaleza parece como si buscáramos en vano. Pero si ello es así, cabe la esperanza que del conocimiento detallado de las propiedades del mesotrón y del proceso de su génesis podamos alcanzar el de su progenitor. Y la investigación se activa. Se determinan su carga eléctrica y su masa y se examinan con toda la minuciosidad que permiten los



mayores refinamientos de la técnica de los chaparrones de partículas que salen del fondo de una lámina metálica como producto de cataclismo de desintegración producido en ella por el rayo cósmico que la entra por encima. Y así resulta que unos mesotrones son positivos y otros negativos y que su masa, la misma para todos ellos, es 200 veces mayor que la del electrón. Por lo que respecta a los chaparrones de desintegración se encuentra que, si bien en la mayor parte de los casos no contiene partículas penetrantes, en algunos por el contrario el mesotrón se halla bien representado.

Con todo este material y en posesión también de otros resultados experimentalmente adquiridos, igualmente importantes pero de naturaleza muy diferente, el teórico se pone al trabajo, y aunque llega a consecuencias de grandísimo interés sobre las fuerzas intranucleares que dan al núcleo atómico su estabilidad, el problema de la génesis del mesotrón no puede darse por enteramente resuelto.

Así, a grandes rasgos, estábamos cuando la reunión de Cracovia tuvo lugar. El grupo de Bristol, especializado en el estudio mediante el empleo de placas fotográficas especiales, presentó pruebas de que, contrariamente a lo admitido, no todos los mesotrones tienen la misma masa. Mezclados con los mesotrones ordinarios se encuentran algunos cuya masa parece ser dos veces superior. Y a conclusiones semejantes se acaba de llegar independientemente en Manchester y París de los estudios de chaparrones de que dieron cuenta en Polonia los grupos respectivos, con la diferencia, sin embargo, de que los nuevos mesotrones de Manchester parecen ser cinco veces mayores y el de París unas veinte veces más pequeño que el mesotrón ordinario.

Otros estudios semejantes e igualmente del mayor interés de los investigadores de Ámsterdam, Budapest y Roma se discutieron en Cracovia. Yo, por mi parte, después de hacer

ver del análisis de 1.500 días de observaciones horarias que la luna altera de manera periódica la intensidad de los rayos cósmicos, por intermedio probablemente de la marea atmósfera, pude dejar establecido por otro estudio independiente que la acción de la temperatura, el hecho de que los rayos cósmicos sean más numerosos los días fríos que los de calor, es definitivamente debido a la inestabilidad del mesotrón. Esto a su vez me ha permitido fijar límites de altitud a la capa atmosférica donde se generan los mesotrones, que es otro de los pilares sobre los que habrá que descansar cualquier teoría de su formación. Y así resulta que la mayoría de los mesotrones se originan allí donde la partícula cósmica que los arranca de los núcleos del aire no ha penetrado todavía más que una décima parte de la masa atmosférica, a unos 16 kilómetros de altura. Consideraciones teóricas habían previsto altitudes de este orden de magnitud.

Pero, ¿cuál es la naturaleza de esta partícula? De las aportaciones de los teóricos de Dublín y de los investigadores norte-americanos también representados en Cracovia, y por otras muchas razones, la tendencia general es a creer que se trata de un protón, si bien esta hipótesis no satisface las exigencias de todos los resultados experimentales. Y aunque efectivamente fueran protones quedaría todavía por saber dónde y cómo adquieren la categoría de rayos cósmicos. Mientras tanto, lo que sí es cierto es que ahí, hasta las capas bajas de la atmósfera, está llegando algo que maravilla por su energía.”

## B

### Harry Elliot, “Duperier’s work at Imperial College”<sup>49</sup>

“En los inmediatos años anteriores a la guerra, las convulsiones sociales y políticas en la Europa continental habían producido de sus países de origen el exilio de muchos distinguidos científicos, y como resultado de los intensos esfuerzos de Blackett y otros algunos de estos exiliados encontraron puestos en el Reino Unido. Para muchos de ellos estos puestos solo sirvieron como un refugio temporal en su camino a Estados Unidos, pero unos pocos permanecieron en Gran Bretaña bien permanentemente o durante extensos períodos de tiempo. Entre estos últimos se encontraba Arturo Duperier de la Universidad de Madrid, que había abandonado España junto a su familia durante la Guerra Civil y se había establecido por el momento en Londres. En 1939, como resultado de la influencia de Blackett, se interesó en las relaciones entre la intensidad de los rayos cósmicos y el magnetismo terrestre, y en el efecto de la temperatura y presión atmosféricas en la intensidad de la radiación secundaria al nivel de tierra. Durante la guerra, estableció un contador de rayos cósmicos en el Imperial College en forma de una pequeña serie de contadores Geiger dispuestos con coincidencias triples. Utilizando los datos de este contador, desarrolló la idea de Blackett de que la dependencia de la temperatura atmosférica de la intensidad de los rayos cósmicos a nivel del suelo, que se conocía desde hacía varios años pero no se comprendía, era el resultado directo de la inestabilidad del muón (P. Blackett, *Physical Review* 54, 973, 1938). En particular, Duperier fue capaz de demostrar, mediante análisis correlativo parcial, que para explicar el efecto de la temperatura el mejor parámetro que

se debía utilizar era la altura del nivel de la presión de 100 mb que está cerca de la altura media en la que se producen los muones (A. Duperier, *Proceedings Physical Society* 57, 464, 1945; *Proceedings Physical Society* 61, 34, 1948). Una consecuencia incidental pero extremadamente interesante de este estudio sistemático de los efectos atmosféricos, lo proporcionaron los famosos sucesos de rayos cósmicos solares e interplanetarios de febrero y marzo de 1942 que fueron registrados por los contadores de Duperier en Londres (Duperier, *Nature* 149, 579, 1942), por Ehmert en Alemania (A. Ehmert, *Zeitschrift für Naturforschung* 3<sup>a</sup>, 264, 1948) y por la red mundial de cámaras de iones de la Carnegie Institution (I. Lange y S. E. Forbush, *Terrestrial Magnetism* 47, 185, 331, 1942).

Después de estos sucesos, un contador de doble coincidencia similar al de Duperier fue construido por McCaig en Manchester, que permaneció operativo hasta 1946. Las grandes Disminuciones Forbush del 5 y 7 de febrero de 1946 fueron registradas por los contadores de Londres y Manchester, que mostraron una disminución total de intensidad de poco más del 10% (A. Duperier y M. McCaig, *Nature* 157, 477, 1946). Este suceso se asocia a un grupo de manchas solares de un área de 4.900 millonésimas del hemisferio solar, la mayor que había sido registrada en Greenwich hasta entonces”.

49 Harry Elliot, “Cosmic ray intensity variations and the Manchester school of cosmic ray physics”, en Sekido y Elliot, eds., *Early History of Cosmic Ray Studies. Personal Reminiscences with Old Photographs*, op. cit., pp. 375-384; cita en p. 376.

## C

### “Laboratorio de Radiación Cósmica de la Facultad de Ciencias Universidad de Madrid

#### 1.- Objeto del laboratorio y su composición.

EL LABORATORIO DE RADIACIÓN CÓSMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID tendrá por objeto primordial el estudio de esta radiación en su aspecto puramente cósmico, que es lo que constituye la especialidad que Duperier fue llamado a introducir y dejó implantada en Inglaterra durante el período 1939-1953. Las investigaciones en la física de rayos cósmicos como partículas elementales que sean necesarias para la mejor interpretación de los resultados del estudio anterior quedarán igualmente comprendidas, en la medida que lo permitan los medios de que se disponga. Estas últimas investigaciones constituyen lo que viene siendo considerado como el aspecto nuclear del estudio de la radiación.

El Laboratorio consta de dos partes:

a).- Un pabellón erigido en el tejado de la Facultad, donde se instalarán los diversos dispositivos de registro de las componentes mesónica y nucleónica de la radiación. De estos registros, unos serán de carácter continuo y permanente, a fin de colaborar con los demás de la red internacional en el estudio, principalmente, de las perturbaciones de los rayos cósmicos que irregularmente se producen simultáneamente en zonas extensas o en la totalidad de la Tierra. Otros, también continuos pero de carácter solamente temporal, que irán encaminados mediante dispositivos especiales a la resolución de puntos concretos de la investigación.

b).- Un laboratorio propiamente dicho, necesario para el ensayo de las diversas partes instrumentales de las instalaciones de registro y el diseño y preparación de los dispositivos especiales, e indispensable, por otra parte, para la formación de los futuros investigadores y la ejecución de los trabajos prácticos de los cursos de Radiación Cósmica establecidos en la Facultad.

#### 2.- Material científico disponible para el emprendimiento de la investigación.

Las investigaciones en relación con la componente mesónica a que antes se hace referencia se emprenderán con el material cedido a Duperier por el DEPARTAMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH de Inglaterra y el IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY de la Universidad de Londres. El resto de la investigación, así como las demás funciones del Laboratorio, quedarán atendidas en su comienzo con parte todavía del material anterior y con el que ha sido adquirido recientemente en Inglaterra con el sobrante de las tres mil libras esterlinas que fueron concedidas por el Ministerio de Comercio para la adquisición, esencialmente, del equipo eléctrico que permitiera proveer al Laboratorio de la tensión eléctrica de regularidad y permanencia indispensables para el logro de resultados de valor en la investigación. Quizás se debe hacer notar que entre el material científico conseguido de esta manera se halla el que hará posible la extensión de investigación más allá de lo que se pensó en un principio, con la inclusión del estudio de la componente nucleónica que antes se menciona, estudio al que hoy se concede tanta importancia como al de la componente mesónica.

#### 3.- Mantenimiento del Laboratorio en sus funciones y asignación necesaria.

1. El mantenimiento del Laboratorio en sus funciones requiere, esencialmente, la posibilidad de renovar y ampliar su material científico en la medida que lo exijan

la buena marcha de las investigaciones y alumnos de los cursos de la Facultad. Requiere también el disponer de la asistencia mecánica necesaria para todo lo relacionado con las instalaciones fijas, el montaje de dispositivos especiales y, en general, para todos aquellos trabajos cuya ejecución no sea posible en el seno del laboratorio.

Este último requisito quedaría cumplido sin necesidad de subvenciones especiales si la Facultad dispusiera de un taller adecuado, pero desgraciadamente esto no es así y en estas condiciones habrá que recurrir, para la resolución del problema en cada caso, a talleres o casas especializadas, con los inconvenientes, particularmente los de carácter económico, que son evidentes.

Por todo ello, se estima que, a fin de atender a las necesidades de renovación y ampliación del material científico, así como a la mecánica de las instalaciones y dispositivos especiales, que por el momento son previsibles, una asignación no inferior a 100.000 pesetas anuales será indispensable.

2. Otro punto en relación con las actividades del Laboratorio es el del personal auxiliar que habría que estar adscrito a él.

La recepción y archivo de observaciones cotidianas de la alta atmósfera, del magnetismo terrestre y de la actividad solar, realizadas unas por los servicios nacionales correspondientes y otras por servicios extranjeros, y todas ellas imprescindibles para la interpretación debida de las variaciones de intensidad de los rayos cósmicos; el intercambio de la información con los laboratorios e institutos de radiación cósmica de todas partes del mundo; las diversas cuestiones en relación con la administración del centro y el cuidado de la correspondencia hacen indispensable también un cierto servicio de secretaría. Podría bastar para el desempeño de este servicio una mecanógrafa con la cultura adecuada y un conocimiento del inglés suficiente para poder copiar con soltura textos

y cartas en este idioma, en cuyo caso es posible que la remuneración tuviera que ser del orden de dos mil o tres mil pesetas mensuales.

Asimismo, es evidente la necesidad de algún mozo de laboratorio, dos quizás de media jornada, dado el carácter de permanencia de las actividades del Laboratorio. Teniendo en cuenta lo que parece ser la norma en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, podría gratificárseles a cada uno de ellos con seiscientos o setecientos pesetas mensuales.

La asignación para el personal auxiliar alcanzaría, pues, en total la cifra de 40 a 50.000 pesetas anuales.

3. Queda finalmente el punto de la ayuda económica a los licenciados que se sientan atraídos por el estudio de la radiación cósmica. Al igual de lo que se hace en la mayor parte de las Universidades extranjeras, tratando de completar la formación de los 'postgraduados' con la función investigadora, el Laboratorio podría estatuir becas de cuantía suficiente cada una para asegurarle el sustento al que la disfrutara fuera del seno familiar. Estas becas además podrían ser de valor ascendente, según [...]"

Y ahí terminaba la última hoja de que se dispone.



Joaquín  
D'Harcourt  
Gort



Minister  
of Education

1884-1960  
Mexico City, Mexico

Photo: [unreadable]

José  
Gads  
y González



Photographer

1884-1960  
Mexico City, Mexico

Photo: [unreadable]

José María  
Bengoa  
Lecanda



Photo: [unreadable]

José  
Bergamín  
Gutiérrez



Writer

1884-1960  
Mexico City, Mexico

Photo: [unreadable]

Manuel  
Marquez  
Rodriguez



Physician

1884-1960  
Mexico City, Mexico

Photo: [unreadable]

Physician

1884-1960  
Mexico City, Mexico

Photo: [unreadable]

# LA EXPOSICIÓN





# IN/VISIBILIDAD

## ARTURO DUPERIER Y LOS RAYOS CÓSMICOS

«¡Extraño vagar entre la niebla!  
Solitario está cada arbusto y piedra,  
ningún árbol mira al otro,  
cada uno está solo.  
[...]  
ahora que la niebla cae,  
nadie más está visible.»

*En la niebla, Hermann Hesse*

El recorrido de esta exposición gira en torno al concepto de visibilidad / invisibilidad de los rayos cósmicos y de la figura del investigador español Arturo Duperier Vallesa (Pedro Bernardo, Ávila, 1896 - Madrid, 1959): desde su formación científica, su labor como pionero en España en el estudio de la radiación cósmica y las circunstancias históricas y políticas que propiciaron su marcha a Inglaterra y posterior regreso. A través de los fondos conservados en la colección del MUNCYT, los documentos custodiados en archivos históricos y de su legado personal, se presenta una narrativa que atiende a distintos ámbitos emocionales como la nostalgia, el éxito, la frustración o el olvido.

La búsqueda de las manifestaciones estéticas inherentes a los fenómenos científicos —los rayos cósmicos en este particular—, y la conceptualización del espacio expositivo que invita a adentrarse en una gran «cámara de niebla», sitúan esta muestra entre la ciencia, la historia y el arte.



# SOBRE LA IN/VISIBILIDAD DE LOS RAYOS CÓSMICOS

«Yo he visto cosas que vosotros no creeríais [...] He visto rayos C brillar en la oscuridad cerca de la puerta de Tannhäuser [...]»

Monólogo final del replicante Roy Batty en la película *Blade Runner*, dirigida por Ridley Scott (1982)

En 1911, el científico escocés Charles T. R. Wilson (Midlothian, 1869 - Edimburgo, 1959) publicó las primeras fotografías de trazas de rayos cósmicos obtenidas con su cámara de niebla —un dispositivo de visualización del rastro de partículas ionizantes a su paso por una atmósfera saturada—. Esta forma de radiación energética, que bombardea de manera insistente la atmósfera terrestre, resulta indetectable a ojos de los seres vivos, no así para la ciencia y la tecnología.

En este sentido, el último gran “instrumento científico” diseñado para comprender el origen y el papel de las partículas cósmicas, estudiar sistemas astrofísicos extremos y explorar las fronteras de la física, es una iniciativa mundial que construirá el mayor y más potente observatorio de rayos gamma del mundo, el Cherenkov Telescope Array (CTA), formado por más de cien telescopios y cuya ubicación en el hemisferio norte se hallará en el Roque de los Muchachos, en la isla canaria de La Palma.



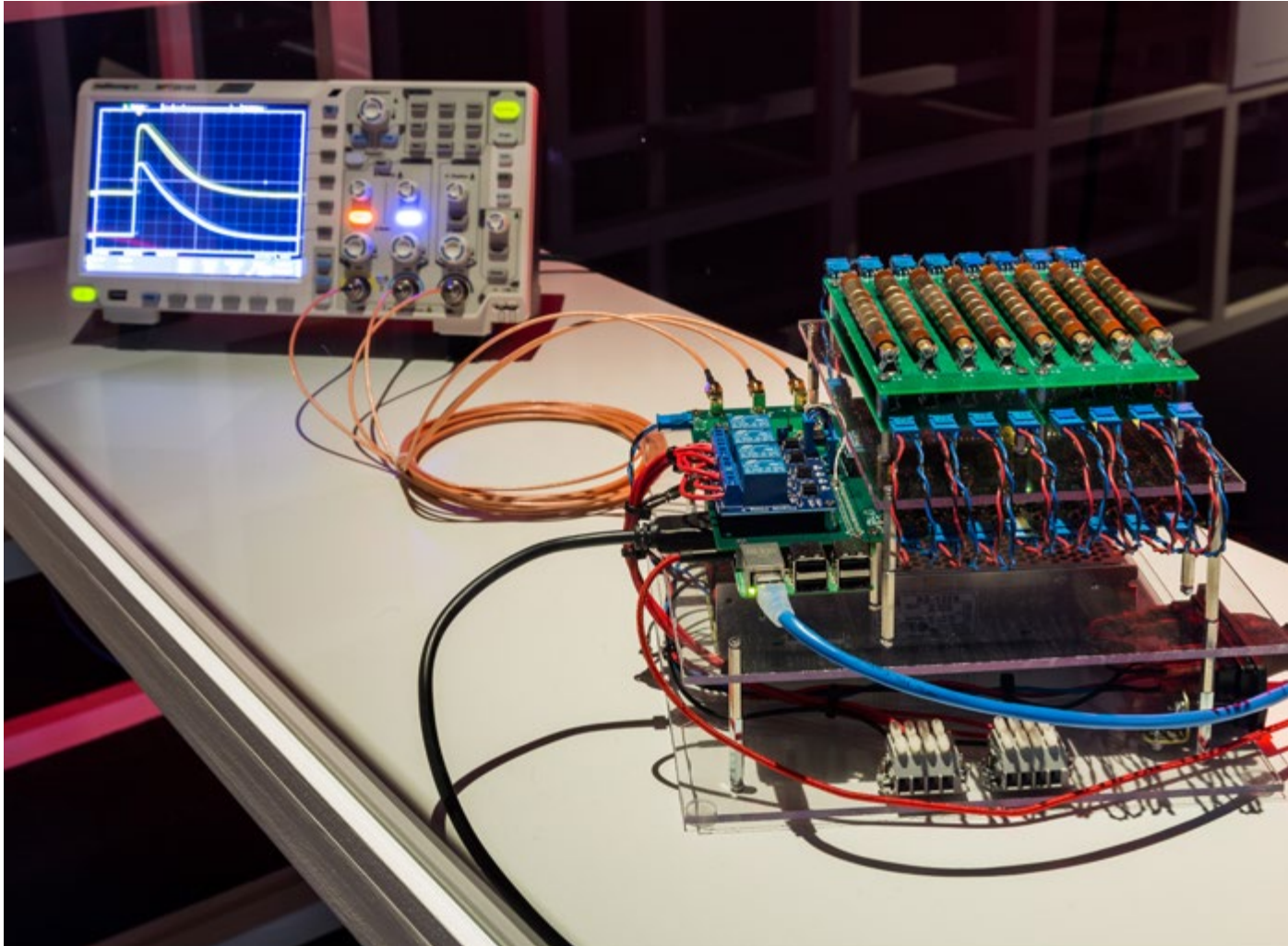










Imagen procedente de la cámara de niebla del MUNCYT en la que se distinguen, entre otras; trazas de muones (finas y rectas), de electrones (finas y curvas) y de partículas alfa —las más gruesas y abultadas, que se deshacen lentamente—.







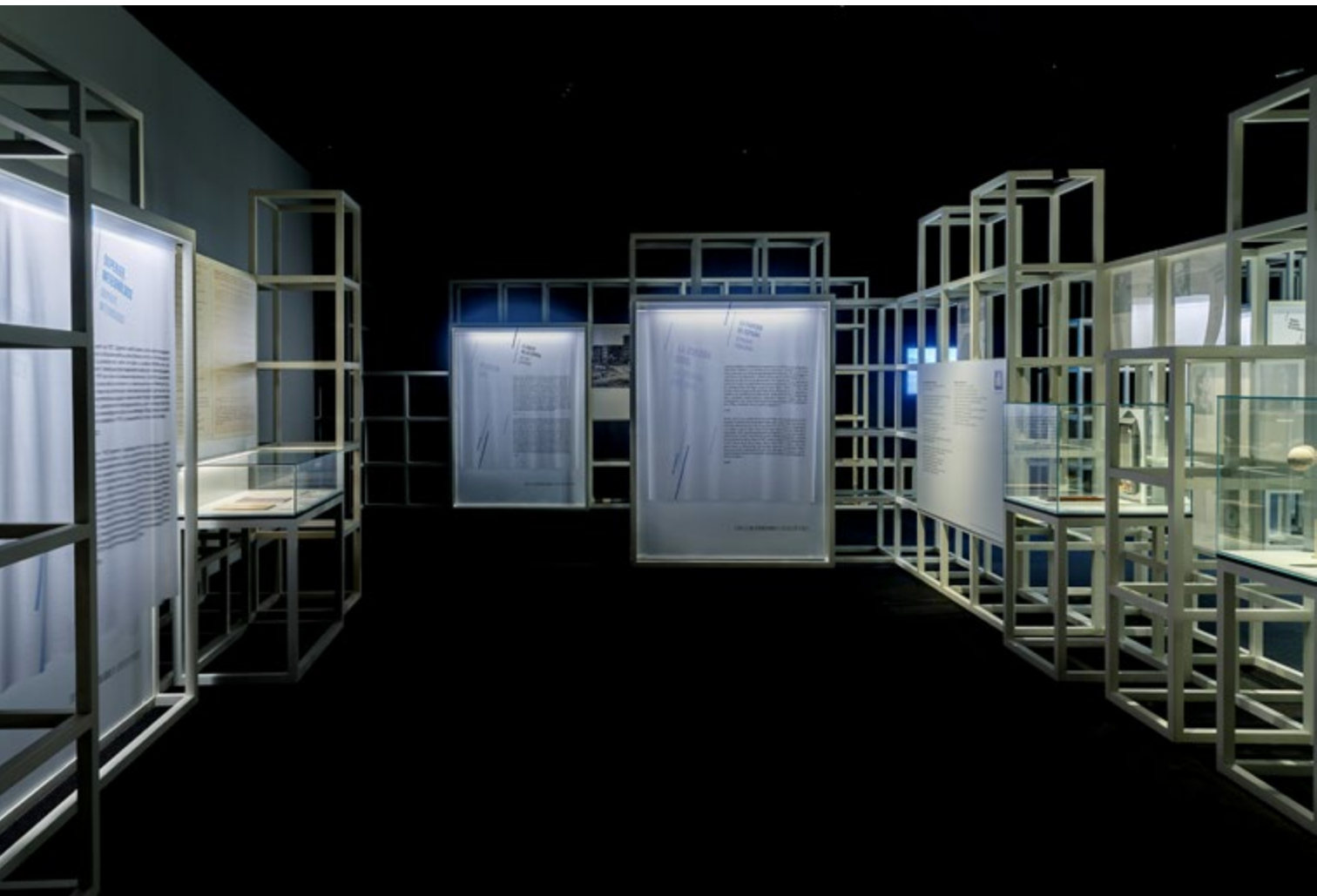
# SOBRE LA IN/VISIBILIDAD DE ARTURO DUPERIER

«Estos días azules y este sol de la infancia»

Antonio Machado

La Guerra Civil truncó el desarrollo de la ciencia en España. Gran parte de sus mejores investigadores desarrollaron sus carreras lejos de nuestras fronteras, como fue el caso de Arturo Duperier, pionero en España en el campo de la investigación de la radiación cósmica y la atmósfera terrestre.

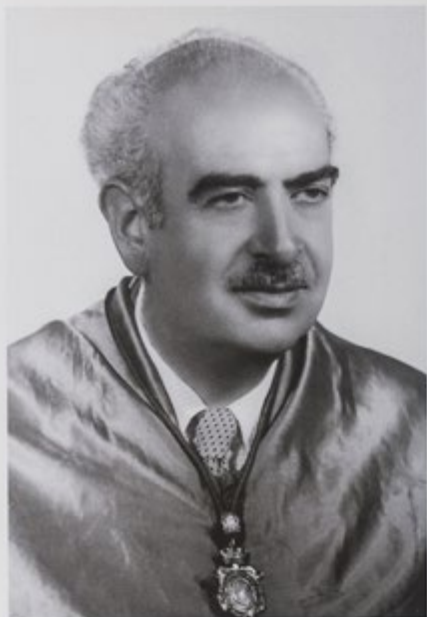
Su obra e itinerario biográfico —invisibilizados como todo aquel periodo sobresaliente para las artes, las ciencias y la creación de instituciones que promovieron la instrucción pública y que dio en llamarse la Edad de Plata de la cultura española—, quedaría traspasado por una suerte de *damnatio memoriae* o condena del recuerdo. El florecimiento intelectual del primer tercio del siglo XX permanecería envuelto en la niebla de la historia hasta que la Transición y la democracia iniciaran la recuperación —con múltiples obras, homenajes y exposiciones— de los grandes nombres de la ciencia española como Blas Cabrera, Enrique Moles, Julio Palacios o, por fin, Arturo Duperier.











Pedro Bernardo, Ávila, 1896  
Madrid, 1959

















# LAS PIEZAS



# Electroimán para el estudio experimental de las propiedades magnéticas de distintos materiales

---

Primer tercio del siglo XX. Laboratorio de Automática;  
Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la  
Universidad Complutense de Madrid; DO1995/031/0983

En términos generales y atendiendo a su comportamiento frente a un campo magnético, los materiales se pueden clasificar en tres grandes grupos: diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos. La determinación experimental de las constantes que caracterizan a cada tipo de material se obtiene midiendo las acciones debidas a la presencia de la muestra en un campo de distribución conocido.

Con este aparato, formado por dos potentes electroimanes con sus núcleos enfrentados, es posible crear un gran campo magnético uniforme en el espacio que separa ambos

polos magnéticos. Por medio de los diversos métodos estáticos empleados en física —una balanza de torsión o un magnetómetro, por ejemplo—, es posible cuantificar las acciones que se suceden al sumergir la muestra objeto de estudio en el campo generado por los electroimanes.

En 1910, Blas Cabrera se convierte en el director del Laboratorio de Investigaciones Físicas de la JAE. Trabajó en el campo de la magnetoquímica y utilizó para sus investigaciones, entre otros instrumentos científicos, electroimanes tipo Weiss construidos en el Laboratorio de Automática. Se le considera el padre de la física española pues impulsó esta ciencia como nadie lo había hecho hasta ese momento, y fue maestro de grandes científicos como Arturo Duperier, Enrique Moles o Julio Palacios.



---

**DUPERIER, A.**

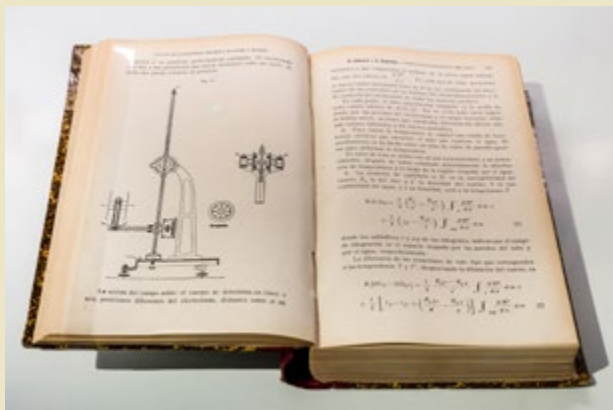
*Estudio termomagnético del agua y de algunas disoluciones en sales paramagnéticas.* Tesis doctoral (1924)

Préstamo procedente del Archivo Histórico Nacional.

Ministerio de Cultura y Deporte – Archivo Histórico Nacional.

ES.28079.AHN//UNIVERSIDADES,5497,EXP.14



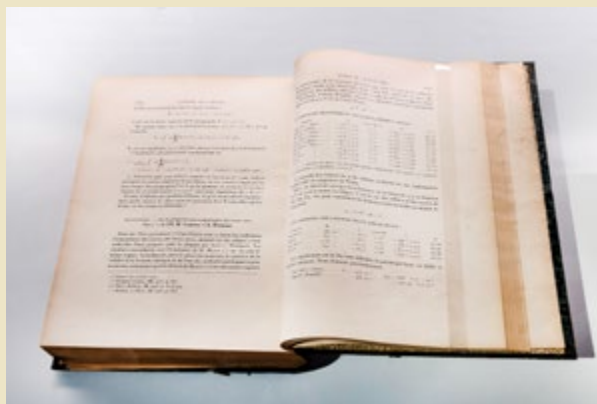


---

**CABRERA, B. ; DUPERIER, A**

“Variación de la constante diamagnética del agua con la temperatura”, en *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 22, (1924), p.160-167

Préstamo procedente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



---

**CABRERA, B. ; DUPERIER, A**

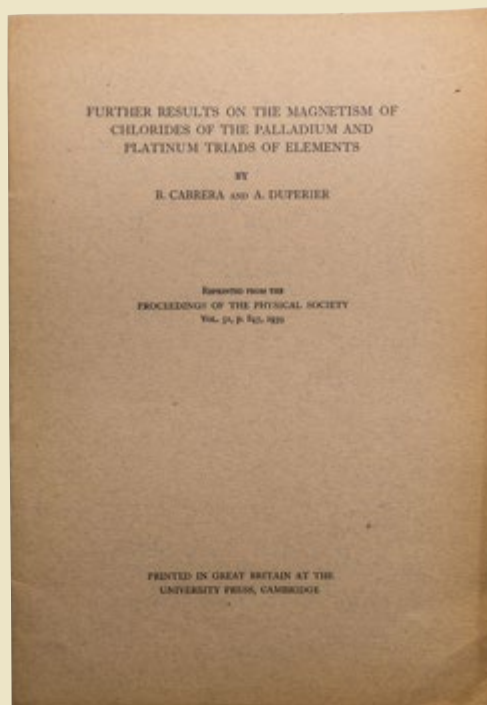
“Sur les propriétés paramagnétiques des terres rares”, en *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 188, (1929), p. 1640-1642.

Préstamo procedente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



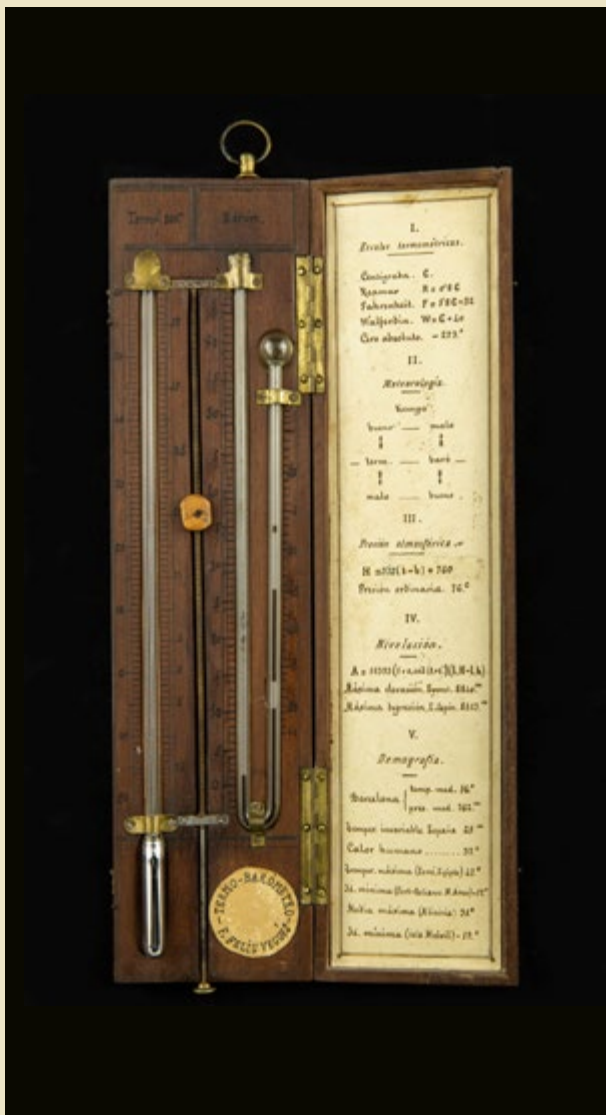
**CABRERA, B. ; VIDAL, J. M.**

*La conductibilidad eléctrica del aire en Madrid.*  
Madrid: Servicio Meteorológico Español, 1937



**CABRERA, B. ; DUPERIER, A.**

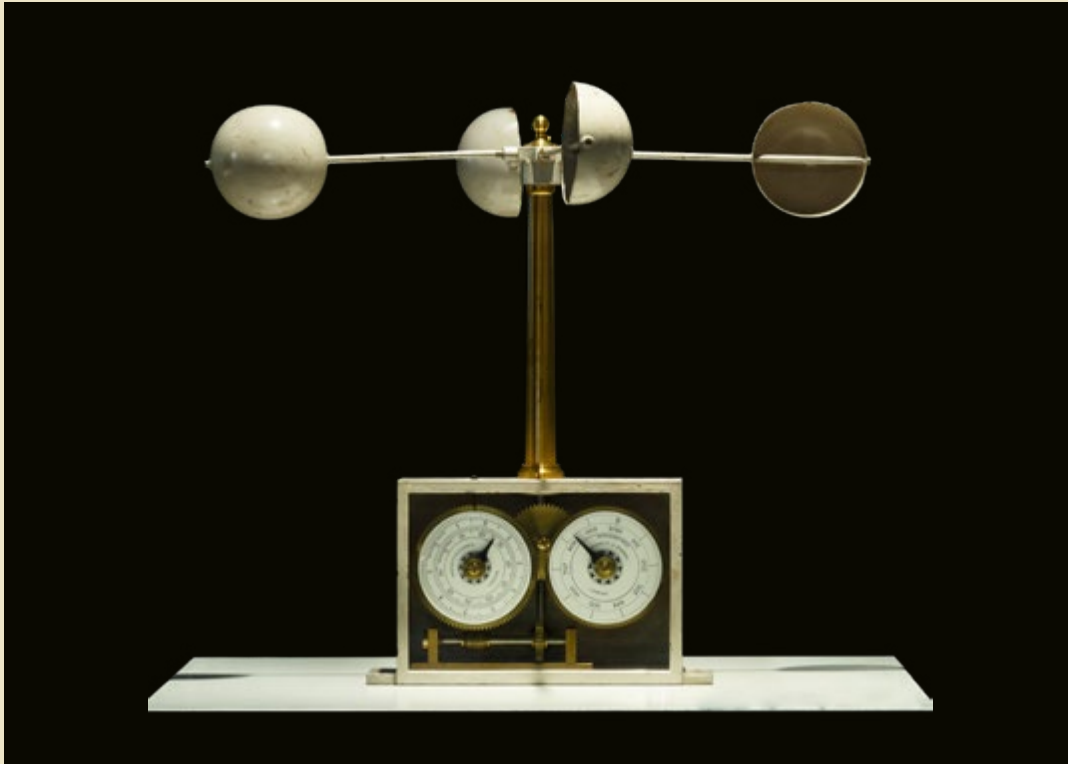
“Further results on the magnetism of chlorides of the palladium and platinum triads of elements” en *The Proceedings of the Physical Society Reprinted*, vol. 51, (1939), p. 845-858



## Termo-barómetro

1870-1913; Francisco Feliu Vegués  
CE1986/006/0093

Diseñado por el profesor de la Escuela Superior de Badalona, Francisco Feliu Vegués (1829-1913), este instrumento cuenta con un termómetro y un barómetro dispuestos en un estuche para su fácil transporte. En el papel manuscrito se muestran algunas instrucciones para la realización de diferentes cálculos a partir de la toma de datos con el aparato como la conversión de grados centígrados a grados Réaumur o Fahrenheit, la presión atmosférica o la altura.

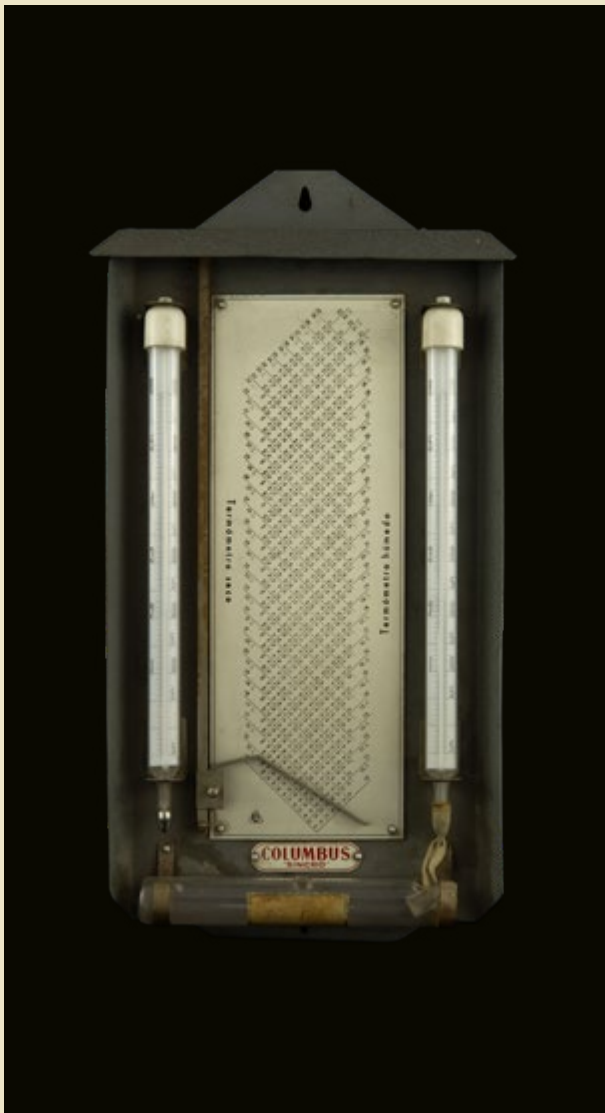


## Anemómetro

---

1875-1895; Negretti y Zambra  
CE1985/004/0904

El anemómetro es el instrumento que se utiliza para determinar la velocidad del viento. Este modelo, conocido como de Robinson o molinete, es uno de los más populares. Está formado por cazoletas unidas a un eje central cuyo giro durante un tiempo determinado permite conocer la velocidad del viento.



## Psicrómetro

---

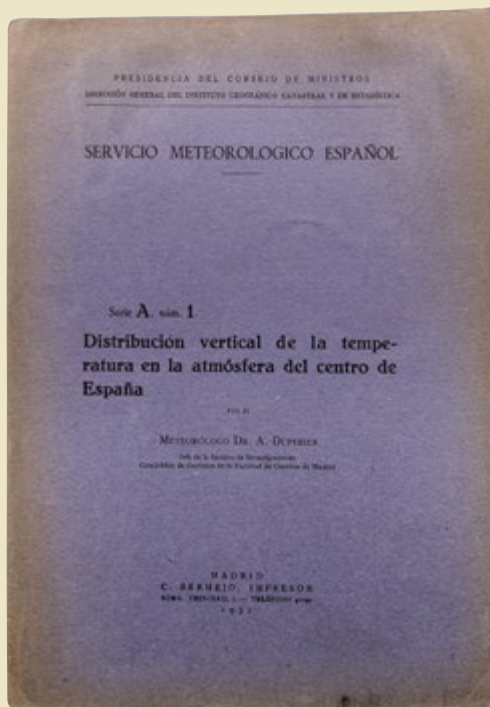
c. 1950; Columbus  
CE1985/004/0027

Este instrumento se utiliza para determinar el grado de humedad del aire. Está formado por dos termómetros; uno seco y otro húmedo —en contacto a través de una muselina de algodón con el depósito de agua—. La diferencia de temperatura entre ambos termómetros ofrece —por medio de la tabla psicrométrica dispuesta entre ambos—, la humedad del ambiente.



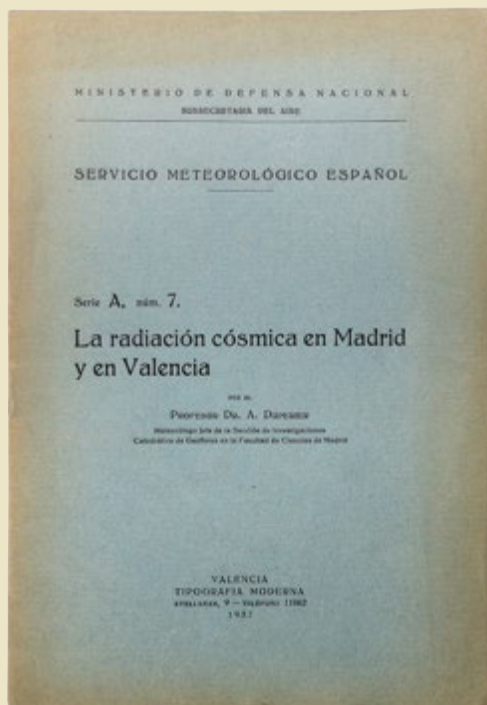
**DUPERIER, A.**

“Sobre las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre”, en *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 30, (1932), p.751-758



**DUPERIER, A.**

*Distribución vertical de la temperatura en la atmósfera del centro de España*. Madrid: Servicio Meteorológico Español, 1933



---

**DUPERIER, A.**

*La radiación cósmica en Madrid y en Valencia.*  
Madrid: Servicio Meteorológico Español, 1937



---

*The Journal of Biological Chemistry.* Baltimore: American Society for Biochemistry and Molecular Biology, 1905-2011, vol. 63, vol. 65 (1925)

Préstamo procedente de la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid

Ejemplares dañados por munición durante la Guerra Civil



## Tubos Geiger

---

c.1950; Philips

Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid; DO1995/031/0504; DO1995/031/0505

El elemento fundamental de los instrumentos de Duperier para la medición del flujo de rayos cósmicos es el tubo Geiger (o Geiger-Müller). Se trata de un recipiente hermético con una mezcla de gases y dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial elevada. Cuando lo atraviesa una partícula capaz de ionizar el gas a su paso, se produce una descarga eléctrica que luego se registrará como un pulso de corriente.



## Tubo Geiger

---

c.1950; LKB-Produkter

Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid; DO1995/031/0543





## Contador Geiger

---

c. 1955; Nuclear Chicago  
Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas  
de la Universidad Complutense de Madrid;  
DO1995/031/1052

Los contadores Geiger están compuestos por tubos Geiger y la electrónica necesaria para procesar las señales eléctricas y registrarlas, mostrando, por ejemplo, el número de partículas detectadas. Hoy ya no se utilizan en investigación para medir el flujo de la radiación cósmica, como hacía Duperier, sino para medir la radiactividad ambiental en tareas de protección radiológica.

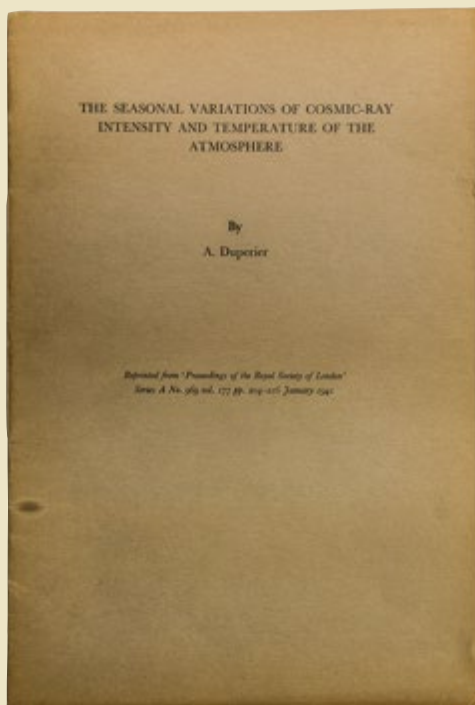


## Cámara de niebla

---

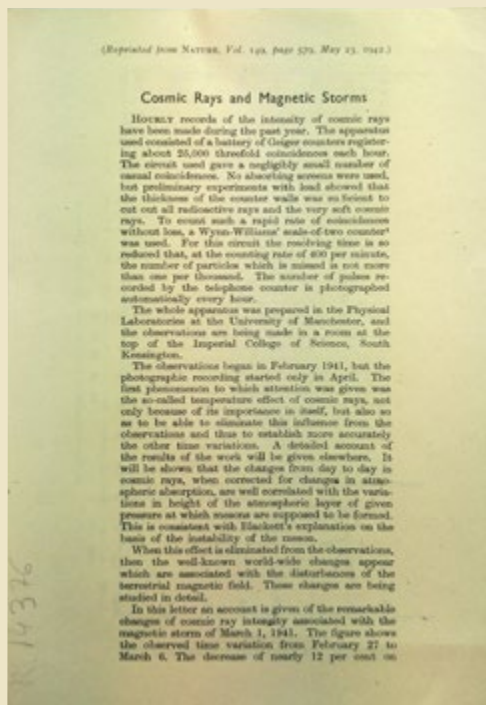
c. 1955; Griffin & George Ltd.  
Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas  
de la Universidad Complutense de Madrid;  
DO1995/031/0017

La cámara de niebla es un recipiente cerrado con una mezcla de gases en estado sobresaturado y que por tanto está en condiciones de condensarse en líquido como respuesta a una perturbación externa. Cuando una partícula cargada de suficiente energía atraviesa la cámara, va dejando en el gas un rastro de iones que sirven como núcleos de condensación. Alrededor de ellos se forman gotas de líquido que dan lugar a una traza visible del paso de la partícula, muy similar a la estela de los aviones.



## DUPERIER, A.

“The seasonal variations of cosmic-ray intensity and temperature of the atmosphere” en *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and physical sciences Reprinted vol. 177* (January 1941), p. 204-216



## DUPERIER, A.

“Cosmic rays and magnetic storms” en *Nature Reprinted vol. 149* (May 23, 1942), p. 579-[581]

### An Exceptional Increase of Cosmic Rays?

In a previous communication<sup>1</sup> an account was given of the hourly records of the intensity of cosmic rays which are being obtained by making use of a battery of Geiger counters registering thousand coincidences. No absorbing screens are used.

The records generally show that the changes in cosmic rays from day to day are more or less what can be expected from well-known geographical in-



Fig. 1.

fluences. Nevertheless, last August a transient change was recorded which apparently cannot be ascribed to any of these influences. The points on the diagram of Fig. 1 represent the hourly counting rate for the period August 12-16, 1942. The scale is in percentage from the normal value. The rapid and quite unusual increase which began at about 10h. (6.00 p.m.) August 12 was preceded by fluctuations in the counting rate which are not common in the absence of magnetic activity. When these fluctuations were being observed it was considered advisable, in order to test the apparatus, to substitute a new pair of diaphragms for the first pair in the counting circuit. The point corresponding to 12h. on the diagram had already been observed after putting in the new valves. These were permissively returned, and the other parts of the apparatus had remained untouched.

### Temperature of the Upper Atmosphere and Meson Production

In 1943, I reported<sup>1</sup> finding a positive correlation between meson intensity at sea-level and the temperature of the air layer bounded by the 200 and 100 mb. levels. Lower layers appeared to have no appreciable contribution to this positive effect. Further measurements made lately by using a similar triple-coincidence arrangement with lead absorber have entirely confirmed these results.

As it would obviously be of interest to ascertain whether the effect is restricted to the temperature of the 100-200 mb. layer or extends to regions farther up, a study of the rather meagre temperature data which are available for pressure levels higher than 100 mb. has been made to see if the daily mean temperature of the region up to 50 mb., as obtained from these data, can lead to reliable results when compared with the meson intensity at sea-level.

This has proved to be the case, and it is now possible to state that the meson intensity is better correlated with the temperature  $T_{41}$  of the whole region up to 200 mb. than with the temperature  $T_{10}$  of the 100-200 mb. layer, when the other variables on which the meson intensity appears to depend are eliminated. The accompanying table compares the two regression coefficients  $a$  in percentages of the mean intensity for each of the ten periods of measurements which have been analysed.

Period	Upper measurements		$a_{41}$ , %
	$T_{10}$ , °C.	$T_{41}$ , °C.	
1	0.04	0.18	1.1
2	0.04	0.18	1.4
3	0.04	0.18	1.4
4	0.04	0.18	1.4
5	0.04	0.18	1.4
6	0.04	0.18	1.4
7	0.04	0.18	1.4
8	0.04	0.18	1.4
9	0.04	0.18	1.4
10	0.04	0.18	1.4
	$\pm 0.01 \pm 0.005$	$\pm 0.02 \pm 0.005$	1.40

Period	Lower measurements		$a_{10}$ , %
	$T_{10}$ , °C.	$T_{41}$ , °C.	
1	0.04	0.18	1.1
2	0.04	0.18	1.4
3	0.04	0.18	1.4
4	0.04	0.18	1.4
5	0.04	0.18	1.4
6	0.04	0.18	1.4
7	0.04	0.18	1.4
8	0.04	0.18	1.4
9	0.04	0.18	1.4
10	0.04	0.18	1.4
	$\pm 0.01 \pm 0.005$	$\pm 0.02 \pm 0.005$	1.40

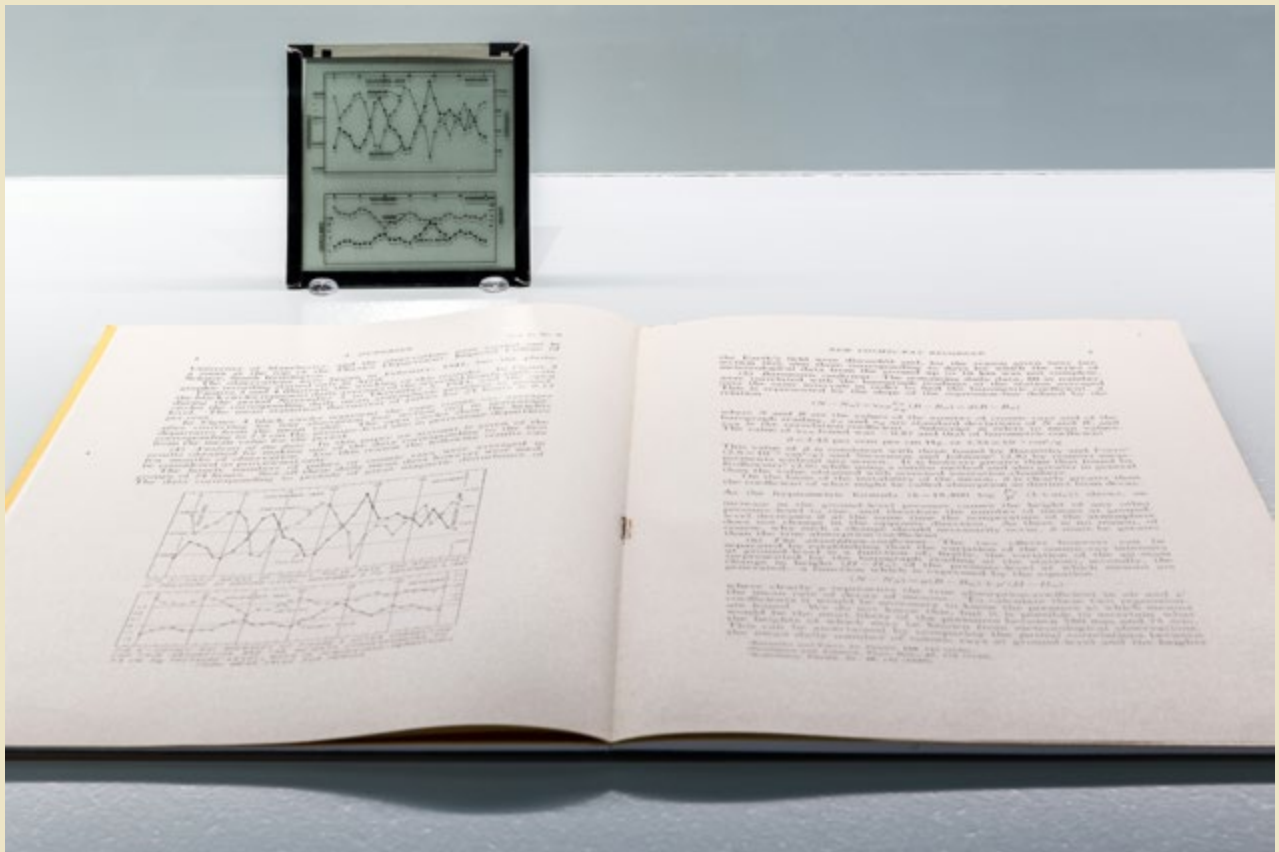
The fact that the ratio  $a_{41}/a_{10}$  is about 2 in all ten cases clearly shows that the effect of the 50-100 mb. layer is of the same order of magnitude as that of the lower layer of double mean. Thus, it may well be that this temperature effect extends to the air still farther up; but the necessary meteorological information to test this is lacking.

### DUPERIER, A.

“An exceptional increase of cosmic rays?” en *Nature* Reprinted vol. 151 (March 13, 1943), p. 308-[311]

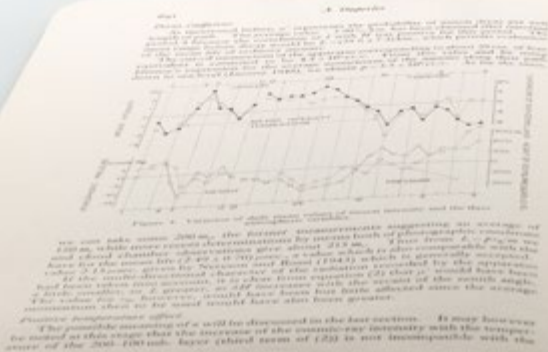
### DUPERIER, A.

“Temperature of the upper atmosphere and meson production” en *Nature* Reprinted vol. 167 (February 24, 1951), p. 312-[315]



**DUPERIER, A.**

“A new cosmic-ray recorder and the air-absorption and decay of particles” en *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 49, n.1 (March, 1944)



Meson and Temperature of Production Level

It is well known that  $\mu$  mesons are produced in the atmosphere by the interaction of cosmic rays with the nuclei of the atmosphere. The intensity of the meson flux at the surface of the earth is a function of the altitude of the production level. The temperature of the production level is also a function of the altitude. The variation of the meson intensity and the temperature of the production level with time is shown in Figure 1.

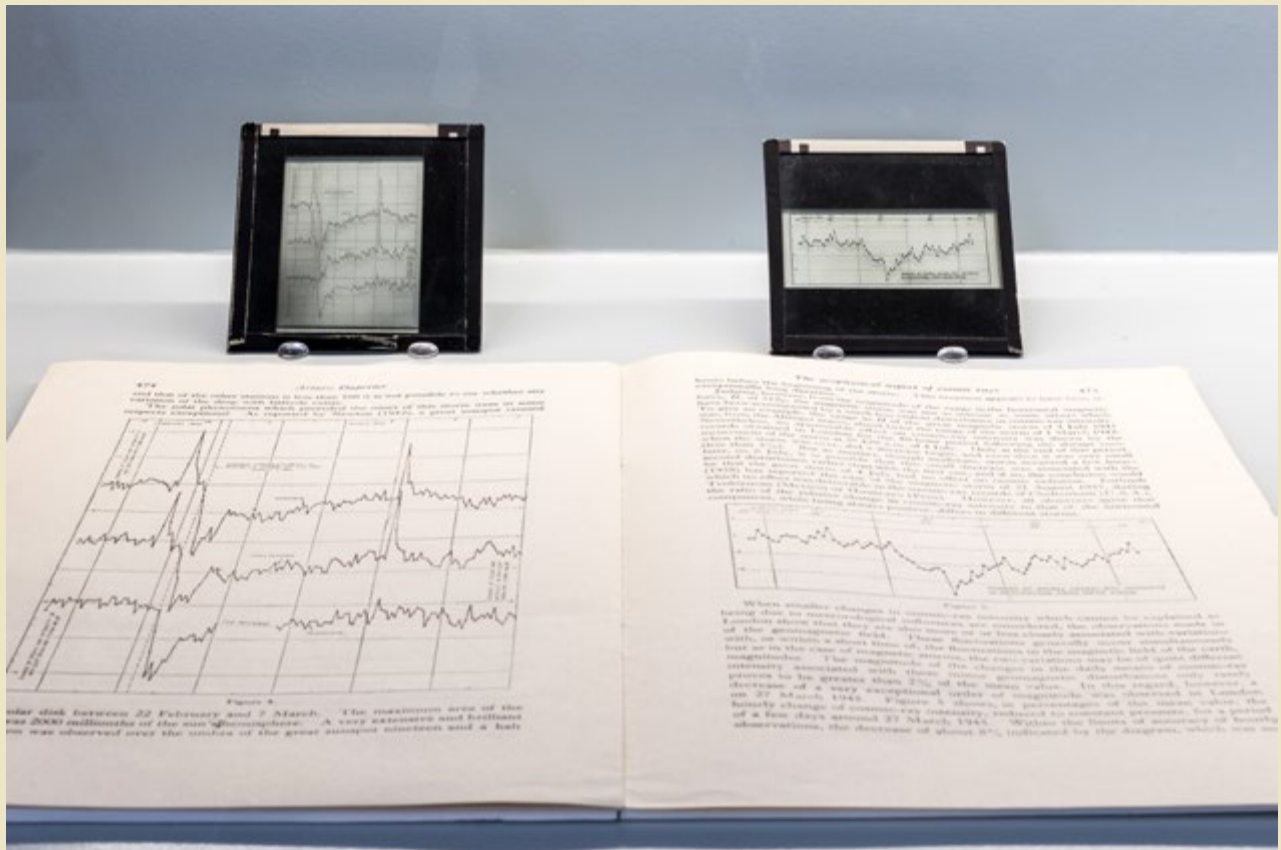
TABLE 1

Variation of meson intensity at the surface of the earth and the temperature at the production level

Period	Meson Intensity	Temp	Temp
1	$-11.46 \pm 0.22$	0.66	$-0.97$
2	$-11.92 \pm 0.12$	0.24	$-0.79$
3	$-12.55 \pm 0.17$	0.24	$-0.79$
Mean	$-12.22 \pm 0.163$		
4	$-11.15 \pm 0.105$	0.04	$-0.25$
5	$-11.90 \pm 0.211$	0.04	$-0.25$
Mean	$-11.97 \pm 0.161$		

## DUPERIER, A.

"The meson intensity at the surface of the earth and the temperature at the production level" en *Proceedings of the Physical Society*. Serie A Reprinted, vol. 62 (1949), p. 684-696



## Placas de vidrio



**DUPERIER, A.**

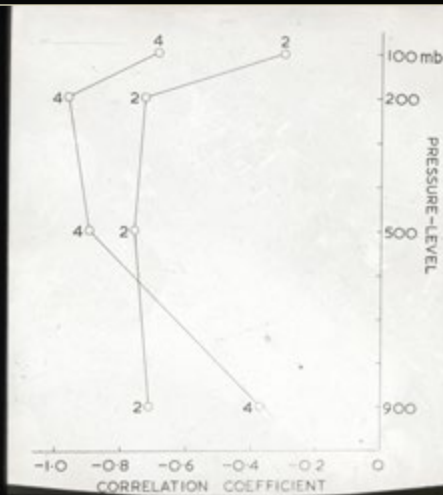
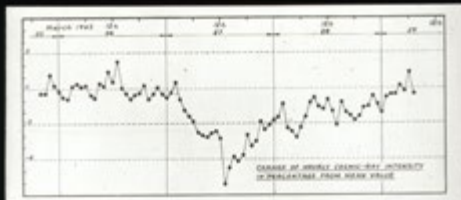
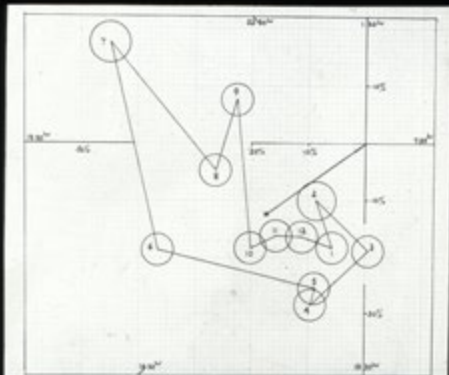
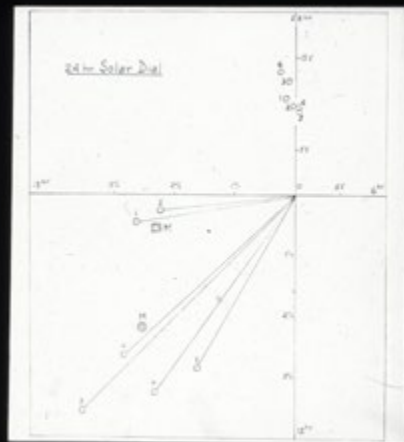
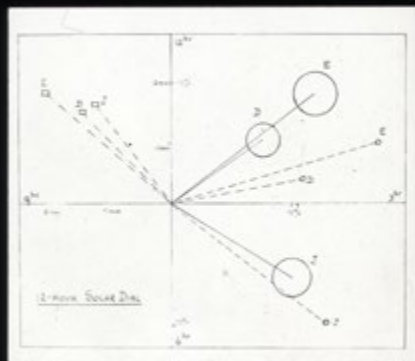
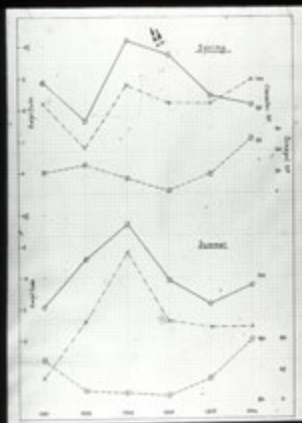
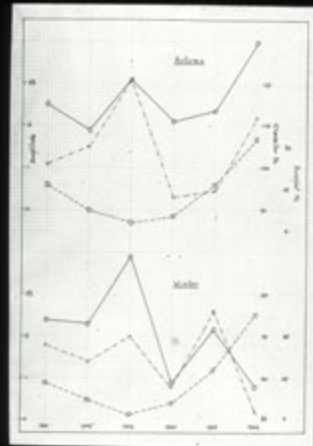
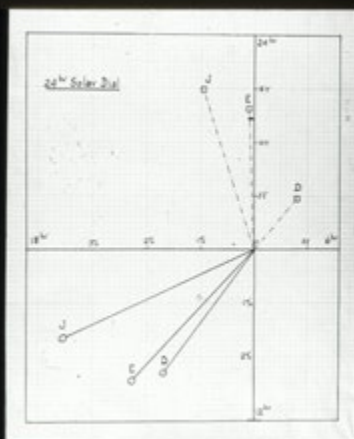
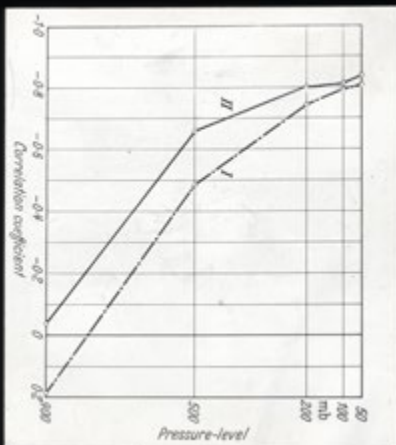
“The geophysical aspect of cosmic rays” en *Proceedings of the Physical Society* Reprinted, vol. 57 (1945), p. 464-477

c.1940

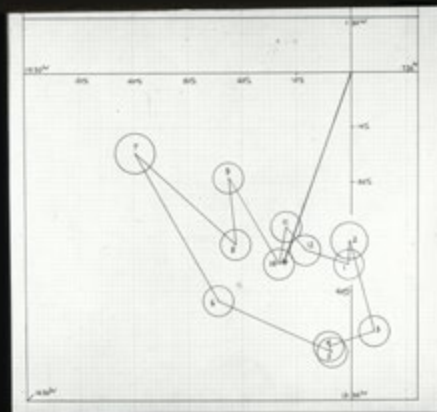
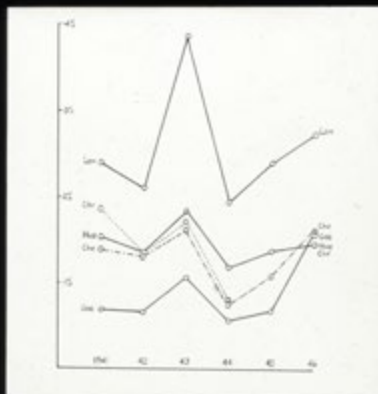
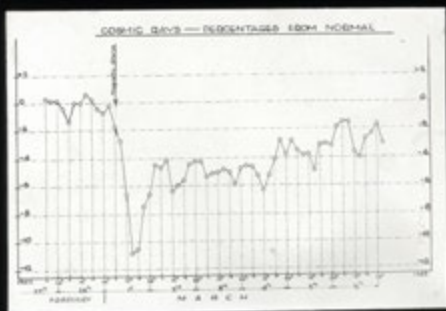
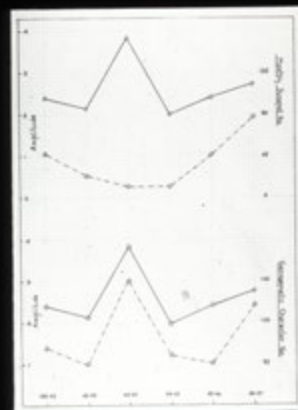
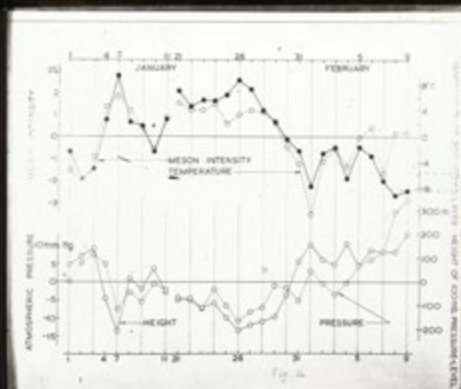
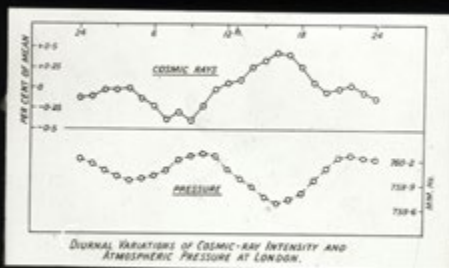
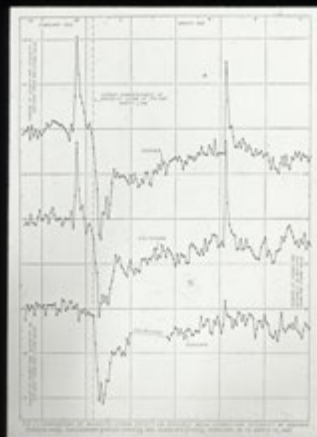
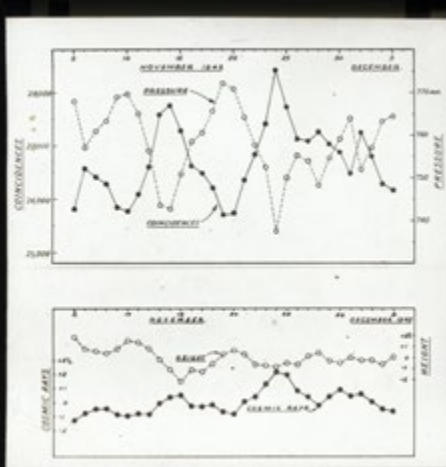
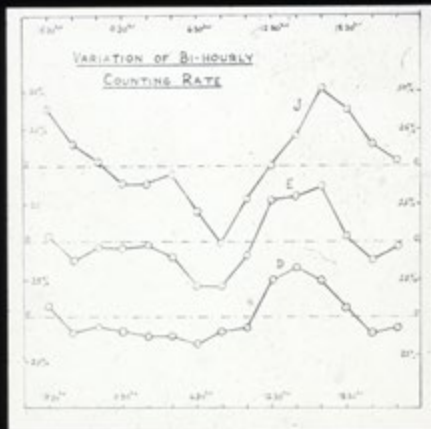
Préstamo de María Eugenia Duperier y Aymar

Placas de vidrio con diferentes gráficos y esquemas utilizados por Arturo Duperier en sus artículos y presentaciones.











## Cuaderno de notas de Arturo Duperier

1945 a 1947

Préstamo de María Eugenia Duperier y Aymar

Cuaderno de notas manuscrito a lápiz con observaciones referidas a la radiación cósmica. El registro de los datos se sitúa entre los años 1945 y 1947 en Inglaterra.



## Cuaderno de notas de Arturo Duperier

c. 1956

Préstamo de María Eugenia Duperier y Aymar

Cuaderno de notas manuscrito en tinta azul con anotaciones para estudio y apuntes bibliográficos.



## Plumas estilográficas de Arturo Duperier

---

Años 1930 y 1940; W. A. Sheaffer Pen Co.  
Préstamo de María Eugenia Duperier y Aymar

Pluma estilográfica modelo Lifetime con sistema de carga por palanca y pluma estilográfica modelo Lifetime 1500 con sistema de carga por émbolo, ambas con plumines de oro 14K de la casa Sheaffer.

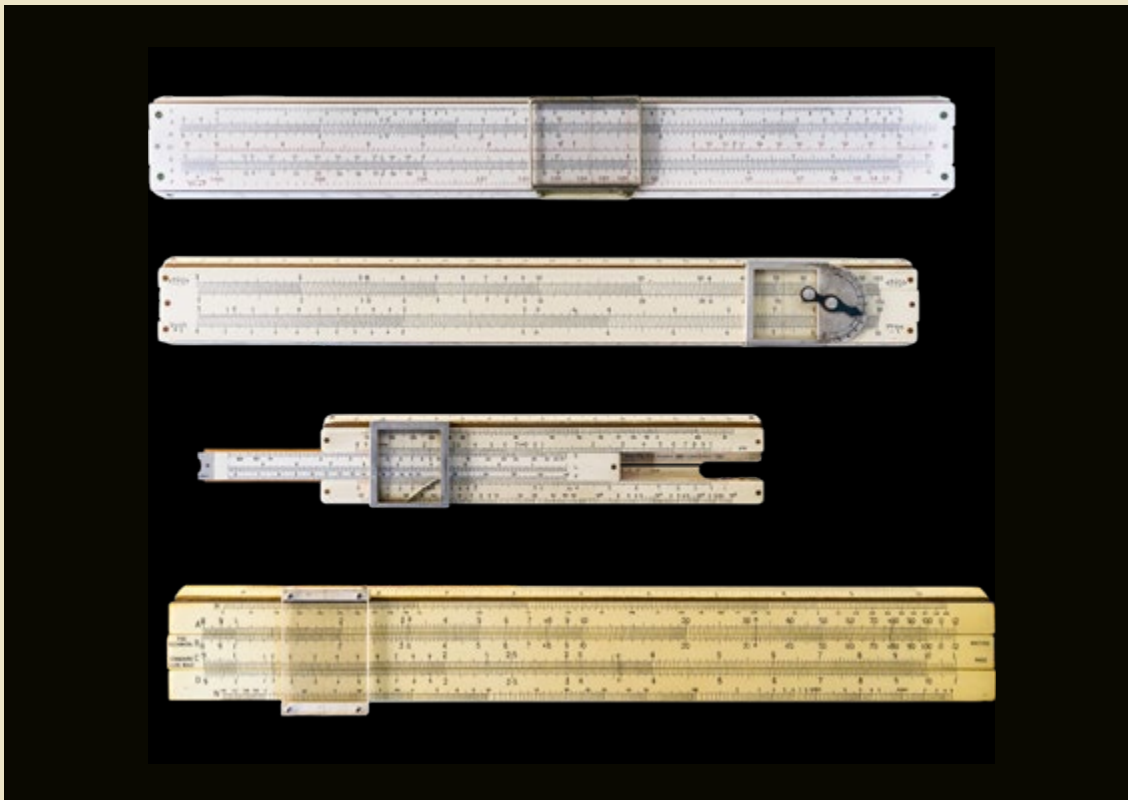


## Calculadora

---

c.1950; Schubert  
CE1986/008/0001

Este tipo de calculadoras se comenzaron a fabricar en Rusia hacia 1886, difundiéndose posteriormente en Europa y el resto del mundo, convirtiéndose en una de las más utilizadas hasta la segunda mitad del siglo XX. Podía realizar las cuatro operaciones básicas gracias a un mecanismo de ruedas dentadas con número de dientes variable.



## Reglas de cálculo

---

1930 a 1955

Préstamo de María Eugenia Duperier y Aymar

Reglas de cálculo con diferentes funcionalidades pertenecientes a Arturo Duperier: regla de cálculo Diwa N° 141; regla de cálculo A. W. Faber Castell D. R. P. N° 206428; regla de cálculo A. W. Faber Castell 379; y regla de cálculo estándar fabricada por The Technical Slide Rule Company.





## La biblioteca de Arturo Duperier

---

El legado bibliográfico de Arturo Duperier se incorporó a la Biblioteca del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología en el año 2017 gracias a la donación generosa realizada por su hija, María Eugenia Duperier y Aymar: 143 volúmenes y 21 separatas originales, con sus principales escritos, forman esta biblioteca que retrata con detalle su biografía intelectual. Sus libros presentan a un investigador atento a las innovaciones en su materia, recopiladas en librerías especializadas y bibliotecas de laboratorios universitarios. Escribía a lápiz su nombre en las primeras páginas, realizaba cálculos y anotaba con esmerada caligrafía en hojas sueltas, intercaladas entre sus páginas, apuntes científicos en español y en inglés. Conservaba los libros que, antes y después de su exilio, le dedicaron afectuosamente amigos, maestros y discípulos.

A esta colección se suman su tesis doctoral, hallada para esta exposición en el Archivo Histórico Nacional, dos escritos de juventud publicados en revistas científicas prestadas por la Real Academia de Ciencias y dos tomos con heridas de guerra procedentes de la Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid.





## Equipamiento electrónico para el estudio de los rayos cósmicos

---

c. 1957; Ericsson Telephones Ltd.; Dynatron Radio Ltd.  
Depósito de la Facultad de Ciencias Físicas de  
la Universidad Complutense de Madrid  
DO1995/031/0260

Fabricado por la Instrument Division of Ericsson Telephones Ltd. (ETL) en High Church Street, New Basford (Nottingham, England). Este conjunto aparatos para el estudio de la radiación cósmica está formado por contadores de pulsos “por décadas” y sus respectivas unidades de potencia o fuentes de alimentación. En términos generales, el equipo contiene la electrónica empleada para adaptar los pulsos y contar las coincidencias producidas entre las señales eléctricas de los tubos Geiger cuando son atravesados por una partícula de rayos cósmicos.

Tal y como figura en el etiquetado de los embalajes, fue testado para el Imperial College of Science and Technology en 1957 y enviado con destino al laboratorio de Arturo Duperier en la Facultad de Ciencias de Madrid.

Al igual que sucedió con el equipamiento de registro de rayos cósmicos fabricado por Cintel Television Ltd. —inicialmente cedido por Patrick Blackett en 1953— y que no pudo ser instalado a su llegada a Madrid, este equipo de conteo tipo 101 A, tampoco llegaría a ser utilizado por el científico español, quien fallecería en 1959.



**ENGLISH VERSION**

## Exhibition credits

### Ministry of Science and Innovation

Minister  
Diana Morant Ripoll

### General Secretariat for Research

General Secretary  
Raquel Yotti Álvarez

### National Museum of Science and Technology

Director  
Fernando Luis Fontes Blanco

### Spanish Foundation for Science and Technology

General Director  
Imma Aguilar Nàcher

### Scientific advisor

Francisco Barradas Solas  
Linarejos Moreno Teva  
José Manuel Sánchez Ron

### Cosmic Ray Interactive Station (CRIS)

Gustavo Martínez Botella

### Coordinator

Rosa María Martín Latorre

### Museum staff

Ignacio de la Lastra Gonzalez  
Emilio Bande Fuentes  
Josefa Prados Barrera  
Joaquina Leal Pérez-Chao  
Isabel Tarancón Santana  
Álvaro Carcelén Aycart

### Interactive devices preservation

Pedro José Labela Escobar  
Jesús León Martín

### Exhibition design, production and assembly

Cultural Media Design S. L.

### Cosmic rays interactive art display

Javier Álvarez Bailén (Light Notes Studio)

### Museum transportation

Ordax Arte & Exposiciones S. L.

### Catalogue design and layout

Cultural Media Design S. L.

### Exhibition Photography

Álvaro Muñoz Guzmán

### Catalogue printing

Advantia Comunicación Gráfica S.A.

### Edited by

Spanish Foundation for Science and Technology

E-NIPO 831220266

NIPO 831220250

DL M-19263-2022

Publication included in the editorial program of the Technical General Secretariat of the Ministry of Science and Innovation, year 2022.  
General catalogue of official publications  
<https://cpage.mpr.gob.es>

### Special thanks to

María Eugenia Duperier Aymar  
Ana Cristina Carvajal Duperier  
María Eugenia Carvajal Duperier  
Diego López Calvín  
Curro Oñate Peláez  
Pilar Loreto Citoler Carilla

Universidad Complutense de Madrid (UCM)

Biblioteca Histórica Marques de Valdecilla (UCM)

Biblioteca de la Facultad de Medicina (UCM)

Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España

Real Academia de Historia

Real Academia de Medicina

Subdirección General de Archivos Estatales

Archivo Histórico Nacional (AHN)

Archivo General de la Administración (AGA)

Biblioteca Nacional de España (BNE)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Residencia de Estudiantes (CSIC)

Fundación Pablo Iglesias

Ayuntamiento de Pedro Bernardo (Ávila)

Follow us

[www.muncyt.es](http://www.muncyt.es)

🐦 @muncyt

📘 facebook.com/muncyt

📺 @muncyt\_es



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN



**MUNCYT**  
MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## Presentation

Marina Martínez de Marañón Yanguas

National Museum of Science and Technology Director

(2017-2022)

In/visibility is the title chosen for this temporary exhibition accompanied by this work.

It represents a game of antithetic concepts aimed at getting closer to the personality of Arturo Duperier, a great Spanish scientist, whose biography and contributions we wish to make visible through the present exhibition.

Arturo Duperier Vallesa (Pedro Bernardo, 1896 - Madrid, 1959) was the pupil of another great Spanish scientist, Blas Cabrera y Felipe (Arrecife, 1878 - Mexico City, 1945). His research and academic career as Professor of Geophysics at the University of Madrid was just beginning when the Civil War interrupted his lifetime project. The situation finally forced him to emigrate to the United Kingdom with his family. A new beginning and a destiny shared with a whole generation of scientists and intellectuals faced with dramatic historical events that hampered the development of the emerging scientific progress in Spain.

The years of prolific work that Duperier carried out outside Spain with Patrick Blackett's team at the University of Manchester and later at the Imperial College and at the Birkbeck College of London allowed him to make essential discoveries in the field of studies on the atmosphere and cosmic radiation, such as determining the average height at which the secondary cosmic rays or muons present in our atmosphere are generated.

When, in 1953, Arturo Duperier faced the possibility of returning to Spain to work on the creation of a new chair at the Complutense University, he made the courageous decision to start all over again. A creditable gesture from someone who wanted to contribute to the development of his country as a researcher, even if this meant leaving behind his brilliant British career. In his decision, he was supported by his British colleague Blackett, who managed to send to Madrid a cosmic ray recording equipment from the Department of Scientific and Industrial Research in Manchester. This should have allowed him to continue his research in his new laboratory.

Our country, nevertheless, was not yet ready to receive him. His health began to deteriorate and he was also subjected to great bureaucratic obstacles that blocked his work project. These are the main reasons

why Duperier died without being able to fulfill his desire to set up a cosmic radiation laboratory in Madrid.

This exhibition serves as a tribute to a scientist dedicated to his work and completely invisible due to the historical context of a country suffering from a Civil War and a long post-war period. A scientist who understood that the best weapon to change the world in which he lived was his privileged mind and who did not hesitate to offer it for the progress of his country.

The enigmatic cosmic rays are also invisible, and this exhibition brings us closer to them, a phenomenon present in our atmosphere, but of which almost nobody is aware. By using a muon detector designed for this occasion, we can perceive the presence of this type of radiation, register it and learn about the dynamics of its collisions.

The personality of Duperier and the hypnotic traces that cosmic rays describe are also a source of inspiration for Linarejos Moreno, artist and member of the curatorial team of the exhibition, whose work offers us a complementary reading of the phenomenon of cosmic rays.

The great job carried out by the curatorial team, integrated by Francisco Barradas Solas, Linarejos Moreno and José Manuel Sánchez Ron who have written an impeccable narrative that brings us closer to this critical moment in 20<sup>th</sup> Century Spanish science through one of its least known representatives and, simultaneously, to a physical phenomenon that is no less unknown, is now visible.

Finally, and since it is not always evident due to its hidden nature, it is mandatory to make visible in these lines the great efforts carried out by the technical team of the MUNCYT, enthusiastically involved as always in coordinating and facilitating the tasks conducted by the curators, designers and producers of the exhibition and in taking care of every single detail of the present exhibition. This project would not have been possible, of course, without the support and involvement of the Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (Spanish Foundation for Science and Technology), with whom all the museum's projects come to fruition.

## The cosmic ray detector

Francisco Barradas Solas

From the very beginning, this exhibition was designed to provide a dynamic scientific content, fully related to its main topic. For this reason, Gustavo Martínez Botella, a senior scientist at CIEMAT and member of the CTA collaboration, was commissioned to design and build a cosmic ray detector conceptually like the one used by Arturo Duperier in his scientific research. Thanks to this instrument, it will be possible to “watch in real time” the detection of cosmic rays. In addition, the data gathered by it will be available on a specific website<sup>1</sup> for anyone to analyze.

José Manuel Sánchez Ron’s contribution to this catalog explores in detail Arturo Duperier’s relevance in the field of cosmic rays. Here, the detector and its data will be discussed after a brief introduction ending with some hints on how these data could be used for some school science research projects.

But first, it is important to explain the reason for installing in this exhibition a cosmic ray detector based on Geiger tubes, like the ones used in research some 80 years ago, instead of a more modern and powerful one.

We aimed for the simplest and most cost-effective detector possible. It had to show cosmic ray signals at a rate appropriate for a museum—on the order of one every few seconds—. It also had to produce enough quality data to allow school science research. It could have been built using much more advanced technology, for example scintillator plastics and silicon photomultipliers, such as those of the *CosmicWatch*<sup>2</sup> project. This, like our design, is relatively inexpensive and can be built by a serious amateur. However, a Geiger<sup>3</sup> tube detector was finally chosen, since this type of detectors meet the initial requirements while also having the rare and final advantage of being very closely related to objects and publications that appear in the exhibition and, ultimately, to Arturo Duperier’s work on cosmic rays.

### What are cosmic rays?

Cosmic rays are high-energy particles arriving at Earth in all directions from our Galaxy—and even further in the case of those of higher energies—. This<sup>4</sup> is the likely story of a typical cosmic ray particle, a proton accelerated in the Milky Way by moving magnetic fields, colliding with the atmosphere of Earth after a journey of millions of years (Fig. 1).

In a supernova remnant at the other end of our Galaxy, a proton is accelerated to nearly the speed of light by bouncing repeatedly in the magnetic fields of a shock wave.

After traveling a huge distance, guided by other, much weaker magnetic fields that cross the galaxy, the proton collides with the nucleus of an atom in the stratosphere of Earth, creating a cascade of particles that travel to the surface at near-light speeds.

Among these, a muon ( $\mu$ ) is generated, as confirmed by Duperier, at an altitude of about 15 km, just above commercial airliners. It then enters the museum some 50 millionths of a second later, passes through our detector and is recorded in a counter.

Particles that reach Earth from outer space are called primary cosmic rays. The ones that are generated in the atmosphere are the secondary cosmic rays.

The study of primary cosmic rays is very difficult. This is because experiments must be carried out at high altitudes, well above where most secondary cosmic rays are produced. This is done by means of balloons and artificial satellites, as will be seen later.

Primary cosmic rays include all stable charged particles, among which protons dominate with just under 90%, followed by helium nuclei (or *alpha particles*) with around 9%. The rest are heavier atomic nuclei generated in stars plus a small percentage of other particles, mostly electrons.

Their energies range from about  $10^{-10}$  J (1 GeV =  $10^9$  eV) to a hundred billion times more, around 10 J ( $10^9$  TeV =  $10^{20}$  eV). This last value is tens of millions of times greater than that of a proton accelerated at CERN’s LHC. It is also comparable to the kinetic energy gained by an apple falling from a tree or a tennis ball in an amateur’s shot, although concentrated in an extremely smaller volume—about  $10^{40}$  times smaller—.

Apart from low-energy particles associated with “solar wind” and solar flares that give rise, for example, to aurorae, cosmic rays originate from beyond our system. This is known because, if they came from the Sun, their intensity would not be nearly the same at night and during the day, which is what really happens.

The vast majority of cosmic rays detected come from our Galaxy. Once accelerated, the charged particles move under the influence of the magnetic fields that permeate it. The higher the energy of a particle, the less the field deviates it from its rectilinear path. It is

almost certain that those with less than  $10^{15}$  eV have such curved paths that they are trapped in their galaxy of origin.

These fields spread out into the galactic halo and, apart from the disk component—where the Sun and most of the stars are located—their spatial distribution is chaotic (Fig. 2). Therefore, galactic cosmic rays arriving at our surface do not follow direct paths from their sources, but tangled and random routes until reaching Earth, arriving at it from all directions equally.

When a primary cosmic ray, for example, a proton, collides with Earth, the first thing it encounters is its atmosphere. There, at an average height of about 15 km, a collision with an atomic nucleus takes place. From this collision, very often a proton or a neutron and dozens of other subatomic particles are emitted, especially *pions* and *kaons*, initiating an *atmospheric cascade* (Fig. 3). Much less frequently, other particles are produced, even the heaviest ones, such as *Higgs* or *top quark*.

All these particles are unstable and decay with very short lifetimes. So, it is mainly the descendants of these pions and kaons, which are essentially muons and neutrinos, that arrive at the surface.

Neutrinos are undetectable without professional resources. Nevertheless, muons can be “seen” with homemade devices such as cloud chambers.<sup>5</sup> They leave trails much like those made by airplanes in the sky. This is not surprising, as the physics is very similar in both cases.

It is amazing that, with a fishbowl, a metal plate, alcohol and some dry ice, traces of elementary particles, directly descending from that proton accelerated in a supernova remnant, can be made visible...

If you have the chance, have a look at a cloud chamber like the one in the museum, which you can see live or through a camera in this temporary exhibition. Having done so, you will find it harder not to believe that these subatomic particles really exist. Further on, it will be demonstrated how cosmic rays cannot only be “seen” but also studied and that much can be learned about them with the detector that has been built especially for the present exhibition.

### **Present-day research and relevance of cosmic rays**

Cosmic rays are of unquestionable interest as direct messengers of very high-energy astrophysical processes. They are also witness to the distribution of galactic magnetic fields and the interstellar medium, whose models must reproduce the observations.

At the experimental level, until 2006, primary cosmic particles of medium and high energies had only been studied by means of balloon

flights, limited to a few days and reaching heights of only about 30 to 40 km. That same year, a satellite with a detector called PAMELA was launched, which provided data for ten years and meant a qualitative leap forward. This allowed the study, with sufficient statistics, of species much less abundant than protons and even the antimatter component of cosmic rays. Since then, other experiments have been launched, most notably AMS-02,<sup>6</sup> the most complete and greatest of all ( $5 \times 4 \times 3$  m<sup>3</sup>). This detector is capable of distinguishing hadrons—protons, alpha particles and other heavier nuclei—from leptons—electrons and positrons, muons, etc.—and matter from antimatter. It can also measure their energies and the chemical and isotopic compositions of cosmic rays from fractions of a GeV to several TeV. Since 2011, the AMS-02 detector has been running continuously at the International Space Station, at an altitude of about 400 km. It has already recorded more than 200 billion events. As a result, it has been possible to measure the characteristics of the primaries in much greater detail than ever before. This is particularly remarkable in the case of heavy nuclei, so rare that the samples studied by balloons did not allow drawing many conclusions.

Cosmic rays with energies lower than about  $10^{18}$  eV are very likely produced in our Galaxy, since the magnetic fields of the Milky Way bend them so much that they cannot escape from it. For this same reason, the detectors cannot help to figure out where their sources are located, since these particles do not reach Earth traveling in straight lines, but through enormously entangled and chaotic paths. However, there are other particles without electric charge, such as neutrinos or gamma rays, which are not deviated. A way of finding their origins, at least those with energies between about  $10^{15}$  eV and  $10^{18}$  eV, would be to determine where the gamma rays that would be produced alongside them come from. This is one of the purposes of experiments such as HESS or the future CTA<sup>7</sup>—part of which will be installed on the island of La Palma—.

On the other hand, ultra-high energy cosmic rays, with more than  $10^{19}$  eV, are so extremely rare—no more than one per square kilometer per year—that they are much better studied through their secondaries in experiments such as *Auger*,<sup>8</sup> located in La Pampa, Argentina. The *Pierre Auger* Observatory with its 1660 detectors, covers an area of about 3000 km<sup>2</sup>—somewhat bigger than Paris or Luxembourg. Its purpose is to detect the cascades (Fig. 3) that these events produce in the atmosphere and to try to reconstruct the characteristics of the primaries by measuring them. For example, the cascade of a  $10^{19}$  eV cosmic ray covers an area of about 10 km<sup>2</sup>—hundreds of soccer fields—.

These cosmic rays have so much energy that they are only slightly deviated by the weak magnetic fields they encounter on their way. This means they can escape from their galaxies of origin. Moreover, since they follow very weakly curved paths, their sources will be close to the directions from which they are seen arriving. In recent years, in addition to cosmic rays, other particles such as neutrinos, with no charge and therefore undeflected by magnetic fields, are being searched for. If neutrinos were found arriving from where cosmic rays come from, this would mean that there are astrophysical sources that emit them together, which would help to characterize them. This is one of the objectives of experiments such as IceCube,<sup>9</sup> situated at the South Pole, or ANTARES in the Mediterranean Sea.

In summary, after nearly one hundred years, cosmic ray research continues to be an active field with many unresolved questions. So, for instance, while it is possible that supernova remnants are the sites where galactic cosmic rays with energies up to  $10^{15}$  eV are accelerated, this does not seem to be the case for higher energy cosmic rays. For them, at present, there are no solid, established models that account for everything that has been found out.

Although almost all known mechanisms or scenarios capable of generating the necessary energies have been suggested, such as the outflows of supermassive black holes at the center of active galaxies, it is by no means impossible to rule out other exotic processes that cannot even be imagined now.

But cosmic rays do not only pose fundamental physics problems, but also affect what is—or could be in the future—our daily life.<sup>10</sup>

To begin with, it seems that there is only one thing more impressive than watching cosmic ray tracks in a cloud chamber: “viewing” with closed eyes the flashes that many astronauts have seen during their space journeys, and which probably have the same origin. But, if you are an astronaut, there are more serious consequences of cosmic rays, such as the fact that, like with other ionizing radiation, they are capable of producing changes in DNA or in other biomolecules and even computer failures.<sup>11</sup>

On the surface of Earth, our planet’s magnetic field and atmosphere protect us to a large extent—as does the “solar wind”—but, even so, this radiation contributes to the natural radioactive background that has always produced mutations, probably contributing to natural selection. While flying on a plane at an altitude of about 10 km, cosmic radiation levels increase. This could constitute an occupational hazard for the crews. Finally, a few km above commercial airliners, neutrons

from cosmic rays convert a small fraction of nitrogen into radioactive carbon-14 which can then be used to date biological samples.<sup>12</sup>

Cosmic rays reaching Earth already provide business opportunities; there are companies<sup>13</sup> that use detectors, such as those developed for scientific research, to make “muonographies” i.e., density maps of the interior of an object similar to X-rays. The higher the density of a medium the more of the constant flow of cosmic rays it absorbs, the same as with X-rays. These techniques have been used to study large structures, such as pyramids, where unknown chambers have been found, but also caves, blast furnaces, containers, etc.

Finally, cosmic rays can be related to cloud formation.<sup>14</sup> This is because ions generated by these particles as they pass through the atmosphere, act as condensation nuclei around which clouds grow. This mechanism may have an impact on the global climate of Earth.

### ***The detector at the exhibition***

The cosmic ray detector at this exhibition (Fig. 4) consists of sixteen individual detectors, Geiger tubes, arranged in two parallel trays of eight tubes each. The passing of a particle through a tube generates an electric current pulse that can be recorded and displayed as light, sound, etc.

A Geiger tube is a chamber filled with an inert gas—such as helium or argon—which has two electrodes between which there is a potential difference of a few hundred volts. The electrodes can be the chamber itself (negative) or a wire running lengthwise through it (positive), both metallic.

A particle that passes through the tube “collides” with the atoms of the gas and, in doing so, it can ionize them, i.e., it strips electrons from them and transforms them into positive ions. Then, positive ions move towards the negative pole and electrons towards the positive pole, colliding with new atoms and releasing more electrons which, on reaching the positive electrode, give rise to an electric current pulse that can be recorded, indicating the passing of a particle through the tube (Fig. 5).

In the detectors, there is also an electronic circuit responsible for receiving these current pulses and transforming them so that they can be recorded with their time stamp by a computer.

Geiger tubes can register the passing of charged particles—electrons, muons, alpha particles, etc.—or photons with sufficient energy to penetrate their walls and ionize the gas.

It is important to know that Geiger tubes have, like all detectors, a dead



time in which they cannot produce any signal, even if a particle passes through them. This is because, after a gas has been discharged, it needs some time to return to its initial sensitive state. In the tubes used for this exhibition, this time is of the order of 190 millionths of a second (0.00019 sec.).<sup>15</sup> The same happens with the electronics that process and record pulses. This implies that, if one tries to measure events that happen very quickly, the detector will saturate and provide measurements poorly adjusted to reality. In our case, this is not a serious problem.

But why sixteen tubes? We are mainly interested in cosmic rays but, if there was only one tube, most of the signals would be accidental, due, for example, to noise from electronics or environmental radioactivity of terrestrial origin, which isn't our objective.

To minimize these interfering signals, the tubes are mounted *in coincidence*, i.e., only if a pair of tubes register a signal in a very short interval of time,<sup>16</sup> is that signal recorded with its time stamp and attributed to a particle passing through the detector.

On the other hand, requesting a pair of tubes to “be triggered at the same time” allows us to define to some extent the direction from which the particle has arrived: along the straight line joining the tubes (in fact, a cone) (Fig. 6). This is very important to extract scientific information from the data.

Finally, tube trays have been used to increase the effective area of the detector and thus to achieve a museum-like detection rate. According to the specification sheet of our Geiger tubes (ref. 15) each of them has an active area (the area of the “target” they present to the cosmic rays) of about 9 cm<sup>2</sup>. The average vertical cosmic ray flux at the surface of Earth ranges in the order of <sup>17</sup> 1 cm<sup>2</sup> per minute. This means that, under ideal efficiency conditions, a single tube would record a coincidence every six seconds or so. This implies that, in the museum, it would not be unusual to have to wait more than 10 sec. to see a coincidence, too long a time. By having eight pairs—which are considered independent—the maximum expected coincidence rate would be around one per second, which in practice provides something like one coincidence every 2 seconds, a much more adequate value for an exhibition that has been confirmed by trials.

Examining one of Duperier's<sup>18</sup> most prominent papers, it can be seen that his “cosmic ray recorder” had a very similar structure (Fig. 7), except that he used three trays of tubes instead of two, recording only triple coincidences. This reduces further the accidental coincidence rate but it does not constitute a big difference.

As for the electronics of the detector, it is sufficient to indicate that it contains the necessary elements to generate the high voltage that feeds the tubes, convert their analogue electrical pulses into digital signals and combine them in a logic circuit to define their coincidences. The latter are recorded by a computer (Raspberry Pi 3B) with a time stamp and the tube pair involved. Additionally, there are two outputs for converting the coincidences into light and audio signals that are used as sensory representation of cosmic rays for the public of this exhibition (Fig. 8).

### ***The detector data and its use***

From the beginning, consideration was given to providing the interested public (especially young students) with the data produced by the detector through the web: <https://rayoscsmicos.muncyt.es><sup>19</sup> For each coincidence, the angle of arrival of the muon is given—defined by the pair of tubes that became activated—together with its time stamp (Fig. 7).

This is not the place to discuss in detail what can be done with the data, but it is worth mentioning the most immediate and outstanding possibilities: the study of the variation of cosmic ray flux<sup>20</sup> in time, its correlation with atmospheric pressure—which is the path that led Duperier to his best results—, the temporal separation between consecutive events and, finally, the angular dependence of cosmic ray flux.

The study of all these topics is very interesting in itself, but even more so thanks to the fact that all of them also have an instrumental side that is very often ignored in outreach and education. Through them, it is possible to talk about the laws of chance, the existence of particles with finite lifetimes and the time dilation of special relativity. More information can be found in other resources shown at the present exhibition, such as the *Cuaderno Experimenta: Rayos cósmicos* (sections 3, 4 and 6 (See note 4) and the frequently asked questions at <https://rayoscsmicos.muncyt.es>.

### **FIGURES**

Fig. 1: A primary cosmic ray particle starts its path near a supernova following the magnetic field lines. Image: Wearbeard

Fig. 2: Simulation of the galactic magnetic field. In red the “ordered” part in the spiral arms and in blue the chaotic part that spreads out into the halo: Fig. 11 from Shukurov, A., Rodrigues, L. F. S., Bushby, P. J., Hollins, J., & Rachen, J. P. (2019). A physical approach to modelling large-scale galactic magnetic fields. *Astronomy & Astrophysics*, 623, A113. reproduced with permission © ESO.

Fig. 3: Cascade of secondary cosmic rays, generated when a primary cosmic ray particle collides with the nucleus of an atom in the upper atmosphere. Mostly

neutrinos—, which penetrate the interior of Earth quite easily—and muons ( $\mu$ ) arrive at the surface. Image: Wearbeard (see note 4).

Fig. 4: Photo of the cosmic ray detector on exhibition room.

Fig. 5: Representation of the mechanism of a Geiger tube. Image: Wearbeard

Fig. 6: The pair of tubes that is activated “simultaneously”—within a very short interval predefined according to the detector characteristics—it shows the incoming direction of the particle responsible for the activation.

Fig. 7: Figure 1 of Duperier (1944).

Fig. 8: Schematic diagram of the detector electronics.

## NOTES

1 <https://rayoscosmicos.muncyt.es/>

2 Web of the project *CosmicWatch*: <http://www.cosmicwatch.lns.mit.edu/>

3 <https://physicsoopenlab.org/2016/01/02/cosmic-rays-coincidence/>  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/50/3/317/pdf>  
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.739.4141&rep=rep1&type=pdf>  
<https://www.hardhack.org.au/book/export/html/52>

4 According to what is discussed in the Notebook *Experimenta* “Los rayos cósmicos”. Francisco Barradas Solas, MUNCYT, 2018, where there is also a glossary and more details. This reference will be used frequently herein.  
[http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/rayos\\_cosmicos\\_muncyt.pdf](http://www.muncyt.es/stfls/MUNCYT/Publicaciones/rayos_cosmicos_muncyt.pdf)

5 “Cloud Chamber: Real particles”, Francisco Barradas Solas  
<https://www.i-cpan.es/concurso/ganadores/55CamaraNiebla.pdf>  
“Real particles: build your own cloud chamber” Francisco Barradas Solas and Paloma Alameda Meléndez” <https://www.scienceinschool.org/article/2010/cloud/>  
“CLOUD CHAMBER. S’Cool LAB - Do-it-yourself manual. Version 7” Julia Woithe  
[https://scoollab.web.cern.ch/sites/scoollab.web.cern.ch/files/documents/20200521\\_JW\\_DIYManual\\_CloudChamber\\_v7.pdf](https://scoollab.web.cern.ch/sites/scoollab.web.cern.ch/files/documents/20200521_JW_DIYManual_CloudChamber_v7.pdf)

6 <http://ams02.space/>

7 <https://www.cta-observatory.org/pevatrons-hunt-for-galactic-cosmic-rays/>

8 <https://www.auger.org/>

9 <https://iccube.wisc.edu>

10 We follow reference from note 4, where more details and bibliography can be found.

11 More specifically, occasional errors such as “bit flips”, changes in a bit from “1” to “0” or vice versa. *Veritasium*, “The Universe is Hostile to Computers”.  
[https://youtu.be/AaZ\\_RS0kP8](https://youtu.be/AaZ_RS0kP8)

12 Plants fix atmospheric carbon, containing a fraction of radioactive  $^{14}\text{C}$ . When a plant or an animal dies, this isotope is no longer replaced and disintegrates at a constant rate, which allows calculating the time it has spent in the atmosphere.

13 <https://muon.systems/>

14 As studied by CERN’s CLOUD experiment:  
<https://home.cern/science/experiments/cloud>

15 See the technical characteristics of the tubes used in the detector (model SBM20) at <http://www.gstube.com/data/2398/>. Interestingly, these tubes are of military origin, having been manufactured for radioactivity detectors for the army of the former Soviet Union.

16 It should be noted that the particles we detect, mostly muons, have typical energies of about a few GeV, which implies that they travel almost at the speed of light, about 300000 km/s. The time they take to cross the distance between two adjacent tubes (1.6 cm) is negligible compared to the response times of Geiger tubes and electronics.

17 See Section 30.3: Particle Data Group, Zyla, P., Barnett, R. M., Beringer, J., Dahl, O., Dwyer, D. A., ... & Pomarol, A. (2020). Review of particle physics. *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 2020(8), 083C01., available at: was <https://pdg.lbl.gov/2021/web/viewer.html?file=../reviews/rpp2021-rev-cosmic-rays.pdf>

18 Duperier, A. (1944). A new cosmic-ray recorder and the air-absorption and decay of particles. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 49 (1), 1-7.

19 As was done previously with the SLAC lab’s Virtual Visitor Center detector: <https://web.archive.org/web/20080914075038/http://www2.slac.stanford.edu/vvc/cosmicrays/crdctour.html> and is currently being done with the DESY lab’s CosMO Mill detector: [https://www.desy.de/school/school\\_lab/zeuthen\\_site/cosmic\\_particles/experiments/cosmo\\_mill/index\\_eng.html](https://www.desy.de/school/school_lab/zeuthen_site/cosmic_particles/experiments/cosmo_mill/index_eng.html). See also <https://icd.desy.de/e35439/>

20 It is not really the flux—a quantity independent of the detector geometry—but the number of coincidences per unit time for this particular geometry. Moreover, it will be considered that all coincidences are due to cosmic rays. Nevertheless, this is not guaranteed since the existence of accidental coincidences cannot be avoided.

**Vasili Kandinsky and The Cloud Chamber**  
**An approach to the visualization of elementary**  
**particles from the visual arts**

Linarejos Moreno

I have often re-contextualized items from the collections of the Museums of Science and Technology within Contemporary Art, attentive not only to the transmission of scientific knowledge, but also to the objects and systems that produce and transmit them. In 2017, I organized, at the Tabacalera site, Arts Promotion, the exhibition: “Things a girl can do with electricity”, which offered a gendered re-reading of Alfred Powell Morgan’s book “Things a boy can do with electricity” (1942). It reproduced the mechanism of the small six-element potassium bichromate battery (c. 1880-1910), belonging to the National Museum of Science and Technology. It was built within the rows of lavatories of the former tobacco factory, now transformed into a Contemporary Art Center. The collaboration with the Museum subsequently led to an invitation to work for the present exhibition on the Spanish scientist Arturo Duperier, establishing a dialog with the fascinating world of cosmic rays.

The first visualizations of cosmic ray traces, in the museum’s cloud chamber, and the awareness of knowing that I was being traversed by an energy that could have come from a time as old as the beginning of the universe, overcame me. The mechanism conveyed a magnificent understanding of space and time, that was formally embodied into something as simple as lines and dots appearing rhythmically on a plane. And, although my role as artistic curator of the exhibition was limited to proposing the selection of some images, items and references, that would help to communicate Arturo Duperier’s career and the difficult concept of cosmic rays, I simply could not help myself—coming from an artistic career woven in a dialog with scientific photography—to go through the paradoxical history of the photography of invisible cosmic rays.

Cosmic rays were known to exist but, as it has happened on so many occasions with scientific discoveries, their proof was pursued through photographic record. In the case of these highly energetic particles, this was impossible, since their wavelengths lie beyond the small fraction of energy in the universe that we see or think we see: the visible spectrum. It should be noted that the only reason why we perceive the illusion of vision is merely the fact that wavelengths of light are able to stimulate the cells in our eyes, that respond to those wavelengths and not to others (Quesada and Cuasante, 2005).

One had to wait for the Scottish scientist C. T. R. Wilson (Nobel Prize in Physics in 1927) to spend some time studying the formation of clouds, at the Ben Nevis atmospheric observatory, and then to emulate the conditions of their formation in a device, so that we could at least see their traces: small clouds generated by the passing of these particles through an atmosphere of condensed vapor as a result of their ionization. Thanks to this device, which he wisely named The Cloud Chamber, Wilson was able to photographically record the first images of traces of elementary particles of matter, which he published at the Royal Scottish Society in 1911 and 1912.

The seductive power of the photographs Wilson took with his cloud chamber did not go unnoticed, even in his early days. In the introduction to “Cloud Chamber Photographs of Cosmic Radiation”, Professor P. M. S. Blackett mentions that “the book could definitely be appealing to physicists and non-physicists alike, if only for the beauty of the trace patterns of these energetic elementary particles” (Rochester and Wilson, 1952). Murdo Macdonald—who has long written about the inappropriate separation between aesthetics and science—points out, in *Wilson Chamber Images: “The Aesthetic of the Subatomic”* (2015), the possibilities of the beauty of some of his plates beyond their undoubted scientific value. This even led him to make the necessary arrangements for the family of C. T. R. Wilson to donate the plates to the permanent collection of the Royal Scottish Academy of Art and Architecture (and not to the Royal Scottish Academy of Science); thus, re-contextualizing this scientific material in an artistic context.

Between dot and line and line and plane, I went through the snapshots taken thanks to the different technological advances that enabled the visualization of cosmic rays, not without a certain sensation of finding myself in front of an enormous enigma. And the fact is that the confrontation with these images caused me not only delight, because of their beauty, but also a recurring “*déjà vu*”: the feeling that, although the observation took place at that moment, it had already taken place in the past. Impregnated by that sensation, I finally came across the shots obtained with the device invented by Donald Arthur Glaser, for which he received the Nobel Prize in Physics in 1952: the bubble camera. This device replaced visualization through vapor traces with visualization through bubbles, formed in a fluid heated to a temperature somewhat lower than its boiling temperature—usually liquid hydrogen—which began to boil when an energetically charged particle passed through it, forming a line of bubbles along its path (Glaser, 1952).

The formalization of the traces in this other device was very different from the others, as the chamber is subjected to a constant magnetic field, causing charged particles to travel in helical paths. However, as with C. T. R. Wilson's cloud chamber images, marveling at their beauty was accompanied by the feeling that I had seen them before and, by contrast, this was the first time I had come into contact with them.

After some research, I discovered a photograph from the 1970s showing a neutrino in the bubble chamber of the Fermilab particle accelerator laboratory (Fig. 1) in Chicago. I couldn't have been more surprised! Indeed, I had already seen that image! This photograph was incredibly similar, if not identical, to the painting "Transverse Line" (1923) by Vasilii Kandinsky (Fig. 2) that I had seen years earlier at Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen in Düsseldorf. The painting looked like a colored drawing of the Fermilab photograph.

Encouraged by this discovery, I decided to conduct a personal art project based on investigating the survival of the trace forms, observed in cosmic ray photographs in different periods and contexts. The persistence of images, beyond linear and disciplinary knowledge, was studied by the historian and founder of the visual study library, Abby Warburg (1866-1929), who actually named it with the term *pathosformel*. He dedicated his "Atlas Mnemosyne" (1924-1929) to the collection and structuring of more than two thousand images under the conducting wire of this survival (Cirlot, 2019).

Following Warburgian methodology, I took C. T. R. Wilson's cloud chamber photos and placed them over images from several copies of Kandinsky's book "Punkt und Linie zu Fläche" (1926). The dots and lines that produced the traces of these elementary particles were superimposed as authentic replicas of Kandinsky's drawings and vice versa. The images of the bubble chamber also fitted perfectly over the more complex artworks in his book that corresponded to the layouts of his paintings. This was the case of the artwork depicting the linear structure of the painting "Little Dream in Red" (1925) (Kandinsky, 1996, p. 157).

Afterwards, I placed the books on an iron beam and, with a thread—sculptural expression of the line—and a charcoal drawing, I physically connected them in space to the photograph of the neutrino image in the bubble chamber of the Fermilab laboratory (1970), which had originated this investigation. The photographic print had been made on a large burlap (300 × 150cm) prepared pictorially, for months, with different layers of white to achieve the same pictorial vibration that Kandinsky attributed to his works. The ensemble resulted in the

first work of the exhibition: "The Cloud Chamber: On Cosmic Rays, Abstraction and Invisibility" (2017) (Fig. 3).

I paired this piece with another print on burlap of a photograph of a collision between a kaon and a proton in CERN's bubble chamber, taken by the University of Birmingham Professor, Goronwy Tudor Jones, around 1970. His complex drawings, scientifically reminiscent of Kandinsky's images, were actually the product of:

"kaons passing from bottom to top – in CERN's two-meter hydrogen bubble chamber. When one of the kaons (bottom) collides with a hydrogen nucleus (proton) it causes charged particles, one of them a positive ion, to loop leftward before stopping. It then decays into a muon and travels a short distance before further decaying into an antielectron or positron, the latter performing several spirals until reaching the left-hand corner." (Jones, n. d.)

The discovery of the extraordinary formal similarity between the scientific photographs and the painter's paintings was accompanied by a coincidence in time. Although C. T. R. Wilson began conducting experiments in his primitive Cloud Chamber since 1896, he did not photograph the paths of individual alpha, beta particles and electrons until the beginning of 1911, describing the latter as small tufts and threads of clouds.

Just at that time Kandinsky, together with artists Gabriele Münter, Alexei Jawlensky, Franz Marc and Marianne Werefkin, assisted the composer Arnold Schönberg's New Year's concert in Munich, where they listened to String Quartet No. 2, Op. 10 (1907-1908) and Three Piano Pieces, Op. 11 (1909) (Simms, 2000, p. 114). At this event, both Kandinsky and Franz Marc were impressed by the revolutionary atonal and alogical structure of the composer's music (Boehmer, 1997, p. 285).

In Kandinsky's paintings, a gradual withdrawal from figurative representation had already taken place, but the discovery of the composer's work encouraged Kandinsky to definitively abandon the figuration that could still be sensed in the painting *Impression III* (1911), which he painted of the concert itself. In other words, the first images of cosmic rays were produced simultaneously to Kandinsky's discovery of atonal music and his definitive launching into the path of non-figurative representation.

It was also at the end of that same year (1911) that Schoenberg's *Harmonielehre* (Theory of Harmony) (1911) and Kandinsky's "Über das Geistige in der Kunst" (On the Spiritual in Art) (1911) saw the light of day. This was a key date for the theoretical development of both

artists (Álvarez Muñoz, 2010, p. 4). In 1926, when Kandinsky's second book—"Punkt und Linie zu Fläche" (*Dot and Line on the Plane*)—was published, C. T. R. Wilson's articles had already spread widely. This resulted in the cloud chamber being used by physicists in different parts of the world. Among them was P. M. S. Blackett in England—Nobel Prize in Physics in 1948—with whom the Spanish scientist Arturo Duperier, on whom the present exhibition is focused, worked for some time.

The video "On Cosmic Rays, Atonal Music, Abstraction and Invisibility" (2017) (Fig. 4 and 5) captures the temporal convergence of the beginning of atonal music, pictorial abstraction and the first images of cosmic ray traces. The work was accomplished by mounting Arnold Schönberg's musical piece Opus 11 over a looping zenithal video from the National Museum of Science and Technology's cloud chamber. The latter was recorded on December 11<sup>th</sup>, 2017.

Four more prints on large-format pictorial burlap completed the site: two of them with images of particles in C. T. R. Wilson's chamber (1911-1913)—printed through the courtesy of The Royal Scottish Academy of Art & Architecture Collections (where they are in storage) and Sandy Wood—and the other two with photographs from the National Museum of Science and Technology's cloud chamber that were taken at the same time as the video.

The artistic facility "The Cloud Chamber", which gathers all the pieces, was produced and exhibited in January, 2018 at Alcobendas Art Center (Fig. 6). This took place thanks to one of its production aids and, later, it was exhibited at The Transart Foundation for Art and Anthropology in Houston. Finally, it has also been included in the present exhibition on Arturo Duperier's In/visibility and cosmic rays (Fig. 7 and 8).

Why this coincidence and similarity? In the book "Punkt und Linie zu Fläche", Kandinsky leaves written record of his interest in the forms adopted by points and lines in technical-scientific images, although he places these formalizations beyond the artistic scope: he considers that pure art should not respond to any practical utility as opposed to the functionalism that technique should have. He even shows images linked to the development of meteorology and electricity: a rectification graph of an electric curve, a radio transmitter station, a forest of electric masts and a linear trace of a lightning bolt (Kandinsky, 1996a, pp. 91-97). This approach is not surprising, since images associated with science and technology—especially when linked to industrial development—were of great importance at the Bauhaus art school. At this school, Kandinsky was a professor

from 1922 to 1933, the period in which he wrote the book and where he came into contact with other very popular movements strongly influenced by scientific material culture, such as suprematism and Russian constructivism. It would not be the first time that Kandinsky came into contact with movements influenced by this imaginary.

Kandinsky belonged, together with Mikhail Larionov, creator of Rayonism, to the "Der blaue Reiter" (The Blue Rider), having first-hand knowledge of the artist's theories. The Rayonist manifesto states that it is based on the representation—not abstraction—of the "radiation of reflected light, the theory of radiation, radioactive rays and ultraviolet rays" (Larionov, 2009). In this movement, although short lived, Vladimir Evgráfovich Tatlin, the father of constructivism, had a great influence and even went so far as to say that all of them, including Kandinsky, were Larionov's children. Furthermore, Kandinsky, in his chapter on the Blue Rider, explains how his intention for the group's second book was to base it "on the juxtaposition of art and science: their origin and their evolution in the way of working and their purpose..., but then the war broke out and swept away these modest plans" (Kandinsky, 2002, p. 126).

Kandinsky (1866-1944) does not mention in his writings the cloud chamber of his contemporary C. T. R. Wilson nor the traces visualized in it (the lines). However, his colleagues' interests and the scientific journals he must have consulted, to extract the images for his books, make it difficult to think that he was not informed of the path undertaken towards the visualization of particle physics. Also, it should be noted that Thomson discovered the first subatomic: the electron in 1897 (the dot).

"Linda Dalrympe, in her essay "Marcel Duchamp's The King and Queen Surrounded by Swift Nudes and the Invisible World of Electrons", points out how by 1912 artists like Marcel Duchamp, but not exclusively, abandoned the fascination for machine speed—of the Futurists—to let themselves be enchanted by a greater and invisible speed: that of the electron. Thus, the symbolic transmission of particles seems to be present in the emblematic work "Le Grand Verre" (1915-1923), whose gas at the top of the glass may prove evocative of the cloud traces observed in a cloud chamber." (Moreno, 2019).

This focus on the relationship between the avant-garde and the scientific discoveries at the time opens up the possibility to read Kandinsky's works as a representation of the invisible world of subatomic particles and their energy; that is, dramatizing it through the author's own writings. In "On the Spiritual in Art", Kandinsky

(1911) is concerned with analyzing the feelings that emerge from each point and the direction of each line of his illustrations. He is also preoccupied with describing them as the emotional consequence of the representation of other energetic waves which—like cosmic rays—lie beyond the spectrum of the visible: sound.

This may have been the key to the success and durability of his work, compared to that of Larionov: This was also perhaps the main reason for the impact of the Impressionists compared to their contemporary Seurat, creator of chromoluminarism: to recognize that, beyond the understanding of the natural world that we may have, our wisdoms are imbued with subjectivity, delight in beauty, but also with suffering (sometimes in extreme conditions such as war, exclusion, exile or pandemics). In addition, our perception of the world is multi-layered and, therefore, one can only formulate through its sieve what in decolonial theories has been called “the place of enunciation”. (Mignolo, 1999, pp. 235-245). He considers that the knowledge constructed by us is mediated by the place from where one speaks and, from the field of the hard sciences, there has been fear of its recognition due to the assumption of otherness in the production of scientific knowledge.

Nevertheless, by recognizing the fact that it is impossible to be objective—Lorraine Daston and Peter Galison state in their book “Objectivity” (2010) that what is known as objectivity is nothing more than a period of mechanical reproductivity resulting from the industrial revolution—it consists of being able to analyze the positions from where knowledge is produced. Therefore, it also consists of regaining authority in order to avoid excluding individuals from the transmission of knowledge and contributing, in this way, to the development of fairer societies. This is where art becomes essential due to its freedom to observe, produce and activate critical thinking.

## FIGURES

Fig. 1: Neutrino event © Fermilab, 1970

Fig. 2: Kandinsky, *Transverse Line*, 1923 © 2022. Photo Scala, Florence/bpk, Bildagentur für Kunst, Kultur und Geschichte, Berlin

Fig. 3: © Linarejos Moreno, *On Cosmic Rays, Abstraction and Invisibility*, 2017 at The Transart Foundation for Art and Anthropology in Houston. October 2018

Fig. 4: © Linarejos Moreno video *On Cosmic Rays, Atonal Music, Abstraction and Invisibility*, 2017, at National Museum of Science and Technology, Alcobendas 2022

Fig. 5: © Linarejos Moreno video *On Cosmic Rays, Atonal Music, Abstraction and Invisibility*, 2017, detail

Fig. 6: © Linarejos Moreno, *The Cloud Chamber project* at Alcobendas Art Center. January 2018

Fig. 7-8: *The Cloud Chamber project* at National Museum of Science and Technology, Alcobendas 2022

## BIBLIOGRAPHIC REFERENCES:

- Álvarez Muñoz, D. (2010). *Kandinsky & Schönberg. Reflexiones en torno a una carta*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Boehmer, K. (1997). *Schönberg and Kandinsky: a historic encounter*. Taylor & Francis.
- Cirlot, V. (2019). Las fórmulas del pathos y su supervivencia. *Comparative Cinema*, 7(12), 139-149.
- Daston, L. y Galison, P. (2021). *Objectivity*. Zone Books.
- Glaser, D. A. (1952). Some effects of ionizing radiation on the formation of bubbles in liquids. *American Physical Society*, 87(4), 665.
- Fernández Quesada, B., Cuasante, J. M. y Cuevas Riaño, M. M. (2005). *Introducción al color*. Akal.
- Jones, G. T. (s. f.). *Kaon-proton collision*. Science Photo Library. [www.sciencephoto.com/media/105962/view](http://www.sciencephoto.com/media/105962/view)
- Larionov, M. (2009). *Manifestos*. Maldoror.
- McDonald, M. (2015). *Wilson chamber images: the aesthetic of the subatomic*. HICA. <https://www.h-i-c-a.org/ctr-wilson--murdo-macdonald.html>
- Mignolo, Walter D. (1999) 'I Am Where I Think: Epistemology and the Colonial Difference', *Journal of Latin American Cultural Studies*, 8(2).
- Moreno, M. L. (2019). Máquinas inútiles. Prácticas artísticas contemporáneas y tecnologías no-productivas. Resistiendo a la reificación. En: J. Larrañaga, J. E. Mateo, J. Munárriz, D. Villegas (eds.), *Arte y Tecnosfera* (pp. 185-201). Brumaria.
- Powell Morgan, A. (1942). *Things a boy can do with electricity*. Charles Scribner's Sons.
- Rochester, P. M. S. y Wilson, J. G. (1952). *Cloud chamber photographs of the cosmic radiation*. Pergamon Press.
- Simms, B. R. (2000). *The atonal music of Arnold Schoenberg 1908-1923*. Oxford University Press.
- Kandinsky, V. (1996a). *Punto y línea sobre el plano. Contribución al análisis de los elementos pictóricos*. Espasa. (Trabajo original publicado en 1926)
- Kandinsky, V. (1996b). *De lo espiritual en el arte*. Paidós. (Trabajo original publicado en 1912)
- Kandinsky, V. (2002). *Escritos sobre arte y artistas*. Síntesis. (Trabajo original publicado en 1955)
- Wilson, C. T. R. (1911). On a method of making visible the paths of ionising particles through a gas. *The Royal Society*, 85(578), 285-288. <https://doi.org/10.1098/rspa.1911.0041>
- Wilson, C. T. R. (1912). On an expansion apparatus for making visible the tracks of ionising particles in gases and some results obtained by its use. *The Royal Society*, 87(595), 277-292. 10.1098/rspa.1912.0081
- Wilson, C. T. R. (1927). *On the cloud method of making visible ions and the tracks of ionizing particles* [lectura de aceptación del Premio Nobel]. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1927/wilson/lecture>



## Arturo Duperier: From Magnetism To Cosmic Rays

José Manuel Sánchez Ron

When Arturo Duperier Vallesa (1896-1959) died, the English physicist Patrick Blackett, winner of the Nobel Prize in Physics in 1948, wrote in *Nature*:<sup>1</sup>

“Prof. Arturo Duperier [...] was distinguished himself by his pioneer researches into the variation of cosmic-ray intensity with time and meteorological conditions [...]. He was able to show quantitatively how the observed dependence of the cosmic-ray intensity on temperature might be an effect due to the decay of muons in the atmosphere. By careful use of meteorological data, obtained from radio-probe observations, Duperier was able to locate the average height of production of the muons at about 16 km. [...] This work required the meticulous analysis of a great amount of numerical data, at which Duperier was exceedingly expert”.

Blackett was referring here to Duperier’s research in the field of cosmic rays, but the scientific biography of this native of Ávila cannot be reduced to this speciality.

### **Duperier, Blas Cabrera, the Board for Advanced Studies and Physical Research and magnetism**

Arturo Duperier was born in Pedro Bernardo, a village in the province of Ávila, where his father, the pharmacist Adolfo Duperier Pérez, ran an apothecary’s shop; his mother, Eugenia Vallesa Vela, was a teacher in Pedro Bernardo.<sup>2</sup> The youngest of the couple’s three children (the other two were Purificación and Augusto, who died young), Arturo studied in Madrid—where the family moved to—from 1906 to 1908, and then at the Ávila Institute, after another family move. He studied Physical Sciences at the University of Madrid from October 1913. Once he had finished his studies, his doctoral thesis was supervised by Blas Cabrera (1878-1945), the most important Spanish physicist of the time.<sup>3</sup> He carried out his research at the Laboratory of Physical Research of the Board for Advanced Studies and Physical Research (JAE, from its Spanish initials), with which he had been associated since 1917 and which Cabrera himself directed. Not surprisingly, his thesis was devoted to magnetism, Cabrera’s speciality: *Estudio termomagnético del agua y de algunas disoluciones en sales paramagnéticas* (Thermomagnetic study of water and of some paramagnetic salts in solutions) (1924). The same year in which he presented his thesis, Duperier published the first of the articles he wrote with Cabrera: “*Variación de la constante diamagnética del agua*

*con la temperatura*” (Variation of the diamagnetic constant of water with temperature), *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 22, 160-167 (1924). This was soon followed by “La variation thermique du magnetisme de l’eau et de quelques solutions paramagnétiques”, published in the *Journal du Physique et Le Radium* 6, 121-138 (1925)

Duperier’s participation was highlighted in the JAE *Annual Report* for 1924-25 and 1925-26, which summarised Cabrera’s research programme and its international dissemination:

“The group of rare earths, so interesting from the point of view of the absolute determination of the magnetic constant of their constituent elements and its variation with temperature, has been studied in detail by B. Cabrera and A. Duperier. Cabrera and A. Duperier, who have defined results, partially already published, which are of great interest. [...] In collaboration with Mr. Duperier, Mr. Cabrera completed the study of anhydrous halides and nickel and cobalt sulphates, prepared under special conditions for this purpose in the laboratory of Professor K. Fajans of the University of Munich. The complete confirmation of the Curie-Weiss law, which is an immediate consequence of this study, as well as of the rare earth group, will make an effective contribution to unravelling the problem of the molecular mechanism”.

In addition to the collaborations that gave rise to articles signed by both, Duperier helped Cabrera in his own research. A good example of this is what the Canary Islands physicist said in one of his important articles, in which he dealt with the Curie-Weiss law:<sup>4</sup>

“It is well known that P. Curie was the first to formulate the law:  $\chi \cdot T = C$ , in which he summarised all his experiments on paramagnetic bodies. In this formula,  $\chi$  represents the susceptibility measured on a given mass of a paramagnetic body,  $T$  expresses the absolute temperature, and  $C$  is a constant, which is also proportional to the mass. Adopting the atomic weight for this, we will consequently have the atomic susceptibility and the atomic Curie constant.

However, experiments subsequent to P. Curie’s have shown that this law does not apply to all bodies and that, for most of them, it is necessary to add a constant to the absolute temperature. The new law, called the ‘Curie-Weiss’ law:  $\chi \cdot (T + \Delta) = C$ , was found by P. Weiss for ferromagnetic bodies above the Curie point,  $\theta$ ; he showed that  $\Delta = -\theta$ . Subsequently, Kamerlingh Onnes and his collaborators have shown that the latter law also applies to ordinary paramagnetic bodies, a generalisation which is now well verified by all physicists concerned with this question”.

Duperier’s participation in this work was manifested in graphs

reproducing experiments carried out by, as Cabrera pointed out, “my collaborator Mr. Duperier, which constitute, in my opinion, a good confirmation of the Curie-Weiss law” (he added, however, that this law should not “be considered more than a first approximation, since at low temperatures quite significant deviations occur, regarded by Kamerlingh Onnes as *cryomagnetic anomalies*”).

That same year, 1927, Cabrera and Duperier signed *another joint article*: “*Sur le paramagnétisme des familles du palladium et du platine*”, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 185, 414-416 (1927).

In 1929, as had been the case with other members of the Laboratory of Physical Research, Duperier benefited from the pensions offered by the JAE: he was a guest in Strasbourg to “compare the methods followed at the Laboratory of Physical Research in research on the magnetic properties of matter with those of other European laboratories and especially with those followed at the Institute of Physics of the University of Strasbourg”, as we read in a document he himself submitted to the Board. He spent three months at the Institute of Magnetism in Strasbourg, directed by Pierre Weiss, with whom Cabrera was closely associated.

His stay in Strasbourg coincided with the publication of a new joint paper: “*Sur les propriétés paramagnétiques des terres rares*”, published in *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Paris* 188, 1640-1642 (1929).<sup>5</sup> This paper was particularly interesting: it presented a correction to the Curie-Weiss law. When  $1/\chi$  was plotted as a function of temperature  $T$ , the Curie-Weiss equation gave a straight line, but experimental data obtained by Cabrera and Duperier on some weakly magnetic rare-earth compounds showed that, at high temperatures, the line curved. Consequently, in their article they wrote: “In a first approximation, all magnetic substances satisfy in the first approximation the Curie-Weiss law,  $\chi(T+\Delta) = C$ ”, but then they added that “in a second group of substances the variation of  $1/\chi$  as a function of  $T$  is certainly curvilinear. This is the case for sulphates and the oxides of Nd, Sm, Eu. The experimental data can be represented by the equation  $(\chi+k) \cdot (T+\Delta) = C$ , where  $k$  is constant with temperature”.

According to Salvador Velayos, who later elaborated on the Cabrera and Duperier measurements, this expression is “known as the ‘Cabrera equation’, or also the ‘Weiss-Cabrera equation’”.<sup>6</sup> However, it could perhaps also have been called the “Curie-Weiss-Cabrera-Duperier equation”. Once generalised, this law was widely used for several years, albeit with some modifications, generating a wide field of what could be called “descriptive” magnetism.

Cabrera and Duperier were later to sign three more articles, albeit of less importance.<sup>7</sup>

### ***Duperier and atmospheric physics***

In addition to the papers he wrote with Cabrera—to which we must add one written on his own (“*Estudio termométrico de algunas disoluciones*”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 22, 383-397 [1924])—, from 1927 onwards Duperier began to publish papers dealing with atmospheric physics. The origin of his interest in this subject had to do with finding a job: there was no paid post at the Physical Research Laboratory and therefore he applied, like many other Spanish physicists of the time and later, for a job as a meteorologist at the Central Meteorological Institute, created in 1887 and which carried out the functions of the Spanish Meteorological Service.<sup>8</sup> He sat the competitive examinations held in 1920 for “auxiliary meteorologist”. After these were held, he obtained the number 1 position and was awarded the title of “Meteorology Assistant, Third Administration Official” by the Ministry of Public Instruction and Fine Arts on 28 April 1921, after which he was sworn in on 7 March. In their biography of Duperier, González de Posada and Bru Villaseca noted that it is recorded in his file that on 15 November 1928 he was assigned to the Ministry of Labour and Social Security “like all the staff of the Geographic and Cadastral Institute”, and that on 21 January 1929 he moved up in the hierarchy and was appointed “Entrance Meteorologist, First Administration Officer”. His post was at the Meteorological Observatory in Madrid’s Retiro Park. Shortly before this promotion, on 3 December 1928, with effect from the previous 1 October, Duperier had been appointed “Temporary Assistant in the Faculty of Sciences of the Central University”, attached to Cabrera’s chair, that of Electricity and Magnetism. As we have seen, Duperier continued to collaborate with Cabrera in the field of magnetism. However, he also began some research related to atmospheric physics. His first works in this field—basically theoretical on the thermodynamic conditions of the atmosphere—appeared in 1927 in the *Annals of the Spanish Meteorological Society*, an organisation founded that same year with headquarters at the Central Meteorological Office:<sup>9</sup> “*Concepto de la temperatura en la materia y en la radiación*” (volume 1, no. 1, pp. 24-28) and “*Estudio termodinámico de la condensación por convección*” (volume 1, no. 3, pp. 1-8). Two years later, another article appeared: “*Condensation nuclei in the atmosphere*” (volume 3, p. 87).

Having already entered the field of atmospheric physics, Duperier applied to the JAE for a new grant to study it in greater depth, while at the same time taking advantage of his knowledge of magnetism. In his application, which he submitted to the JAE on 23 February 1931, he wrote:



“That, wishing to carry his studies of magnetism to the point of coming into possession of the methods and procedures followed currently in the investigation of the properties of the Earth’s magnetic field, as well as to initiate himself in the experimental analysis of the electromagnetic disturbances which constitute, without doubt, the so-called ‘atmospheric parasites’ in their double relationship with the structure of the atmosphere and the propagation of Hertzian waves in space, these investigations being now acknowledged for their importance by the whole scientific world and of which the last one has not yet been undertaken in Spain; in view, moreover, of the list of personal works which accompany this application, and of the fact that the undersigned has demonstrated his concern for the studies which constitute the second point of his intended research in the conference with which he was honoured before the Spanish Society of Meteorology, presenting in July 1930 the then-current state of the aforementioned phenomenon.

He requests that you deign to grant him a pension for six months starting next June to carry out studies and research in the corresponding laboratories in Paris, Strasbourg (France) and Zurich (Switzerland), leaving the financial amount of the pension for your consideration”.

The pension was granted. He first spent three months at the Institute of Physics in Strasbourg, and then seven months at the Paris Institute of Earth Physics, again in Strasbourg, and at the Meteorology section of the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) in Zurich. We have some information of what he did in Paris through an article he published in 1932 in the *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* (volume 30, pp. 751-758), entitled “Sobre las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre” (On the fluctuations of the terrestrial electric field). The article was signed at the Paris Institute of Earth Physics, and in the acknowledgements, we read: “It gives us great satisfaction here to express our deep gratitude to Professor Monsieur Maurain, Director of the Paris Institute of Earth Physics, for the facilities of all kinds that were given to us there and under whose guidance this work could be carried out. Our gratitude also goes to his collaborators”.<sup>10</sup> As to what the work was intended to achieve, this is clear from the opening paragraphs:

“1. It is well known that, on either side of the mean value which determines its diurnal variation, the electric field at a point in the air near the ground undergoes incessant disturbances which are considered to be arbitrary variations unconnected with any general phenomenon and caused by irregular displacements of free or dust-borne charges, which either by electrostatic influence or by altering

the conductivity of the medium modify the field more or less arbitrarily, according to the conditions of the location of the observation station and of the meteorological phenomena which influence it. These disturbances would not be the same at the same instant for different points in the air, at least quantitatively, and without any connection with any general phenomenon, as mentioned above.

We have set out to study them in detail, which is the subject of this report.

2. For this purpose, it is obvious, the direct method consists in determining the field simultaneously at various points in the free atmosphere, and we, for this objective, have used the potential recording which is permanently made at the electric station of the ‘Val Joyeux’ of the Paris Institute of Earth Physics, determining directly, on the other hand, the potential of the air at a different point by means of an appropriate device.

The ‘Val Joyeux’ station is located thirty kilometres south-west of Paris and the potential is recorded on a grass-covered ground of sufficient horizontal extent to make any correction for topography negligible. Its collector, consisting of a radium salt, is placed at the midpoint of a twenty-five-metre-long horizontal metal wire, two metres above the ground. The recording is made mechanically by means of a Benndorf electrometer which marks the potential every minute”.

The year after this work appeared, Duperier published a summary of it in the *Comptes rendues de l’Académie des Sciences de Paris*, which he signed together with Germán Collado Álvarez who, like Duperier, was a member of the Central Meteorological Institute, which he had joined as an assistant on 1 May 1921.<sup>11</sup> Collado was another of the Institute’s assistants who became interested in scientific research; in fact, for some time he collaborated in Blas Cabrera’s research group at the National Institute of Physics and Chemistry, the successor to the Laboratory of Physical Research. His first posting was at the Gijón Observatory and in 1934 he was briefly Head of the Observatory at the Tablada aerodrome in Seville (he was replaced the following year by Felisa Martín Bravo). He left the service for political reasons (Royal Order of 19 September 1939).

On his return from the JAE pension, Duperier joined the recently created Special Research Section of the Central Meteorological Institute, also located in Madrid, as director.

#### **Professor of Geophysics at the Central University of Madrid**

Despite the opportunities offered by the National Meteorological Service, Duperier was more interested in a position at the university. He ended up becoming a professor. On 17 February 1933, the rector

of the University of Madrid, Claudio Sánchez Albornoz, sent the dean of the Faculty of Science the communication he had received from the Undersecretary of the Ministry of Public Instruction and Fine Arts:

“Illustrious Sir: By virtue of an open competition, this Ministry has resolved to appoint Mr. Arturo Duperier y Vallesa, Full Professor of Geophysics in the Faculty of Sciences of the Central University, with the annual entrance salary of eight thousand pesetas and the one thousand increases as indicated by Law”.

Duperier became a university professor, although he did not abandon his work at the National Meteorological Service (he went to the Observatory three days in the morning and three in the afternoon). But his professorship was in a speciality, Geophysics, which was not included in the syllabus of the Faculty of Science in Madrid; this speciality, as a subject for professorships, had been created in 1930 with the aim of introducing Geophysics, until then only cultivated in the observatories, into the university. The following communication, dated 24 March 1933, announced the result of the competition and Duperier's first duties:

“With the new Professor of Geophysics, Arturo Duperier, having taken up his post, and as this subject did not appear in the current plans, the Physics Section, at the suggestion of Mr. Carrasco (D. Pedro), the Faculty proposed and approved:

a) That as such Professor, he will oversee theoretical and experimental Physics (second year), which has no Professor assigned to it.<sup>12</sup>

b) That, as Geophysics is the teaching most closely related to Meteorology, this being the teaching of the Doctorate endowed by accumulation, the Professor should be entrusted with this accumulated teaching.

c) That the assistant professor Mr. Rafael Carrasco being in charge of Meteorology, to the satisfaction of the Faculty, and given the advanced stage of the course, he will continue to carry it out until the end of the course”.

A year later, in October 1934, the Board of Professors of the Faculty approved the proposal that “henceforth” Duperier should also take over the chair of Technical Physics in the 1st year (General Physics), which until then had been held by Blas Cabrera, who was probably too busy to continue teaching. This meant an additional 3,000 pesetas for Duperier.

In book (note 8), and based on the *Pedagogical report and Programmes by the candidate for the Chair of Geophysics in the Faculty of Science at the University of Madrid, Arturo Duperier*, which he presented in the competitive examination, Aitor Anduaga explained the orientation that

Duperier wished to give to the teaching of Geophysics:

“Significantly, Duperier's ‘moonlighting’ had many effects, and one of them was the one he brought to the Geophysics course. Thus, an examination of the contents of the course he taught reveals a very definite common thread: he began with lessons on the gravitational field—the fundamental part of the subject—continued with terrestrial magnetism and concluded with meteorology. The reason he gave for conceptualising the course in this way was that variations in the magnetic field manifested themselves not only in the Earth's interior, but also in the upper layers of the atmosphere. In his syllabus he advocated offering a theoretically oriented subject ‘accompanied by practical application’, which may sound very modern, but in reality, was merely elementary practice, with a modest seismograph”.

At that time, in February 1935, Duperier married Ana María Aymar y Gil (1910-1997). On 29 December of that year their daughter, María Eugenia, was born, but unfortunately she died early, in June 1936. Another daughter of the same name was born in 1942, while they were living in London.

#### ***An introduction to cosmic rays***

In 1937 Duperier published a particularly interesting paper in series A, number 7, of the Spanish Meteorological Service. It was entitled “La radiación cósmica en Madrid y en Valencia” (Cosmic radiation in Madrid and Valencia), was 17 pages long and constituted the first manifestation of Duperier's research in the field for which he would become best known, that of cosmic rays. His previous work on the fluctuations of the terrestrial electric field had prepared him to enter this field, as can easily be deduced from the first passages of his article, in which he also explained what he had accomplished:

“The process of incessant ionization to which, at any given place on the earth's surface, a gaseous mass kept in a hermetically sealed mass is subjected, has been well known for thirty years. [...] The ionization which appears inside the vessel is caused by the radiation which, coming from the radioactive substances contained in the soil and in the air, is capable of passing through its walls; but it is equally well known that if this ionization is determined and there is an evaluation of what this radiation is capable of producing, a difference always appears in favour of the former which cannot be sufficiently justified by the inevitable radioactive residues on the inner face of the wall of the vessel. The ionization which is thus manifested by this difference, and which does not owe its origin to the radioactivity of the Earth, is attributed to an agent which comes to us from outside, known today as cosmic radiation.

Since Hess in 1911 and Kolhörster in 1913 established its existence, this radiation has been the subject of numerous and passionate studies, and no one is unaware of the decisive progress they have already led to in our knowledge of the structure of matter. In particular, the determination of its intensity, which was the first proposed aim, and that of its distribution on the earth's surface are still of special interest, and this work is devoted to this."

Duperier then reviewed the instruments being used to measure this cosmic radiation, noting that he had used "ionisation chambers of the Kolhörster type [consisting of] cylindrical containers of iron sheet, 2.5 mm thick, covered at the front base by a 3.5 mm brass lid, and arranged in such a way as to ensure the hermetic seal of the chamber. Its volume is approximately four books." He also mentioned that he already had some experience: "The result obtained in a study that we carried out some time ago in the Kolhörster laboratory in Germany authorises us to do so". In fact, he compared his results with data that had been provided to him by Kolhörster's laboratory at the Potsdam Observatory. The problem was that his results did not coincide with these: "We cannot explain," he wrote, "the origin of such a great discrepancy, especially since the same method was used in the Potsdam laboratory." However, such differences did not prevent him from continuing his research, which he detailed below. He had carried it out in Madrid and Valencia. In Madrid he conducted it by placing two ionisation chambers on a one-metre-high concrete pillar built expressly in the garden of the Meteorological Observatory, and in Valencia on the roof of the University. What the results obtained were consistent with those of other scientists, namely that the cosmic radiation depended on the height at which the measurements were taken, as well as on the Earth's magnetic field.

At the end of his article, Duperier pointed out that "In carrying out this work, when the material needs of the weather and some manipulations made it necessary, I had the full and interested assistance of the Meteorological Assistant J. M. [José María] Vidal. And while putting it on record, we are pleased here to mention the high level of industriousness and intelligence that characterise this young physicist, who is beginning with us in the study of atmospheric electricity".

In a handwritten notebook in which Duperier recorded the measurements he took (the first page, written in pencil and apparently not by Duperier himself, who used a pen in his notes, reads: "Notebook of observations of cosmic radiation. Duperier 1935-36-37, in Madrid and Valencia"), the first entry corresponds to 16 November 1935, at 10

h., 35 min., after which Duperier wrote: "Chamber on the pillar away from the source surrounded by Pb [lead] with quadruple layer below, triple layer above and thick layer between three lateral layers". He made seven more measurements in November and eight in December. On 8 January 1936 he made another one but did not make any more that year. He resumed the measurements on 24 March 1937. Also, in pencil and in the same handwriting as mentioned above, the following was noted: "Here the measurements must begin in Valencia as in XII-36 he moved to the University of Valencia, Calle de la Nave". Between March and May he took numerous measurements (they take up twelve pages of the notebook), which are presumably the ones he used for his article.

### **Civil War**

Duperier had to continue his research in Valencia, not for scientific reasons but because of the situation in which Spain found itself after 1936, that of a civil war.

On 23 November 1936, shortly after the Republican government moved to Valencia, it ordered intellectuals to leave Madrid. The Fifth Regiment, following instructions from the Madrid Defence Board, organised the evacuation of some of the most prominent professors and intellectuals, who left the capital for Valencia on 24 October.<sup>13</sup> On 25 November, the newspaper *ABC* published the following news: "the first group of intellectuals, in agreement with the Government of the Republic and the Madrid Defence Board, have been evacuated from Madrid to safety from fascist barbarity. In two magnificent buses, escorted by militiamen, the following scholars, researchers, and literati left for Valencia, accompanied by their respective families: Pío del Río Hortega, Antonio Machado, Enrique Moles, Antonio Madinaveitia, Miguel Prados Such, José Miguel Sacristán, Arturo Duperier, Sánchez Covisa and José Moreno Villa [...] the evacuees' scientific devices and books, manuscripts, notes, and work instruments went with them".<sup>14</sup> Proof of the cruel division that already reigned in Spain at that time is that the *ABC* of Seville, controlled by the rebels, gave the news two days later in a very different form: under the headline "The evacuated Reds", it pointed out that "these are the people the Communists regard as a summit of intellectuality and Spanish civilisation".

On the same day, the 23rd, when the intellectuals were ordered to leave Madrid, the following manifesto appeared in *Mundo Obrero* (no. 283) under the heading "The people are concerned with saving art and science, the culture accumulated by them, from fascist barbarism":

"Never have we, academics and professors, poets and researchers, with degrees from Spanish and foreign universities, felt so deeply

rooted in the land of our home country; never have we felt so Spanish as when the people of Madrid who defend the freedom of Spain forced us to leave Madrid so that our research work would not stop, so that our work would be spared the bombardment suffered by the civilian population of the Spanish capital; never have we felt so Spanish as when we saw that, in order to save our artistic and scientific treasures, the militiamen who expose their lives for the good of Spain take care to save the books in our libraries and the materials in our laboratories from the incendiary bombs that foreign planes drop on our cultural buildings.

We wish to express this satisfaction, which honours us as men, as scientists and as Spaniards before the whole world, before all civilised humanity”.

The manifesto was signed by: “Antonio Machado, poet; Pío del Río Hortega, director of the Cancer Institute, Professor Honoris Causa of several foreign universities, invited of late by the University of Montreux; Enrique Moles Ormella, professor at the Central University, director of the National Institute of Physics and Chemistry, academician of the Academies of Madrid, Prague and Warsaw, secretary general of the Society of Physics and Chemistry; Isidoro Sánchez Covisa, academician of the Academy of Medicine, one of the best urologists in the world; Antonio Madinaveitia Tabugo, professor at the Faculty of Pharmacy, head of the Organic Chemistry Section of the Institute of Physics and Chemistry; José María Sacristán, psychiatrist, director of the Ciempozuelos Asylum, head of the Mental Hygiene Section of the Directorate of Health; José Moreno Villa, poet and painter, well known abroad; Miguel Prados Such, researcher at the Cajal Institute, psychiatrist; Arturo Duperier Vallesa, professor of Geophysics at the Central University, head of Special Research at the National Meteorological Service, president of the Spanish Society of Physics and Chemistry”. In fact, in 1936 Duperier had become president of the Spanish Society of Physics and Chemistry. Founded in 1903, it brought together many Spanish physicists and chemists. Duperier replaced the chemist Ángel del Campo y Cerdá as president, but he could do little during the war years, and when the war ended, the post of president was held by another chemist, Luis Bermejo Vida. It should be noted that, as indicated, Duperier continued to combine his position as professor with a post as head of Special Research in the Meteorological Service.

The intellectuals from Madrid settled in what was called the Casa de la Cultura (House of Culture), located in the former Palace Hotel, which had been seized and given by the Gas, Water and Electricity Union of the CNT.<sup>15</sup> Several issues of the magazines *Nueva Cultura*

and *Madrid. Notebooks of the Casa de la Cultura* were published. The latter featured articles by the entomologist Ignacio Bolívar, Moles, the marine zoologist José Rioja, the linguists Samuel Gili Gaya and Tomás Navarro Tomás, Duperier, the psychiatrist Gonzalo Rodríguez Lafora, Sacristán and the astronomer Pedro Carrasco Garrarena. Duperier's articles were entitled: “On the electricity of the atmosphere”, and in collaboration with the aforementioned José María Vidal, “The electrical conductivity of the air in Madrid”.<sup>16</sup> The former had been completed in Valencia in January 1937, and the latter in March. Neither of them contained any reference to the situation in Spain. It is moving to see how their authors strove to maintain the appearance of a scientific normality which, of course, did not exist, and would not exist for a long time.

### ***Exile in England***

As we can see, in Valencia, while Duperier continued his research, he also made public his support for Republican legality; he even formed part of some official delegations, such as when he went to Paris in 1937 for the inauguration of the Palais de la Découverte, or when, also in 1937, he travelled to England to attend a congress organised after Rutherford's death.<sup>17</sup> When he returned, the Republican government had moved to Barcelona, where Duperier also went. But the situation was such that it was practically impossible to carry out any kind of research, so he asked for permission to leave Spain. Permission was granted, and in the spring of 1938, he moved with his family to England. They arrived in London on 16 May 1938. Four days later, without any connection with British scientists and knowing that a conference on cosmic rays was to be held in Cambridge, he decided to attend. According to González de Posada y Bru Villaseca, during one of the sessions, a British man sitting to his right asked him: “Are you Spanish?” “Yes,” Duperier replied. Next question: “Are you a follower of Franco?” Answer: “No”. On hearing this, the man on the left interjected, “Are you an exile?”. “Yes.” “And what are you going to do in England?”. “I am interested in work. I want to meet a professor named Blackett, who works in cosmic rays.” “I am Professor Blackett,” was the unexpected reply.

Whether it happened this way or not, the fact remains that Duperier made his entry into the British English community, hand in hand with Blackett. Blackett was a Fabian, that is, a follower of the British socialist movement, of the socialist left wing, from which the Labour Party would eventually emerge, whose purpose was to advance the application of the principles of socialism through gradual reforms. By this time, Blackett had already helped some left-wing physicists, so it is not surprising that he arranged for Duperier to be offered a

temporary contract in Manchester, starting in June 1939. Duperier was fortunate to have such an opportunity, since Blackett—who had succeeded W. L. Bragg as Langworthy Professor of Physics at the University of Manchester in the autumn of 1937—had set up a major centre for cosmic ray research there, which was occasionally visited by scientists such as Auger, Bhabha, Carmichael, Occhialini, Heisenberg, Rossi and Jánossy.

Duperier remained in Manchester until the outbreak of World War II when he moved to London. As a citizen of a neutral country during World War II, Duperier was one of the few physicists who continued his regular work during the war: “Research in cosmic radiation,” wrote Werner Heisenberg in the foreword to a collective book on cosmic radiation that he edited, “has been drastically reduced due to the misfortunes of the time. On the one hand, most physics laboratories have taken second place to other problems, and on the other hand, the disappearance of the usual channels of communication makes it difficult to obtain information about results obtained in other countries”.<sup>18</sup>

### ***The cosmic rays***

The origin of the history of cosmic rays goes back to the 19th century when some physicists noticed that an electroscope did not store charge indefinitely. If the blades of the electroscope were charged (by bringing the insulated bar protruding from the box in which it is housed into contact with charges), they separated by acquiring charges of the same sign. Gradually, however, these charges were lost, and the two blades came together again. In the late 19th and early 20th centuries, with the first atomic models (such as J. J. Thomson’s sultana cake model, in which electrons played a central role), the commonly accepted explanation was that, occasionally, some of the molecules of the gas surrounding the electroscope blades lost an electron and, consequently, their neutrality. Negative charges (electrons) and positive charges (ions) would therefore appear in the gas, which, depending on the type of charge that kept the electroscope blades apart, would neutralise the charges on the blades, causing them to come together again. The problem was to determine where the radiation that ionised the gas came from. One possibility was radioactivity, discovered in 1896, since radioactive elements emit ionising radiation ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). Perhaps traces of radioactive substances were present in the materials of which the electroscopes were made, a possibility that proved partially correct: the contamination was not significant enough to explain the observations. Experiments in which the electroscope was surrounded with lead or water showed that the rate of the discharges slowed down, which meant that the ionising radiation must have come from outside.

There was another possibility: that the ionising radiation came from radioactivity in the earth’s crust. One way to test whether this was the case was to observe whether the discharge from the electroscope decreased with height, an idea explored by at least a couple of scientists: the German physicist and Jesuit Thomas Wulf (1868-1946) and the German meteorologist Albert Goeckel (1860-1927) of the University of Freiburg. In 1910, Wulf conducted experiments with an electroscope at the top of the Eiffel Tower, and in 1912, Goeckel did the same, but using a hot-air balloon. In neither case was it found that the discharge from the electroscope decreased with height, or that it did not do so at the expected rate.

But the same year that Goeckel failed, an Austrian, Victor Hess (1883-1964), succeeded, and he also did it using a balloon. In a series of ascents that he began in April 1912, the measurements he took showed that, at an altitude of about 1000 metres, the intensity of ionization inside the electroscope began to increase, doubling at 4000 metres. This showed that the ionizing radiation was not coming from the Earth. He therefore postulated that it came from outside the atmosphere, and probably not entirely from the Sun, since no variations were observed throughout the day.

It was a risky assumption, which would take a long time to be borne out, but it was helped by the results of the German Werner Kolhörster (1887-1946), who between 1913 and 1919 repeated Hess’s experiments, reaching as high as 6000 metres, detecting stronger radiation than Hess.

There were, however, other possibilities. Charles T. R. Wilson (1869-1959), the inventor of the cloud chamber and a great expert on ionization phenomena, suggested that the radiation in question might be produced by storms occurring in the upper layers of the atmosphere, while other scientists thought that the atmosphere might contain small traces of radioactive elements (radon, a radioactive element—number 86 on the periodic table—was known to exist in a gaseous state). If for some reason these radioactive elements were concentrated in the upper layers of the atmosphere, then the observed increase in ionisation could be explained. But, in those two possible explanations, the intensity of the unknown radiation should vary with atmospheric conditions and with time, day and seasons, and none of this was observed.

Although, as we now know, the radiation identified by Hess and Kolhörster is extremely interesting, opening the door to the study of some elementary constituents of the universe, it took some time before it was studied further. It was to the credit of Robert Millikan (1868-1953),



of the California Institute of Technology, who was, in fact, the person who gave this radiation the name “cosmic rays”. Initially sceptical about the real existence of such radiation, he became convinced of its existence thanks to the results he obtained, in collaboration with G. Harvey Cameron, in a series of experiments conducted between 1923 and 1926, both underwater and at high altitude (with unmanned balloons, a technique—involving the use of automatically operating electroscopes—perfected by the German physicist Erich Regener (1881-1955) in the 1920s and early 1930s), whose results they presented in a paper published in *Physical Review* in 1926, under the title “High frequency rays of cosmic origin III. Measurements in snow-fed lakes at high altitudes”. Crucial to this conclusion were experiments they carried out at two lakes, Muir, and Arrowhead, in the San Bernardino area of southern California, at altitudes of 3600 and 1600 metres respectively. Immersing his electroscope in the lakes, Millikan found that: “within the limits of observational error, all the data obtained in Lake Arrowhead correspond to the data obtained 6 feet deeper in Lake Muir, which shows that the rays definitely come from above and that their origin lies entirely outside the atmospheric layer between the two lake levels”.

As to what these cosmic rays were, Millikan, using Paul Dirac’s (1902-1984) theory of the Compton effect, concluded that they were mostly photons. To explain their origin, he assumed that the interstellar medium was filled, but at low densities, with gaseous hydrogen. Through a spontaneous process of continuous fusion of this gas, heavier elements were formed, starting with helium, whose synthesis from 4 hydrogen atoms produced a group of photons of 27 MeV energy (due to the difference between the sum of the mass of the 4 H atoms and the mass of He). And so on for other heavier elements. If cosmic rays were charged particles, Millikan argued, they could not have enough energy to penetrate, as they did, air and water equivalent to a few centimetres of lead. He was wrong.

In 1929, Walther Bothe (1891-1957) and Kolhörster showed that cosmic rays near the earth’s surface were made up of high-speed charged particles. What they did was place two Geiger-Müller counters one above the other, but separated by a small distance, and record the simultaneous pulses produced by the passage of particles through both counters. Bothe and Kolhörster were the first to use Geiger counters to distinguish charged particles from photons, a technique developed by Bruno Rossi (1905-1993) in 1930. A student of his in Florence, Giuseppe Occhialini (1907-1993), was introduced to the use of Geiger-Müller counters in the study of cosmic rays and, with Rossi’s own help, was accepted at the Cavendish Laboratory in Cambridge,

where he collaborated with Blackett. The collaboration between the two was very fruitful for both and perfect for studying cosmic rays, which was not yet a research topic at the Cavendish: Occhialini was an expert in Geiger-Müller counters and Blackett in cloud chambers, a device invented at the Cavendish by C. T. R. Wilson (1869-1959).

In 1929, using a cloud chamber and a magnetic field to deflect electrons from  $\beta$ -radiation emitted by radioactive sources, the Russian physicist Dmitri Skobeltsyn (1892-1990) had observed a few traces of low-energy “penetrating” rays, which appeared in small groups. He thus inaugurated the study of cosmic rays using cloud chambers and magnetic fields. The novelty introduced by Blackett and Occhialini was to use Geiger-Müller counters to set the chamber in operation (i.e., to trigger the expansion that led to condensation around the ions), so that the high-energy particles themselves took their own pictures. Blackett and Occhialini’s first joint publication were a letter that appeared in *Nature* on 21 August 1932, entitled “Photography of penetrating corpuscular radiation”. There they emphasized the speed of the method, about 2 minutes per exposure, in which they obtained a hundred photographs, of which, on average, 59 showed the trace of a single particle passing through the two counters, 17 either multiple traces with varying degrees of complexity, or a single trace, passing through only one of the counters, and 24 no traces at all. The second article was much more detailed and longer: 27 pages of *Proceedings of the Royal Society* (A 139, 699-727, 1933). It was entitled “Some photographs of the tracks of penetrating radiation”. Among the traces identified, there were some which they interpreted as being due to positively charged particles with mass comparable to that of the electron rather than the proton. In fact, after an exhaustive study of the details of the photographs, they concluded that these were positively charged electrons, a result they related to the anti-electron predicted by the relativistic theory of the electron that Dirac had produced in 1928. But Millikan’s assistant at Caltech, Carl Anderson, beat them to it by a few months, announcing the same result in a short paper published in *Nature* in August 1932. Significantly, the 1936 Nobel Prize in Physics was shared by Victor Hess, “for his discovery of cosmic radiation” and Carl Anderson, “for his discovery of the positron”. Blackett received it in 1948 “for his development of the Wilson cloud chamber method, and his discoveries therewith in the fields of nuclear physics and cosmic radiation.”

### **Research in England**

Duperier’s research in England on cosmic rays focused especially on the variation of their intensity depending on temperature, i.e., on the altitude in the atmosphere, an effect which had already been observed

in 1935 by Hess, H. Th. Graziadei, and R. Steinmaurer (they published their results in the journal *Wiener Berichte*). The subject he chose was suggested to him by Blackett, as Duperier himself acknowledged in the Guthrie Lecture he delivered in 1945 and which will appear below:<sup>19</sup> “Following the suggestion of Professor P. M. S. Blackett, in 1939 I undertook the study of the variations of the intensity of cosmic rays with time. All the work done during the last few years has shown the close relation of this study to terrestrial magnetism and to the physics of the atmosphere.” In a 1938 paper in *Physical Review*, Blackett had proposed that such variations could be explained by the instability of the meson, the particle that Yukawa had proposed in 1935 to explain the short range of nuclear forces.<sup>20</sup> The argument was that if the temperature of the atmosphere increases without a change in pressure, then the air mass expands and the travel time of mesons through the atmosphere decreases; consequently, an increase in temperature should be accompanied by a decrease in meson intensity.

Also in 1938, Heisenberg and his assistant Hans Euler had proposed that mesons should be created at very high altitudes. What Duperier did was to use more sensitive tests based on the temperature effect, showing that such an effect was best explained by assuming that mesons had originated at an altitude of 16 km, or even higher.

The first product of Duperier’s research appeared in 1941, a paper published in the *Proceedings of the Royal Society* (Series A, vol. 177, pp. 204-216) entitled “The seasonal variations of cosmic-ray intensity and temperature of the atmosphere”. Using several collections of cosmic-ray data, he found that their seasonal variations were more closely related to the mean temperature of the atmosphere up to an altitude of 16 km than to the temperature near the ground. The following year, now settled in London, in the Physics Department of the Imperial College of Science and Technology, two new papers appeared: a paper in *The Observatory* (vol. 64), “Cosmic rays and solar and geomagnetic activity”, and a “Letter to the editors” in *Nature* (vol. 149, pp. 579-580; 23 May 1942), “Cosmic rays and magnetic storms”. In the latter he paid special attention to the remarkable changes in cosmic ray intensity associated with a magnetic storm that had occurred on 1 March 1941 (he had begun his observations in February that year). Noting an unexplained 12% variation observed on that day, he concluded that: “From the data of this and other storms, it seems clear that, at least at these latitudes, there is no simple proportionality between geomagnetic and cosmic ray disturbances”. In the same article he mentioned that “all the devices” he was using “had been prepared in the Physics Laboratories of the University of Manchester and the observations are being made in a room on the top floor of the

Imperial College of Science, South Kensington”. Also, on 13 August 1942, he observed an unusually rapid increase in the intensity of cosmic rays, which he reported in *Nature*. On the basis of information obtained from the Royal Observatory at Greenwich, it appeared that the magnetic field was then unchanged. Consequently, he concluded that “to explain the large influx of particles, it would probably be necessary to suppose that they have reached the Earth perhaps as a stream superimposed on the ordinary cosmic radiation. As far as I know, such a large cosmic-ray enhancement has never been observed to extend over such a long time”.<sup>21</sup>

To improve his measurements of cosmic ray intensity, in 1944 he turned to a new apparatus to record cosmic rays, as well as the absorption coefficient in air and particle decay.<sup>22</sup>

An indication of the recognition and contacts he was gaining can be found in the following note from the Director of the British Air Ministry’s Meteorological Office to the Imperial College on 28 April 1944:

“Dear Professor Duperier,

You will recall that in January last you sent me a copy of your paper on the measurement of cosmic rays for transmission to Russia. The Director of the Soviet Meteorological Service has now asked for permission to publish your paper.

I shall be glad if you will let me know whether you have any objection to the publication of your paper. I shall, of course, ask the Russians to supply me with copies of your published paper and I shall be pleased to send you a copy in due course.”

As I noted, in 1945 the results he had obtained led the Physical Society of London to invite him to deliver the 29th Guthrie Lecture, which he gave on 5 July.<sup>23</sup> As is usual on such occasions, the lecture was a general presentation of the research he had been doing. Among his conclusions, he noted that: “When considering small changes in cosmic ray intensity which cannot be explained as due to meteorological influences, the observations made in London show that they are more or less closely associated with variations in the geomagnetic field. These fluctuations generally take place simultaneously with, or within a small period of, fluctuations of the earth’s magnetic field”. He also noted that fluctuations in cosmic ray intensity occurred “simultaneously all over the world”. He added: “To explain these global variations, some researchers think that they may result from the formation or fundamental alterations of a system of westward currents that are concentric with the Earth and flow in the upper ionosphere or in outer space, due to the emission by the Sun of electric particles at the time of the geomagnetic disturbance”.

Another proof of the prestige that Duperier was then gaining in England is that, shortly after the dropping of the atomic bomb on Hiroshima (August 1945), he was asked by the BBC to explain something about the scientific basis of the new weapon.

It should be emphasised that during the years he spent in England, Duperier was in constant contact with Blackett, which facilitated his immersion in the international scientific community. We find an example in this regard in a, shall we say, tripartite relationship that took place in 1947 between Duperier, Blackett and V. B. Gerard, a New Zealand physicist who was conducting a study of the magnetic field off the coast of New Zealand. Gerard had posed some questions to Blackett, who forwarded them to Duperier, who in turn replied on 14 April. Blackett immediately forwarded it to Gerard. "I have sent your letter to Professor Duperier and received the following reply," he said. And at the end he recommended: "I think it would be a good idea if you were to make direct contact with Professor Duperier in the Physics Department of the Imperial College of Science and Technology; although he works in London, he is in close contact with us here and certainly knows more than anyone else in England about the best methods of analysing this type of data".

In 1947, Duperier participated in the first of a series of conferences on cosmic rays organised by the Cosmic Rays Commission of the IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) in Kraków from 6 to 11 October. On 25 July Pierre Auger, a member of the French Atomic Energy Commission between 1945 and 1948 and an expert on cosmic rays, wrote to Duperier as follows:

"Dear Sir,

I have just received a letter from Prof. Blackett, and I am very pleased that he has agreed to participate in the Cosmic Rays Commission to be held in Krakow from 6 to 11 October, whose members are:

Prof. Clay (Chairman)

Prof. Auger (Secretary)

Prof. Blackett. Prof. W. Heitler. Prof. L. Janossy. Dr. C. F. Powell.

Prof. A. Duperier. Prof. B. Rossi. Dr. [J. A.] Wheeler.

Prof. B. Gross. Prof. [M.] Cosyns. Dr. N. Arley.

Prof. [L.] Leprince-Ringuet. A. Freon. R. Maze.

I should be very grateful if you would send me a report, not exceeding ten pages, on the communication which you intend to propose to the Cosmic Ray Commission. In addition, it has been decided to allocate the sum of \$240 for your travel expenses to the Polish border, with the Polish Government bearing all expenses from the border. As the funds come from Unesco, we can make a transfer to your account".

At that conference Cecil Powell presented a paper, "Evidence for the existence of mesons of different mass", which was one of the first announcements of the existence of the  $\pi$  meson. Duperier gave two papers: "The temperature effect and the diurnal and seasonal variational of cosmic rays" and "Lunar effect of cosmic rays".<sup>24</sup> Two years later, in 1949, the second International Cosmic Ray Congress was held, this time in Como (Italy), and Duperier also took part with a paper entitled "Amplitude of the diurnal variation of cosmic-ray intensity and geomagnetic activity".

In 1947, Duperier had the opportunity to initiate the procedures for obtaining British citizenship. We know this from a letter from Ilse J. Ursell of the Secretariat of the Society for the Protection of Science and Learning to Duperier on 14 October 1947:<sup>25</sup>

"Dear Professor Duperier,

We are at present sending out the enclosed circulars concerning some legal aspects of naturalisation which we have been asked to bring to the notice of scholars registered with the Society.

I have discovered that we have no indication in our file whether you propose to apply for naturalisation in this country, or have already done so. A copy of our earlier naturalisation circular of March 1946 on naturalisation must have reached you at that time. I should be most grateful if you could inform me what action you propose to take or have taken in this matter".

As is well known, Arturo Duperier never renounced his Spanish nationality, nor did he adopt British nationality.

However, despite the success he was having with his cosmic ray research, Duperier did not have a permanent position in England. Returning to Spain was a possibility, but not soon for obvious political reasons. Eight years after the end of the Spanish Civil War, Duperier mentioned this question in a letter to Blackett dated 14 1947: "I do not believe that Franco's latest move will affect my situation, at least at present. Therefore, on your advice, I will apply for a fellowship from I.C.I. [Imperial Chemical Industries] in the next few days." A couple of months later, however, he got a different kind of help. "Dear Blackett," he wrote on 30 June, "I am sorry I have not seen you before this, but I hope you will come and dine or sup with us soon. I have written to the Registrar accepting the suggested date of 29 September for taking possession of the Turner and Newall Fellowship."

With this support he continued his research, now based at Birkbeck College in London, where he settled shortly after the end of the Second World War (it is relevant to remember that Blackett was there between 1933 and 1937 and that it was at Birkbeck where he began his research



on cosmic rays). There, Duperier focused his work on the intensity of mesons from cosmic rays at the Earth's surface, presenting his results in several papers, for example in *Proceedings of the Physical Society* ("The meson intensity at the Surface on the Earth and the temperature at the production level"; 1949) and *Nature* ("Temperature of the upper atmosphere and meson production"; 1951). His method was to assume that the intensity varied with both atmospheric pressure and the unknown height of the layer in which the muons were produced, and to determine the value of the height that gave the highest partial correlation coefficient. Such work required meticulous analysis of numerical data, and Duperier was an expert in this area. To facilitate this research, he was one of the pioneers in the use of business calculating machines in the analysis of cosmic ray data.

### ***Aftermath of the Spanish Civil War***

As we shall see later, Duperier ended up wanting to return to Spain, but his definitive return to Spain was not facilitated by the actions in the immediate post-war period of the physicist Julio Palacios, a former colleague of his at the Faculty of Sciences of the Central University (he was professor of Thermology) and in the physics and chemistry laboratories belonging to the Board for Advanced Studies and Physical Research. Unlike other colleagues of his at the Laboratory of Physical Research, later the National Institute of Physics and Chemistry (Blas Cabrera, Enrique Moles, Miguel Catalán, Antonio Madinaveitia), Palacios was able to continue his career after the Civil War and, in principle, with distinction: in addition to being vice-president of the Spanish Institute, in March 1939 he was appointed vice-rector of the University of Madrid, under the mandate of the rector Pío Zabala. Declared available for government service in January 1937, Palacios passed through the Francoist purge process, and was reinstated in his post without any sanctions.

Once the war was over, Palacios presented himself to Colonel Ungría on 29 March in Núñez de Balboa Street. Antonio Luna (professor of law), Federico de Castro (of the same faculty) and Ricardo Bertoloty were able to verify his details. In his statement on his political militancy, he declared that, since its foundation, he had belonged to Unión Monárquica, Acción Popular, TYRE, Acción Española (of whose magazine he was a contributor and subscriber) and to Calvo Sotelo's Bloque Nacional, whose manifesto he had signed. Asked for the names of the most prominent leftists in his department, Palacios expressly cited José Gaos, Pedro Carrasco and Honorato de Castro. Twelve days later, he made a new, more explicit statement. Asked to indicate "what he knows about the revolutionary period, mainly in relation to the public development and administration of the Ministry,

as well as the situation he knows about his colleagues", he replied:<sup>26</sup>

"As I have been totally out of contact with the official centres, I am unaware of their administrative progress, but I can say that all the academic authorities are guilty of having thoroughly neglected all those who were not marked by their extremist ideas. The main responsibility for such undignified behaviour, as well as for their servile conduct towards the despotic red authorities, corresponds to the red rector Mr. Gaos, who coerced all the professors into joining the red ranks, without prejudice to his cowardly departure abroad a few days later, and the Dean of the Faculty of Sciences and Director of the Astronomical Observatory Mr. Carrasco, who did not grant the most elementary protection to several of his subordinates, who were being persecuted by the Marxist hordes.

I must also say that Professor Arturo Duperier was, according to my information, a member of the committee in charge of eliminating from the Meteorological Observatory all persons suspected of being disaffected with the Republican regime.

I received a visit from Mr. Barinaga following his appointment as Secretary, and he offered very kindly to help me.

Madrid, 13th April 1939, Year of Victory.

Long live Spain!

Signed Julio Palacios".

It should be noted, however, that none of those mentioned by Palacios was in Spain in April 1939; the first two were in Mexico and the third, Duperier, in England. It is also true that Palacios subsequently behaved nobly towards Duperier, with whom he became a good friend. Quite a few years after the above statements, on 9 March 1953, when attempts were being made to get Duperier allowed to return to Spain and to his professorship, Palacios wrote the following from Lisbon to the Professor of Criminal Law Eugenio Cuello Calón:<sup>27</sup>

"My distinguished friend and colleague:

I have received the news that the possibility of Mr Arturo Duperier's return to Spain is to be examined, and I would like to give you some facts which may serve as elements of judgement.

In the years preceding our civil war, I had daily contact with Mr. Duperier, both in the Faculty of Science and at the National Institute of Physics and Chemistry. I was a great friend of his, and I always saw him entirely devoted to his studies of cosmic radiation, which he introduced first in Spain and then in England, and he never took an active part in political struggles. It is true that our opinions were different, for he believed in the possibility of a good republican regime, but I never doubted that he did so in good faith and without suspecting that this was leading us inexorably towards communism.

After the war I met Mr Duperier twice in London. His research skills won him the support of the English academic authorities, enabling him to devote himself to his studies and to live modestly with his family. His situation would be more prosperous and stable if he had applied for English citizenship, but he has resisted all indications to do so.

It so happened that my stay in London coincided on both occasions with Holy Week, and I had the pleasure of meeting Mr Duperier with his family at the religious ceremonies in the Catholic Cathedral in Westminster, and of finding that nobody ate meat at his house on Good Friday.

I am convinced that the health of Spain demands the amputation of its rotten limbs, however painful it may be, but I am persuaded that Mr. Duperier is quite the reverse, and that with his return we would regain a blameless Spanish gentleman and a first-class physicist”.

Also, as we shall see later, Palacios was one of those who supported the proposal for Duperier to become a member of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences.

#### ***Invitation from Spain***

It would be just over a decade after the end of the Civil War before the possibility of Duperier returning to Spain as a university lecturer was considered. On 3 May 1950, Duperier received a letter from the Spanish ambassador in London, the Duke of Sanlúcar la Mayor, in which he received an invitation from the Spanish National Research Council (CSIC) to teach a course on cosmic rays. In a letter to the all-powerful secretary general of the CSIC, José María Albareda, dated 20 May, he accepted the invitation in the following terms:

“Thank you very much for your letter, which came a few days before a letter from the Minister of the Spanish Embassy, in which he proposed an interview for Monday of this week. It is because I was waiting for all this that I allowed myself to postpone my reply to your attentive letter, which has finally been delayed until today because of an alteration in my plans because Prof. Blackett, of the University of Manchester, has informed me of the confirmation in his laboratories of a discovery of mine which sheds light on a series of unexplained phenomena of cosmic radiation.

I am very grateful for the Council's invitation and would be delighted to give a lecture next October. Now, apart from the fact that it would have been impossible to arrange my affairs in such a hurry, I find myself engaged to take part in examinations at the University of London which are to begin next week. If the October date is compatible with your programmes, I think it would be in everyone's interest, given

the fundamental purpose of my visit to Madrid, to come to a decision before the trip about my future university function. I am sure you are aware of this.

The time we spent together was very pleasant for me and I greet you most cordially”.

Before Duperier replied to Albareda, the Spanish ambassador in London had addressed a very interesting letter to the CSIC secretary on 15 May. It began by stating that “As soon as I received the airmail telegram sent by the Director General of Cultural Relations at the end of April, I contacted Prof. Arturo Duperier to pass on the invitation contained in that document and put myself at his disposal to deal with the matter in the most cordial and understandable way possible. On this occasion, he came to this Embassy, and we were able to talk at length about the various aspects of the matter”. The first two of these aspects were the possible dates and duration of Duperier's visit, but the third was much more interesting:

“The most sensitive point of the whole question is that of the normalisation of his university situation in Spain. Mr. Duperier, in a long and detailed conversation, explained to me the environmental and psychological conditions in which he moves, not only his own personal ones, but also those of the people with whom he works in his interesting scientific studies. Having decided not to change his nationality, but owing to the scientific elements of England all the very important means he has had up to now and which he counts on for his work, he is in a special situation, since on the one hand, he is not and does not want to be a British subject and, on the other hand, he owes to the Imperial College and to the authorities of this country all the elements and the encouragement which have allowed him to continue and intensify his scientific work.

Bearing in mind this dual loyalty, on the one hand to Spain, which is the main loyalty, and on the other to his scientific collaborators, he considers it of the utmost importance that his situation as a Spaniard be consolidated and receive natural recognition, normalising his university situation in Spain. To this end, what he wants and considers to be a perfectly natural solution for everyone is that he should receive the security and guarantee that he will be reinstated in his category of Professor, although he does not consider the University or the name of the Chair assigned to him to be essential, far from it. On the other hand, Mr. Duperier does not want to attach too much importance to this recognition of his work and knowledge in the form of a Spanish Chair made at this very moment, not even during his stay in Madrid when giving his lectures, but he does consider it of real importance—for him

and for his international collaborators—that he has this administrative category in Spain, which can be granted to him at an opportune moment; this is a condition that he considers perfectly natural and beneficial, both for him and for his work and for Spain itself. His wish is to contribute all his knowledge—which is very considerable, as you know—his material and instruments, which are copious and valuable, and the dissemination of his scientific knowledge in Spain, for the benefit of the Spanish people, from a Spanish university, making all this compatible with his international knowledge and contacts, which are of enormous importance”.

Against this background, on 29 June Duperier wrote the following letter (handwritten) to the dean of the Faculty of Science in Madrid, Maximino San Miguel de la Cámara:<sup>28</sup>

“Dear Sir:

In connection with an invitation from the Spanish National Research Council to give a course of lectures on cosmic radiation in Madrid, the possibility has been discussed of my staying in Spain to implement research in this now fundamental chapter of physics and cosmology. To this end, I consider it essential to simultaneously hold a suitable university position, since, in my opinion, it is at the University where the need for research can best be met and where the training of the future researcher must be attended to.

Consequently, I would like to be incorporated into the Faculty of Science of the University of Madrid at the appropriate time, and I believe it to be my duty, which I am happy to fulfil, to inform you sufficiently in advance so that the faculty can act in the way it considers most convenient for the scientific interests of Spain”.

On 5 July the dean replied to Duperier. In it he said that Albareda had already spoken to him about “what you indicate to me in your letter” and that he had also received another letter to the same effect from the Duke of Sanlúcar la Mayor. And he continued

“In the light of their content, I began my individual conversations with my colleagues in the faculty. I can assure you that I have not found in any of them the slightest objection to your possible reinstatement in the faculty; rather, they are all in agreement. However, as your professorship in Madrid is covered by competitive examination and divided into two [one of Geophysics and the other of Meteorology], we do not see it easy to reinstate you directly in this Faculty. For your knowledge and decision, I would like to inform you that your chair is vacant in Saragossa and Barcelona, and it is not known whether it would be quicker and more viable for the time being to assign you one of them, and the S.I.C. Council would study how to combine this

assignment with your research mission within it. My colleagues are in agreement with this opinion and, after reading the Duke’s letter to Albareda, in which he says that you wish to receive the assurance of being reinstated as professor, although he does not consider the University or the name of the Chair assigned to you to be essential, I do not see any difficulties and certainly not on the part of the Faculty, let alone and even less on my part as Dean.

However, neither the faculty nor I have any other possible course of action than to advise the Minister when the case comes up if he asks us for advice.

I believe, therefore, that having taken these first steps, you should raise the matter directly with the Minister, or indirectly through a third party, so that it can be resolved as soon as possible”.

It is not at all clear that everyone in the Faculty was satisfied was true, as pointed out by the dean, but leaving this aside, there is no doubt that Duperier wanted to go to Madrid, as he made clear in his response to the dean, dated on 16 July. There, after a few dutiful remarks, he wrote:

“The satisfaction is all the greater in that in writing to you I did not think I was doing anything more than fulfilling my duty to inform the faculty of what I had expressed to Mr Albareda, who considered my incorporation into the University of Madrid essential for the best development of my work in the Council”.

In 1951 Duperier suffered a heart attack in London. To recover, he travelled privately to Majorca, Spain, in June. “I have come here for a rest cure,” he wrote to his close friend Alejandro Familiar Pérez on 10 July, “on the advice of the doctors and in agreement with the scientific authorities in England, where I have been living for twelve years. If this had not been the case, I would not have been able to come, simply because of a lack of resources of my own and family resources. As I never had a holiday in England because I had no peace of mind to take it, the same authorities considered it fair to pay me for this break as if it were a holiday. The doctors said that two or three months would be enough and so we agreed that on the first of September I would be back in London”.<sup>29</sup>

Having recovered, in October 1951 he travelled to Spain for the second time to give lectures in Madrid for which he had been invited by the CSIC, specifically by the “Alfonso el Sabio” Board. He gave three lectures, on 25, 29 and 31 October on “The variations in intensity of cosmic radiation in relation to nature and the origin of its components”.

### ***Confidences to Luis Araquistáin and definitive return to Spain***

In London, Duperier made good friends with another exile, the journalist, writer, diplomat, and socialist politician Luis Araquistáin Quevedo (1886-1959).<sup>30</sup> Fourteen letters from Duperier to Araquistáin are preserved in the National Historical Archive (file 27, D 42-55). The first, dated 24 August 1952 and bearing the letterhead of the Physics Department of Birkbeck College, offers some information on the question of his possible return to Spain, as well as on his life in London:

“Dear Araquistáin: We were happy to receive your postcard from Paris and the subsequent letter from Geneva, although we do not consider ourselves compensated for the loneliness in which you left us here and which we feel particularly on Saturdays. This family cannot find a way to replace such a good friend as you, even for a few hours a week.

We had a feeling that going to Geneva, especially to go to Finki’s side, would do you a lot of good, and we are happy to see it confirmed.<sup>31</sup> We are sure that as soon as you have finished the arduous task of sorting out your books, you will be delighted.

Here, as expected, everything remains the same: with just a little more meat, no doubt to compensate for the reduction in cheese and butter, the same weekly egg and the same everything else so that Ana María must continue with her sleeplessness in carrying the essentials. Perhaps the only novelty is the letter from a former neighbour in defence of his parliamentary interests, which was published in the Manchester Guardian and which I am sending you to satisfy your possible curiosity.

From Spain, nothing new yet. I have only learned through indirect channels that the Ministry is still in the same excellent disposition regarding me, but that the General is possibly still adamant.<sup>32</sup> On the other hand, the good Mayor of my town wrote to me saying that everything was ready, even with the permission of the Ministry of the Interior. Since at the same time the Latin American Section of the BBC has asked me to give some talks on nuclear energy and cosmic rays, I thought that the best way to comply with everything, and to attend to economic interests without interrupting the two papers that you know I was preparing, was to continue without moving from here and leave for my town at the beginning of October. At that time, I will also be able to take a better look at what is happening in Madrid and, in possession of as many points as possible, reach a decision. I continue to feel fine; I don’t know if it’s because of the Bassadove tablets I’m still taking, but the fact is that I haven’t had any more nervous breakdowns, but every day we hear more and more about the frequency with which coronary thrombosis occurs here and it’s difficult to dismiss the concern. I hope that what you are telling me about the monarchy, about which the

press here seems to have said nothing, will be confirmed and that very soon we will all be able to see each other in Spain.

If for any reason you plan to be in the south of France in October, do not fail to let me know so that I can arrange my dates and I can spend at least a few hours with you. My intention is to go to Spain alone.”

On 30 November, Duperier informed Araquistáin that “We are still here, although we are about to leave for Madrid at last. [...] We are leaving definitively on the 3rd to meet my affectionate countrymen and spend the worst of the winter in Madrid. I am making the journey in agreement with Manchester, and we are leaving the rented flat for three months. I don’t know in what mood I will find the General, since the talks on nuclear energy that I gave for Latin America [he must be referring to talks he gave at the BBC] are being repeated by him for Spain. I’ll tell him about it, if he doesn’t end up putting me in jail for my audacity in discussing even the hydrogen bomb”. An interesting detail is that, in this letter, Duperier told Araquistáin that “We will contact John Davies, but in Paris in case this gentleman is not known in Geneva”. Obviously, the idea was to write to Araquistáin from Spain, circumventing possible censorship and using the name “John Davies”. In fact, on 13 December, now temporarily installed in Madrid (c/ Espalter, 15), Ana María wrote to Araquistáin-Davies:

“Dear Mr. Davies, Arturo received your affectionate letter of the 3rd of this month and has not written to you because he has not yet left the house since we arrived. He left London with a very bad cold, which got worse on the way, and has had to go to bed; but as we do not wish his reply to the bookseller to be prolonged, I am writing to him on his behalf”.

In another letter, this one written from London (which meant he could not refer to “Mr. Davies”) on 22 June 1953, Duperier explained to Araquistáin that “we are returning from Madrid [it seems then that he did not travel alone] at the beginning of June without knowing for sure whether we will return there for good or whether we will stay here, continuing our melancholic London life. The only certainty is that at the beginning of next month we have the International Congress of Cosmic Rays in Bagnères de Bigorre (near Tarbes), that I intend to accept the invitation that was made to me and that I would be infinitely happy if you happened to be in Paris on any of my trips there, on the 4th of July, the 12th or the 13th, so that I could see you, know about your life and tell you about our things in Spain”.<sup>33</sup> It seems that they did not see each other then, and on 16 August Duperier wrote again to his friend informing him that “my readmission to the Faculty of Science at the University of Madrid was signed by the Minister, it seems, when

the French Congress was being held. I have not seen the Bulletin [the *BOE* or *Official State Bulletin*] nor do I know if it has published the Ministerial Order, but what they told me in Madrid was that, with my chair covered, what they were trying to do was put me under the orders of the Rector to take charge of courses in cosmic radiation while they investigated how to create a suitable chair for me. I am entering the Hierarchy, but if I am not the holder of a specific chair, my stability in Madrid will leave a lot to be desired. Even for this I don't know what they must have quarrelled about when they took so long to make up their minds. In particular, I do not know what role the General may have played, or whether he played any role at all, since the fact is that he said nothing, or nobody objected when I spoke about cosmic rays in March at the University of Seville under the presidency of that Rector. I have reason to believe that the general was launched by a man from Navarre who, without being a physicist, has put himself at the head of physics and must have no desire to see me there.<sup>34</sup> He is the vice-president of the Atomic Energy Board of our poor country. We hope to have our situation here settled by the end of September and then leave for Spain to start our new life. I don't know what will await us there".

It seems that there was no shortage of people who did not welcome the news of Duperier's return, but others did. Thus, on 29 July 1953, Joaquín Pérez Villanueva, Professor of Modern and Contemporary History at the University of Valladolid, but at the time Director General of University Education at the Ministry of National Education, sent the following letter to Duperier, still in London:

"My dear friend and colleague:

I have certainly had great satisfaction in agreeing to your reinstatement in our university. I am very happy for you, someone with so many qualifications to deserve it, but I am also happy for the University, which will benefit so greatly from your reinstatement.

I have thought about your installation, and it seemed to me that the simplest thing to do would be for you to take it in the presence of the Director of the Spanish Institute, who will draw up the appropriate document and send it to us for our records here and for the appropriate purposes, so that before you return to Spain you can come into contact with things. I enclose an official letter for you and another for Xavier de Salas so that they can use it to carry out the administrative act of reincorporation there".

Very shortly afterwards, on 13 August, the rector of the University of Madrid sent the following letter to the dean of the Faculty of Science:

"The Honourable Director General of University Education, in a communication dated 27 July last, tells this Rectorate the following:

'Most Excellent Rector: On this date, His Excellency the Minister of this Department tells me the following: = In accordance with the request of the interested party. = This Ministry has resolved to authorise Mr. ARTURO DUPERIER VALLESA, who has been reinstated to active service as Professor of the Faculty of Sciences of the University of Madrid by Order of the Honourable Dean of the same, to take up his post before the Director of the Spanish Institute in London, who must inform the Rectorate of the University of Madrid and this Ministry of the holding of the aforementioned administrative act.'

Which I transmit to you for your knowledge and interest, as well as those of the party concerned.

May God preserve you for many years to come".

Duperier's next letter to Araquistáin was sent from Madrid on 8 January 1954 and addressed to "Mr. Davies". "It is true," he wrote, "that we have been in Spain for three months, but after the changes that have taken place and the years of English life, you will not be surprised to find me still a little disorientated in the new environment. As, moreover, I have taken great pains to avoid publicity, people have been slow to find out that I am here, and my relations, up to now, have been almost limited to those I had to maintain with the professional milieu, which has also been affected by the changes. I came, as you know, admitted to the university hierarchy, although without a chair assigned to me. I was put in charge of an elective course on cosmic rays for the students of the Doctorate in physical sciences, and I hope that this will become my permanent function, even if I continue to be a non-tenured professor. I teach the course with interest because, among other reasons, the number of students enrolled seems to be much higher than in other elective courses for the same purposes. As far as research is concerned, I also believe that it will be possible for me to do something of an experimental nature, because in England, although after much hesitation, they have finally decided to send me the necessary apparatuses. I do not know whether they have been influenced in such generosity by the belief that, in the absence of complementary observations in other fields, my research cannot go very far, but the fact is that the apparatuses are already in Bilbao 'as a tribute to your Pioneer work', they dare to write, 'during your residence in Great Britain'. Now all that remains is the paperwork required by the complicated Spanish legislation so that this material can arrive in Madrid and studies can begin in a few months' time". And he continued with some more personal details:

"The biggest headache we have is that of our definitive installation. There is no way of finding an unfurnished room except by paying a minimum of three thousand pts. a month, and this minimum would



absorb eighty per cent of my income. There is a lot of building going on, but all with a view to selling flats, which is of no interest to us either. So, we are still living with my in-laws and, although they are very understanding, the prospect of continuing indefinitely without a home of our own and in this presence is not the greatest cause for optimism”.

Indeed, when he was already in Spain, his British colleagues reacted by helping him. This is a letter Blackett wrote to him on 22 October 1953 (quoted by González de Posada and Bru):

“Dear Professor Duperier,

I am writing to inform you that the Department of Scientific and industrial Research has authorized me to make you a loan of a Cintel Television Cosmic Ray Recording Set for a period of two years in the first instance. This set, which has been in operation in recent years in Manchester, is the property of the Department of Scientific and Industrial Research.

The loan to you is made in order that you should be enabled to carry out further experiments on the recording of cosmic rays in Madrid. We have in mind both the interest of having cosmic ray recording carried out at a fresh site, where the meteorological and other conditions are different, and the expectation that you, with your great experience of the analysis of the data, may well make further general contributions of importance to the subject. The Department of Scientific and Industrial Research and myself personally are very pleased indeed that we are in a position to make you this loan, not only for the reasons given above but also as a tribute to your pioneer work in the field of time variations of cosmic rays during your residence in Great Britain.

I will write again later giving you the date on which the apparatus will be despatched.”

It was a touching act of generosity, in the best spirit of science, understood as an international enterprise. An initiative of a man who was a great opponent of the political regime then ruling Spain, as the following anecdote reveals. In 1969, Julio Palacios, the then-president of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, wrote to Blackett offering him the appointment of corresponding member of the Academy. On 12 November, Blackett replied: “I am well aware of the honour the Academy wishes to confer on me, but I am sure you will understand the reasons why I cannot accept it at this time”.

On 23 August 1954, from Piedrahita where he was spending the summer with his wife and daughter, Duperier again gave news to “Mr Davies”. First, he informed him that they were about to solve the housing problem: “A few days after my arrival [in Piedrahita] an

old friend wrote to me that a Catalan magnate, owner of a whole neighbourhood beyond Las Ventas in Madrid, had agreed through his influence to rent me one of his flats for sale”. It was a five-bedroom flat in the neighbourhood of La Concepción. He also referred to the professional situation:

“On the scientific side, I believe that at the end of the year or the beginning of next year I shall be able to begin experimental work. The apparatuses from England, which arrived in Bilbao in mid-December, finally reached Madrid in mid-June, but although it was agreed some time ago to provide me with a laboratory, the construction did not begin until a few days ago, and I fear that four or five months will be necessary before I have the ad hoc laboratory I need. In the meantime, I have been preparing the publication of as much as I can of the results of old experiments, but with pleasure, because from what I have seen of what has been published in various parts of the world since I left London, everything is in harmony with what I have obtained, particularly as regards the emission of cosmic rays by the sun”.

A noteworthy detail of this letter is the following:

“I was very grateful to you for the antiproton clipping and I am sure that I could use more of these clippings. The discovery of the antiproton has been a much sought-after goal in recent years, even if its existence is not necessary. In Manchester they thought they had found it more than once, because the photographs lend themselves to a variety of interpretations when you try to get very close to them. I do not yet know the details of the analysis in either of the two American cases, and I do not know, therefore, how reluctantly we should take the discovery as completed. But there can be no doubt that the years we live in will be essential in the history of Physics”.

The following letter to “Mr. Davies” kept in the National Historical Archive is dated 10 July 1955 (printed on paper with the address: Virgen del Portillo, 37, 4º 2ª. Barrio de la Concepción). I extract from it the most relevant details concerning Duperier’s activity:

“Almost at the same time [as a visit], I was fully engaged in the exhausting task of exams, which took up all my time and prevented me from doing my own things until now. Much of this examination work is not compulsory for university students, but those of us who find ourselves in need of the extra remuneration it entails accept it. I was anxious to finish, firstly to write to you, and secondly to put the finishing touches to the paper I want to make to the Cosmic Ray Congress to be held in Guanajuato (Mexico) from 5 to 13 September. I have been invited by the Cosmic Rays Commission of the International Union of

Pure and Applied Physics and I will be attending at its expense, as a private individual, without representing Spain. I am going because the Congress is of great interest to me due to the issues to be discussed, although I am concerned about the altitude of Guanajuato, which is only slightly lower than that of Mexico City. For this reason, it is my intention to leave Mexico as soon as the Congress is over, returning via North America if I can afford it. I feel very well, but the doctors advise me not to risk going by plane and I will go by sea, leaving Vigo on 14 August for Havana and Veracruz. If, because of your knowledge of tropical life, you have anything to recommend me, do not fail to do so, I would be very grateful [...].

My communication will be of a technical nature. I do not yet see the day when I will be able to have the appropriate laboratory at my disposal to start experimental studies. But I am also interested in the Congress because of the large influx of North Americans which is to be expected. They alone have reported in a recent publication that they have achieved a resounding confirmation of a phenomenon which I found to be taking place in the upper atmosphere and which the English had great difficulty in confirming. But I still don't know how I am going to get a visa for Mexico, given the lack of diplomatic relations with Spain."

The invitation to attend the Guanajuato Congress had come from Blackett, who in a letter of 25 April 1955 told him:

"Dear Arturo,

I intended to write you a personal letter to you when I sent the provisional programme of the Mexico Conference, but forgot to do so as I was just going off to Paris. The Cosmic Ray Commission will definitely pay your fare and expenses during the conference in Mexico. The funds are definitely limited, but you are one of the most important workers in the field so we are delighted to pay your expenses. As I believe you are not allowed by the doctor to travel by air, you will go by a sea passage. It would be very convenient if you would let us know before very long what your passage to Mexico will cost.

I am very glad that you will have some new work to communicate. We still get into touch again about the details of the programme.

I am sorry you are having such heavy work in getting your laboratory going, but I hope you will soon be fully at work.

Pat received Ana Maria' letter yesterday on our return from Paris".

On 31 July, from Ávila, where they were spending their holidays, although Duperier was going back and forth to Madrid, he informed "Mr. Davies" that "The authorisation to attend the Congress has taken two months, and it says, 'to remain in Mexico from 5 to 13 September',

precisely the days of the meeting. Afterwards, when I pointed out that I could not know when I would be able to get a boat to return, I was verbally authorised to return via North America, being granted a few pesetas so that, together with what the International Commission would allow me, down to the last cent, I could return there". And so, on 12 August he left Avila for Vigo, where he embarked, scheduled to arrive in Havana on the 25th, leaving on the 27th and arriving in Veracruz on the 29th. At the Guanajuato Congress, the fourth international congress devoted to cosmic rays, organised by the distinguished Mexican physicist Manuel Vallarta, Duperier presented a paper entitled "On the positive effect".

### ***Political permission for the return of Duperier***

Before going on to deal with the important matter, much commented upon in what has been written so far, of the instruments that England lent Duperier, about which there are some revealing words in the correspondence with Araquistáin, it is necessary to wonder whether there was any kind of prior "political authorisation" for his return to Spain to take place. Such was, in fact, the case, as shown by a document from the Superior Court of Revisions of the Ministry of National Education, dated 23 March 1953. I quote it in full:<sup>35</sup>

"Honourable Sir:

With regard to the application presented by Mr. ARTURO DUPERIER VALLESA, former professor at the University of Madrid, in which he requests his reinstatement in the Faculty of Sciences of the said University to which he belonged.

WHEREAS the said man did not present himself to serve his post within the established deadlines and therefore, in application of the provisions of Article 171 of the Law of 9 September 1857, he was dismissed from service for abandonment of his post.

WHEREAS reports on Mr. Duperier from university professors of high reputation and from several priests are highly favourable to him.

WHEREAS he has never taken part in political struggles, nor has he shown any political extremism, according to the categorical declarations of Mr. Julio Palacios and Mr. José Baltá, both professors of the Faculty of Sciences of Madrid and full members of the Academy of Sciences, Mr. Francisco Morán Samaniego, professor of the same Faculty, Mr. Juan Cabrera Felipe, professor of the Faculty of Sciences of Saragossa and Mr. Alejandro Familiar Pérez, a member of the F.E.T., who for many years had a very close relationship with Mr. Duperier, the former because of the studies to which they devoted themselves, and the latter for reasons of friendship and common origin.

WHEREAS he has never engaged in anti-religious activities, as attested to by the Dean of the Cathedral of Avila and Vicar General



of the Bishopric and the Rector of the Seminary of the same city, statements which are in complete agreement with those made by Mr. Julio Palacios, Mr. José Baltá and Mr. Francisco Morán Samaniego, who bear witness to his religious orthodoxy during his stays abroad.

WHEREAS Mr. Duperier has been offered well-paid positions by foreign, especially English scientific bodies, so that he could continue his studies in that country, having been advised, unsuccessfully, to apply for English nationality.<sup>36</sup>

WHEREAS the extraordinary reputation of Mr. Duperier, his international prestige for his research on cosmic radiation make it desirable for the Spanish University not to lose a scientific personality of such importance.

WHEREAS he has not been the subject of condemnation, nor has he belonged to the Freemasonry.

The undersigned judge has the honour to propose to you that Mr. ARTURO DUPERIER VALLESA be declared cleared and reinstated in the service of the teaching staff of the Faculty of Science in Madrid, where he served, with the sanction of disqualification for three years from management and positions of trust.

You will nevertheless decide what you deem appropriate.

May God preserve you for many years to come.

Madrid, 23 March 1953.

The judge [signature illegible].”

Several points stand out in this writing: (1) the support he received from Palacios, Baltá, Morán Samaniego, Juan Cabrera and Familiar Pérez;<sup>37</sup> (2) the importance of “religious orthodoxy”; (3) the fact that he was not a member of the Freemasonry; and (4) the international scientific prestige he enjoyed. Points (2) and (3) were very characteristic of Spain at the time, or rather, of its political discourse.

### ***The question of the arrival of the British apparatuses***

In the above-mentioned letter from Duperier to Mr. Davies (Araquistáin) dated 23 August 1954, he wrote that “the apparatuses from England, which entered Bilbao in mid-December, finally arrived in Madrid in mid-June”. This statement contrasts with the oft-repeated story that the apparatuses which, thanks to Blackett’s mediation, were sent to Spain, were held up for several years in Bilbao customs. In this sense, González de Posada and Bru wrote in their book on Duperier (p. 215):

“A fundamental part of Duperier’s tragedy—or of the scientific martyrdom to which he was subjected—was the sad and regrettable affair of the retention of the apparatuses ceded by England at the Bilbao customs office.

The crates were held there for several years for non-payment of

customs duties. Duperier had no money (modest flat, exhausting public transport) and the Spanish government would not grant duty exemption and the University would not bear the cost.

The British government’s protests finally succeeded (autumn 1958), five years later, in bringing about the transfer to the University of Madrid”.

Beyond what Duperier wrote to Araquistáin, I have no further evidence of the arrival of these instruments in Madrid in 1954, but neither do I know of any document to the effect that they did not arrive until 1958, regardless of what Duperier’s colleagues and friends, such as Luis Bru or Julio Palacios, subsequently wrote. However, how can one dismiss what Duperier himself wrote! One *possibility* is that those instruments remained untouched for a long time in some basement of the Faculty of Science in Madrid, since the laboratory that Duperier was promised did not materialise; let us remember another statement in the letter to Araquistáin: “but although the agreement was made some time ago to provide me with a laboratory, construction did not begin until a few days ago and I fear that four or five months will be necessary to have the ad hoc laboratory that I need”. Perhaps many more months were needed. It seems, in fact, that the construction on the terrace of the faculty proceeded very slowly, ending in 1958, and that the apparatuses were never taken there.

The Duperier family has also preserved a letter from Blackett to Duperier dated 28 August 1957, from the Department of Physics at Imperial College, in which he requested that the apparatus be returned to England:

“Dear Duperier,

You will remember that some four years ago we lent you some cosmic ray recording equipment. I am now wondering whether you could let us have this equipment back as we could make good use of it in Dr. Elliot’s team working here. If this could be done, perhaps you could arrange for it to be despatched to me here. We will be glad to pay for the transport.”

What this letter suggests is that Blackett had realized or knew, from what Duperier told him or some other English scientist, that the apparatuses sent to Madrid had produced no results.

The “Dr Elliot” mentioned was Harry Elliot (1920-2009), who had begun work on cosmic rays—on their nature and origin—with Blackett at Manchester, moving to Imperial College when the latter moved there in 1953. At Imperial, Elliot established one of the UK’s leading cosmic-ray research centres. In an article recalling the work carried

out at Manchester, Elliot devoted a specific section to Duperier, the contents of which I reproduce in Appendix B.

A year after the previous letter, on 22 October 1958, Blackett again insisted on recovering the instruments:

“Dear Duperier,

I am sorry that I missed seeing you whilst you were over here for the Durham conference, as would have liked to talk to you about the cosmic ray recording equipment. You may remember that I wrote to you about a year ago to asking when it could be put into operation, but I gather from Elliot that there is still no immediate prospect of you being able to do so.

The equipment has now been in Spain for the best part of five years and I feel that if there is still no prospect of it being used, it would be better to return it to this country. We could very well use it for our work here, and I am sure you will agree that it would be a pity for it to remain idle indefinitely in Madrid when it could be put to useful purpose. Would you please let me know fairly soon what you feel about this so that we can make any necessary arrangements in good time.”

It must have been painful for Duperier to receive writings like this, however sympathetic and respectful they were. More than a humiliation, the feeling that his return to Spain had been of no use, at least from a scientific point of view.

Based on documents, this is all I can say.

### ***A Cosmic Radiation Lab?***

On rejoining the Faculty of Science, Duperier intended to set up teaching and research in cosmic radiation, thus creating a research group on cosmic rays in Spain, perhaps a school. As far as teaching was concerned, there were problems as can be seen in the following letter, which the secretary of the Physics Section addressed to the dean of the Faculty of Science on 20 December 1957:<sup>38</sup>

“Honourable Sir,

The extension of the Chair requested by the Physics Section for the Professor of Cosmic Radiation, Dr. Arturo Duperier Vallesa, has not been granted by the Ministry of National Education. As the Section considers that the proposal for such an extension is fully justified, it believes it should be repeated, specifying that it was based on the following reasons:

The subject of Cosmic Radiation is compulsory for the specialisations of Meteorology and Geophysics, and although it is not compulsory for those of Theoretical Physics, many students in this specialisation have been authorised to take it as compulsory in substitution of another

one. The content of the courses is not the same, and the teachings have been given in previous years, and are given separately in the current one for the most part, which requires the holder of the Chair to have a minimum of five hours of theoretical class per week.

Which, as Secretary of the Section, I have the pleasure of communicating to you, for your approval and transfer to the higher authorities, if you deem it appropriate”.

As can be seen, Duperier was finally awarded the title of Professor of Cosmic Radiation. Three handwritten notes specifying his teaching activities are preserved in the archives of the Faculty of Science, Physics Section:

“Extension of Physics (Geology), Ext. Cat. 8,400 pts. Order 28-9-56. Monographic PhD course in Physics. Cosmic radiation, O. 15-X-56.

1957-58: Cosmic radiation (Physics) with its assets, O. 24-X-57. Extension of Physics (Geol.). Ext. Cat. 8400., O. 24-X-57.

1958-59: Cosmic radiation (doctoral course, O. 24-XI-58. Extension of Physics (2nd D.). 8400 pts., O. 24-XI-58.”

In terms of research, Duperier intended to set up a laboratory, and at first it looked as if he might be able to do so. There is some evidence to suggest that this was the case. First, there is a letter from Blackett to Duperier dated 16 October 1956, which reads:

“Dear Arturo,

I am so delighted at your good news. The best way to send the money here would be to make out a cheque payable to the Imperial College of Science and Technology and send it direct to me, so that I can then pass it on to the College with the necessary instructions. Please let me know when the cheque goes off so that I can start the ball rolling.

We will look forward to your coming here and will do all we can to help you get what you want. If you could let us know beforehand some of the things you are interested in obtaining, we can collect catalogues, quotations etc.”

Blackett mentioned here a trip that Duperier planned to make to England to acquire, he seemed to imply, scientific instruments, for which he must have raised some money.<sup>39</sup> And the trip did take place, as can be deduced from the permission he received in 1957 to go to England for a month “for a trip of a scientific nature” (official letter from the rector to the dean of the Faculty, dated 15 January 1957).<sup>40</sup>

That the trip was indeed to purchase instruments, with funding he had obtained for this purpose, is detailed in a typed document preserved by the Duperier family (the first three pages only) and undoubtedly prepared by Duperier, which specified the purpose and functions to be

fulfilled by the Cosmic Radiation Laboratory he planned to establish in the Faculty of Science. The document is not dated but must have been written in late 1957 or early 1958. I reproduce it in full in Appendix C, but it is now necessary to quote part of it:

“The research on the mesonic component referred to above will be undertaken with the material loaned to Duperier by the DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH in England and the IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY of the University of London. The remainder of the research, as well as the other functions of the Laboratory, will be taken care of at the outset with some of the above equipment and with that which has recently been purchased in England with the surplus of the three thousand pounds sterling granted by the Ministry of Commerce for the purchase, essentially, of the electrical equipment which will enable the Laboratory to be provided with the electrical voltage of the regularity and permanence indispensable for the achievement of valuable results in research. It should perhaps be noted that among the scientific material thus obtained is that which will make it possible to extend the research beyond what was originally intended, with the inclusion of the study of the nucleonic component mentioned above, a study to which as much importance is now attached as that of the mesonic component”.

The requests that Duperier made, reasonable as they were, and what they meant in terms of funding, were surely completely beyond the possibilities—or what was customary—in the Faculty of Science, especially in the context of Spanish universities of the time. Scientific research was then—I will return to this point later—concentrated in the Spanish National Research Council. In fact, it is possible that his requests aroused resentment among some—but certainly not all—of his colleagues in the faculty. What the reading of this document shows is the poor situation in which the Madrid Science Faculty found itself, in terms of having an infrastructure to support research, even though it was the main Science Faculty in Spain.

Regarding another matter, also related to this laboratory, in the archives of the Faculty of Science, Physics Section, there is a request that Duperier addressed to the Dean of the Faculty on 25 January 1958. In it he said that “With regard to the furniture of the Cosmic Radiation Laboratory of this Faculty, I have the honour of informing you that the needs are as follows: 15 Stools. 8 Chairs. 4 Mobile tables. 8 Benches. 1 Small workshop bench. 6 Small cupboards for underneath the benches. Plastic sheeting to protect instruments. 4 Reading lamps. 1 Teacher’s table and armchair. 1 Table-stool. 1 Small wardrobe. 1 Assistant teacher’s table and armchair. 1 Typewriter table

and writing table. 1 Calculating machine table and desk”. This was obviously a request related to the part of the laboratory intended for student practice; in fact, in the request “if possible, the above request should be met”, which the dean in turn transmitted on 17 June (!) to the Secretary of the Board of the University City—a glaring example of the slow university bureaucracy—, it said: “Due to the needs of teaching, the Cosmic Radiation Laboratory of this Faculty has been expanded, the titular Professor...”.

#### ***Another trip to England***

In 1958, Duperier returned to England. On 19 May of that year, Duperier received a letter from Blackett in which he said to him:

“Dear Arturo,

I am very glad that you would like to come to the Newcastle Conference. I think Wolfendale will already have written to you but if not, please write directly to him at the Department of Physics, Durham Colleges, Durham. He is a lecturer there with Rochester, who, of course, you will remember. I will arrange for your expenses in England to be covered in some way. Will you be able to get your travel fare from Spain? If you have difficulty, let me know and I will see what can be done from here.

I will look forward to seeing you when you come to England, if that is possible. However, it is just conceivable that I may be abroad myself then, but I will let you later on”.

The conference, organised by the Physical Society, was held at Durham Colleges of Durham University on 24-25 September (1958). It was attended by about a hundred delegates from most of the European centres doing cosmic ray research. The theme of the conference was twofold: the cosmic and geophysical significance of cosmic ray measurements, and the nuclear physics of particle interactions. In his summary of the conference, published in *Nature*, Arnold Wolfendale referred to some of the topics discussed:<sup>41</sup>

“The interaction of primary cosmic rays with the Earth’s magnetic field was discussed by speakers from the Imperial College of Science and Technology. Experiments over the past few years have shown that the position of the cosmic ray equator, that is, the locus of the minimum of the cosmic ray intensity, is not consistent with the magnetic equator based on an eccentric dipole field. [...] A more accurate treatment of the effect of the Earth’s field taking into account the various magnetic anomalies removes the discrepancy between the respective equators.

The development of the muon component through the atmosphere and below ground occupied the next session. It was demonstrated that measurements on the sea-level muon flux give information

on the multiplicity and mass spectrum of the products of primary interactions.”

Finally, Wolfendale wrote:

“The conclusions to be drawn from this rather overworked conference is that there is still much to be learned about virtually every aspect of the subject. It would appear that for some time to come, cosmic ray experiments are likely to be the only source of knowledge about nuclear processes at energies greater than 20 GeV”.

The aforementioned Wolfendale was Arnold Wolfendale (1927-2020), who later had a brilliant career in the field of astrophysics, serving as Professor of Physics in the Department of Physics at Durham between 1965 and 1992 and being subsequently knighted. I met him at a conference held in May 2012 in Poellau (Styria, Austria), “100 Years of Cosmic Particles. Joint symposium in honour of Victor F. Hess”.<sup>42</sup> In subsequent emails, Wolfendale explained to me that the conference proceedings were never published but that he remembered an anecdote from Duperier’s talk: “Harry Elliot was the chairman and Arturo Duperier exceeded his allotted time.<sup>43</sup> And he was ‘ordered’ to finish, but he would not. So, Elliot got up, walked over to Duperier, and grabbed him by the arm and ended his speech! We were all very amused by this, and I always remember this unique event”.<sup>44</sup>

#### ***Academician-elect of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences***

In Spain, despite all the problems he encountered, Duperier received some recognition, the most important of which was from the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, which elected him an academician at the session of 5 February 1958, to fill the vacancy left by the death of Miguel Antonio Catalán (medal number 22), the discoverer of the multiplets. His candidature was presented by the academicians José Baltá Elías, Julio Palacios Martínez and José Antonio de Artigas Sanz. In their proposal, signed by all three, they wrote:<sup>45</sup>

“The undersigned Academicians of the Physical-Chemical Section, to fill the vacancy existing in this Section due to the death of the late elected Academician Mr. Miguel Catalán Sañudo, have the honour to propose for that vacancy the Professor of the Faculty of Sciences of the University of Madrid Mr. ARTURO DUPERIER VALLESA, a prestigious scientific personality of world renown, whose curriculum vitae is attached.

Madrid, 27 December 1957”.

But like Catalán, who did not get to make the obligatory entrance speech to cease to be “elected” academic and become a “permanent”

one, Duperier did not manage to read his speech, which he did not even get to begin. He died of a heart attack on 10 February 1959.

#### ***The Spanish University, a research wasteland in the 1940s-1950s***

Arturo Duperier did not manage, as we have seen, to continue his research at the Faculty of Science in Madrid, but it should be borne in mind that after the Civil War, and for a long time, Spanish universities were, in general and with a few exceptions, a wasteland as far as research was concerned. This research, in both the natural and social sciences, was concentrated in the Spanish National Research Council, the institution that took over from the Board for Advanced Studies and Physical Research created in 1939.<sup>46</sup> In fact, the “decentralising” feature, if it can be called that, of scientific research away from the university also characterised the JAE’s policy.

As far as physics, Duperier’s discipline, was concerned, the professors of the subject began to organise themselves and managed to improve their situation, helped by the Nuclear Energy Board. That these university professors tried to organise themselves is proven by a meeting held in the summer of 1957 at the Menéndez Pelayo International University in Santander, which was attended by 22 physics professors from Spanish universities, 12 of whom belonged to the University of Madrid, a detail which shows the “centrality” that this university still maintained. The attached photograph (fig. 17) shows the attendees at that meeting, Duperier being one of them, while the right-hand column shows some of those who were absent.<sup>47</sup>

#### ***The British apparatuses or a never-ending story***

Like those never-ending stories, which continue over the years, sometimes generations, the story of the equipment that Patrick Blackett managed to lend to Duperier did not end with the latter’s death. We have already seen that Blackett demanded the return of the equipment from Duperier, a request which he resumed upon the death of his friend and colleague. In the Archives of the Faculty of Science of the University of Madrid, some documents have been preserved, explaining something of what happened. The first is one that was sent from the Ministry of Foreign Affairs to the Dean of Science on 8 May 1959. It reads as follows:

“Sir,

I have the honour to inform you that the Spanish Ambassador in London, by Dispatch dated 11 March this year, informed this Directorate General that Professor Blackett, Head of the Department of Physics at the Imperial College of Science and Technology, University of London, has written to the Secretary General of the Spanish National Research Council concerning the return of a number of apparatuses related

to cosmic rays, which were loaned by the Department of Scientific and Industrial Research to the recently deceased Professor Arturo Duperier, of the University of Madrid.

Having forwarded the above to the aforementioned Centre, its Secretary General informed this Directorate General that the said Council has nothing to do with the aforementioned loan, and I would therefore be very grateful if you would kindly inform this Department, for transmission to our Embassy in London, whether the appropriate procedures have been initiated for the return of the aforementioned apparatuses, for which purpose the co-operation of the British Embassy in Madrid could be sought, as our Ambassador in London hinted to Professor Blackett”.

On 20 May the dean replied that “the necessary measures had already been taken to pack the instruments that the Imperial College of Science and Technology sent some time ago to Prof. Duperier so that he could continue the work begun in London / As soon as they are ready for shipment they will be sent to their destination, for which, if necessary, the cooperation of the British Embassy in Madrid will be sought, as indicated in his letter”. Three weeks later, on 11 June, the dean informed the rector that “measures had already been taken for the proper packing of the aforementioned instruments to return them to where they came from. At the present time, the instruments are duly packed in boxes ready for shipment to the Imperial College of Science and Technology, and all that remains to be done is to obtain the due authorisation of Your Excellency and the communication from the Rectorate to the Directorate General of Customs so that the corresponding clearance is carried out in Madrid, similarly to what happened on reception, in order to avoid the opening of the boxes without the presence of the appropriate technical personnel, which could lead to the breakage of any of the instruments”. On 15 June, the rector authorised the return of the equipment, informing the dean “that on this date the above-mentioned communication is being sent to the Superior, for the purposes in relation to the Directorate General of Customs”. And the paperwork did not stop there, with incoming and outgoing formalities, in a never-ending process reflecting the endemic problem that afflicted—and continues to afflict—the legalistic Spanish Administration.

In the manner of a comic operetta, when the equipment was finally sent out, mistakes were made, and these were detailed in a communication that the dean of science addressed to the rector on 9 September and which he in turn sent on 15 September to the undersecretary of the Ministry of National Education:

“When sending to Imperial College, London, the material that this Centre had lent for its use to the late Professor Dr. Arturo Duperier Vallesa, some equipment that belonged to this Faculty was included. Imperial College now returns them in 2 boxes weighing 547 Kgs. Containing the following instruments for the value listed below: on the attached sheet [this sheet has not been preserved]. These instruments belong to the faculty and are therefore not subject to Customs duties on entry, for which motive we hereby request Your Excellency to initiate the corresponding procedures so that the aforementioned material may be cleared through Customs exempt from payment of duties so that it may be used in the laboratories of this Faculty”.

There were still more papers in this regard, but it is not worth continuing to cite them. Only that the instruments entered on 11 October 1960 at Irun Customs.

I am convinced that the instruments that had been sent in excess were those that Duperier had acquired on his 1957 trip to England. They are the same ones that have been kept for years in the National Museum of Science and Technology. They were left on deposit at the Museum from the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University. When they were given to the Museum and, adding to this confusing story—which has practically become a myth—that has been passed down over the years, they were told that they were “the famous Duperier instruments that were held up in Customs”. In the present exhibition these devices are accompanied by the following legend, which is worth reproducing:

“Electronic equipment for the study of cosmic rays; c. 1957  
Ericsson Telephones Ltd.; Dynatron Radio Ltd.

Depository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid; DO1995/031/0260

Manufactured by the Instrument Division of Ericsson Telephones Ltd. (ETL) at High Church Street, New Basford (Nottingham, England). This set of devices for the study of cosmic radiation consists of “by-decade” pulse counters and their respective power units or power supplies. In general terms, the equipment contains the electronics used to adapt the pulses and count the coincidences produced between the electrical signals of Geiger tubes when they are passed through by a cosmic ray particle.

As stated on the labelling on the packaging, it was tested for the Imperial College of Science and Technology in 1957 and sent to Arturo Duperier’s laboratory at the Faculty of Science in Madrid.

As with the comic ray recording equipment manufactured by Cintel Television Ltd.—initially loaned by Patrick Blackett in 1953—and which could not be installed on its arrival in Madrid, this 101 A type counting equipment was also never used by the Spanish scientist, who died in 1959”.

### ***Epilogue***

In 1984, on the twenty-fifth anniversary of Arturo Duperier's death, his daughter received a moving tribute in the form of a telegram from the distinguished physicist Brian Flowers, Lord Flowers, Rector of Imperial College from 1973 (he held the post until 1985), addressed through the Spanish section of the British Council to his daughter, María Eugenia Duperier, Marchioness of Goubea by marriage to Luis-Fernando Carvajal y Melgar, Marquess of Goubea:<sup>48</sup>

“A QUARTER OF A CENTURY AFTER HIS DEATH, THE OLDER GENERATION OF PHYSICISTS AT IMPERIAL COLLEGE BLACKETT LABORATORY STILL HAVE VIVID AND AFFECTIONATE MEMORIES OF PROFESSOR ARTURO DUPERIER. HE WAS A TRUE PIONEER. WITH SIMPLE APPARATUS, MUCH PATIENCE, AND SUBTLE MATHEMATICAL ANALYSIS HE GAVE PHYSICISTS A QUANTITATIVE UNDERSTANDING OF HOW THE COSMIC RAY INTENSITY AT GROUND LEVEL IS INFLUENCED BY ATMOSPHERIC CONDITIONS. HIS METHODS OF ANALYSIS WERE NEW—FORESHADOWING THE MODERN AGE OF MACHINE COMPUTATION—AND THE RESULTS HE OBTAINED POINTED THE WAY TO THE DEVELOPING FIELD OF ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS. HIS HOPES OF MAKING FURTHER CONTRIBUTIONS TO THE DEVELOPMENT OF PHYSICS IN SPAIN TOOK HIM BACK TO MADRID, AND YOUR GOOD WISHES WENT WITH HIM. SADLY HE DIED BEFORE HIS TIME. WE RESPECT HIS MEMORY AND SEND GREETINGS TO HIS WIDOW. HE WAS A GREAT SPANIARD AND A GREAT MAN.”

LORD FLOWERS  
RECTOR  
IMPERIAL COLLEGE”

### ***Acknowledgments***

All the letters from Patrick Blackett to Arturo Duperier which I have used, and which do not bear any mention of provenance were kindly supplied to me by his daughter, María Eugenia Duperier y Aymar, Marchioness de Goubea, whom I thank for her help and kindness. My thanks are also due to Alfredo Llorente, Sir Arnold Wolfendale (†), Rosa María Martín Latorre and Andrzej Wróblewski for their help.

## **ANNEXES**

### **A**

“Cosmic Rays and the Cracow Congress  
Arturo Duperier

Organised by the International Physical Union and under the auspices of UNESCO, an international conference on cosmic rays was held in Krakow last October. Representatives of leading research groups from Europe and America took part and many other interested researchers from various countries attended the deliberations.

This was the first time, after the 1939 Congress in Chicago, that scientists specialising in these studies had met. The war, it is true, had reduced the activity in the field of cosmic ray research, but not as much as one might have thought at first. Cosmic rays are of interest not only because of their fascinating properties and the mysteries that surround them. Because of the tremendous energy they possess, they are extremely powerful agents of disintegration from which the researcher in nuclear physics, operating with agents hundreds or even millions of times less powerful, always expects to learn a great deal.

We do not know where and how cosmic rays originate, nor are we quite sure that we know about their true nature. We believe that they come from outside the earth because the number of those we receive decreases as we descend below the ground and increases as we rise above the earth's surface. Under these conditions it might be thought that they come from the sun, but as their number hardly changes from the hours of the day to those of the night, if any do originate from the sun, they must be very few. For the same reason they cannot be said to come from another star or from a particular extragalactic nebula. In fact, it seems as if they come from all regions of the universe, and from all regions equally.

However, it may well be that their number is not the same in all directions. If we could establish that they come from some parts of the sky more than from others, the problem of the origin of cosmic rays would probably be solved. But how can we determine a difference which, if it exists, we already know must be very small? Of course, very precise measuring devices will be necessary, but this will not be enough. If we take into account that cosmic rays have to pass through the atmosphere to reach the ground, and that the atmosphere is almost equivalent to a one-metre-thick block of lead, one can understand that it is not possible to make a prior determination of the relationship of what we measure in the laboratory, at the exit of a large block of matter, with the cosmic rays before they touch our planet; nor



how this relationship will change with changes in the atmosphere.

The question has been and is the subject of the most active research in all parts of the world. The rays are counted or the intensity of their effects are measured from hour to hour, the traces they leave on suitable bodies are photographed, and the most ingenious experiments, using the most delicate technique, are carried out to learn and unravel the great diversity of the actions they exert on matter and of the transformations they undergo at a single step. The whole of nuclear physics is involved.

As a result, it is now known that cosmic rays as perceived by the laboratory experimenter consist almost entirely of electrifying and very subtle particles, animated at speeds close to the speed of light. Some are electrons, both positive and negative, and of the remainder, three quarters of the total are mesotrons, so named because their mass is intermediate between that of the electron and the proton.

Electrons are unable to pass through more than ten or twelve centimetres of lead. Mesotrons, on the other hand, are endowed with seemingly incredible powers of penetration. Half of them pass easily through more than a metre of lead. For some, it seems that even half a hundred metres of lead is not enough of a barrier to stop them in their course. The number of mesotrons that enter our heads is about the same at home as it is in the street.

But in contrast, we might say, to this extraordinary penetrating power that such an impression of robustness would give us, another fundamental characteristic of the mesotron is its instability. Mesotrons are short-lived. In repose, they do not last more than two millionths of a second; in motion and with a speed close to the speed of light, their life seems longer because of relativistic time dilation, but even so the distances they can travel until they perish are not very long. The immediate consequence is that, since mesotrons are not long-lived enough to reach the ground from distant sources, the cosmic rays we perceive in the laboratory are not, for the most part at least, the original cosmic rays that come to us from the outside world. Mesotrons must be produced in the atmosphere by the action of that cosmic particle for whose nature we seem to be searching in vain. But if this is so, it is to be hoped that from the detailed knowledge of the properties of the mesotron and the process of its genesis we can reach that of its progenitor. And the research gets under way. Its electric charge and mass are determined, and the shower of particles coming out of the bottom of a metallic sheet as a product of the cataclysmic disintegration produced therein by the cosmic ray that enters from above are examined with all the thoroughness that

the greatest refinements of technology allow. And so, it turns out that some mesotrons are positive and others negative, and that their mass, which is the same for all of them, is 200 times greater than that of the electron. As far as disintegration showers are concerned, it is found that, although in most cases they do not contain penetrating particles, in some cases the mesotron is well represented.

With all this material as well as other experimentally acquired results, equally important but of a very different nature, the theoretician starts to work, and although he arrives at very interesting consequences on the intranuclear forces which give the atomic nucleus its stability, the problem of the genesis of the mesotron cannot be entirely solved.

That was roughly where we were when the Kraków meeting took place. The Bristol group, which specialises in the study using special photographic plates, presented evidence that, contrary to popular belief, not all mesotrons have the same mass. Mixed in with ordinary mesotrons, there are some whose mass appears to be twice as great. And similar conclusions have just been reached independently in Manchester and Paris from the shower studies reported in Poland by the respective groups, with the difference, however, that the new Manchester mesotrons appear to be five times larger and the Paris mesotron about twenty times smaller than the ordinary mesotron.

Other similar studies, also of great interest to researchers from Amsterdam, Budapest, and Rome, were discussed in Krakow. For my part, having seen from the analysis of 1,500 days of hourly observations that the moon periodically alters the intensity of cosmic rays, probably through the tidal atmosphere, I was able to establish in another independent study that the action of temperature, the fact that cosmic rays are more numerous on cold than on hot days, is due to the instability of the mesotron. This in turn has allowed me to set altitude limits to the atmospheric layer where mesotrons are generated, which is another of the pillars on which any theory of their formation will have to rest. And so, it turns out that most mesotrons originate from where the cosmic particle that removes them from the nuclei in the air has not yet penetrated more than a tenth of the atmospheric mass, at an altitude of about 16 kilometres. Theoretical considerations had predicted altitudes of this order of magnitude.

But what is the nature of this particle? From the contributions of the Dublin theorists and the American researchers also represented in Kraków, and for many other reasons, the general tendency is to believe that it is a proton, even if this hypothesis does not satisfy the requirements of all the experimental results. And even if they were protons, it remains to be seen where and how they acquire



the status of cosmic rays. In the meantime, what is certain is that something astonishing in its energy is reaching the lower layers of the atmosphere”.

## B

Harry Elliot, “Duperier’s Work at Imperial College”.<sup>49</sup>

In the immediate pre-war years the political and social upheavals in continental Europe had led to the exodus of many distinguished scientists from their native lands and as a result of strenuous efforts by Blackett and others a number of these exiles had been found positions in the UK. For many of them such posts served as no more than a temporary haven on the way to the United States but a few remained in Britain either permanently or for extended periods of time. Included amongst the latter was Arturo Duperier of the University of Madrid who together with his family had left Spain at the time of the Civil War and had settled for the time being in London. In 1939, as a result of Blackett’s influence, he became interested in the relationship between the cosmic ray intensity and terrestrial magnetism and in the effect of atmospheric temperature and pressure on the intensity of the secondary radiation at ground level. During the war he set up a cosmic ray intensity recorder at Imperial College in the form of a small battery of Geiger counters arranged in threefold coincidence. Using the data from this recorder he developed Blackett’s idea that the dependence of the ground level cosmic ray intensity on atmospheric temperature, which had been known for several years but not understood, was the direct result of the instability of the muon (P. Blackett, *Physical Review* 54, 973, 1938). In particular Duperier was able to show by partial correlational analysis that in accounting for the temperature effect the best atmospheric parameter to use was the height of the 100 mb pressure level which is close to the average height of muon production (A. Duperier, *Proceedings Physical Society* 57, 464, 1945; *Proceedings Physical Society* 61, 34, 1948). An incidental but extremely interesting bonus to this systematic study of atmospheric effects was provided by the famous solar and interplanetary cosmic ray events of February and March 1942 which were registered by Duperier’s counters in London (A. Duperier, *Nature* 149, 579, 1942) by Ehmert in Germany (A. Ehmert, *Zeitschrift für Naturforschung* 3rd, 264, 1948) and by the world wide network of Carnegie Institution ion chambers (I. Lange and S. E. Forbush, *Terrestrial Magnetism* 47, 185, 331, 1942).

Following these events a twofold coincidence counter recorder similar to Duperier’s instrument was built by McCaig in Manchester and this latter recorder remained in operation until 1946. The large Forbush Decreases of February 5th and 7th 1946 were registered by both the

London and Manchester recorders which showed a total decrease in intensity of just over 10% (A. Duperier and M. McCaig, *Nature* 157, 477, 1946). This event was associated with a sunspot group having an area 4900 millionths of the solar hemisphere, the largest which had ever been recorded at Greenwich up to the time.”

## C

### “COSMIC RADIATION LAB OF THE FACULTY OF SCIENCE - UNIVERSITY OF MADRID

#### 1.- Purpose of the laboratory and its composition.

THE COSMIC RADIATION LAB OF THE FACULTY OF SCIENCE OF THE UNIVERSITY OF MADRID will have the primary purpose of studying this radiation in its purely cosmic aspect, which is the speciality that Duperier was called upon to introduce and left implanted in England during the period 1939-1953. Research in the physics of cosmic rays as elementary particles, which is necessary for a better interpretation of the results of the previous study, will also be included, in so far as the means available permit. These latter investigations constitute what has come to be regarded as the nuclear aspect of the study of radiation.

The laboratory consists of two parts:

a) A pavilion erected on the roof of the faculty, where the various devices for recording the mesonic and nucleonic components of the radiation will be installed. Some of these records will be of a continuous and permanent nature, in order to collaborate with the others in the international network in the study, principally, of cosmic ray disturbances which irregularly occur simultaneously over large areas or over the whole of the Earth. Others, also continuous but only of a temporary nature, which will be directed by means of special devices to the resolution of specific points of research.

b) A laboratory proper, necessary for the testing of the various instrumental parts of the recording installations and the design and preparation of the special devices, and indispensable, moreover, for the training of future researchers and the execution of the practical work of the Cosmic Radiation courses established in the faculty.

#### 2.- Scientific material available for the research undertaking.

The research on the mesonic component referred to above will be undertaken with the material loaned to Duperier by the DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH in England and the IMPERIAL COLLEGE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY of the

University of London. The remainder of the research, as well as the other functions of the Laboratory, will be taken care of at the outset with some of the above equipment and with that which has recently been purchased in England with the surplus of the three thousand pounds sterling granted by the Ministry of Commerce for the purchase, essentially, of the electrical equipment that will enable the Laboratory to be provided with the electrical voltage of regularity and permanence indispensable for the achievement of valuable results in research. It should perhaps be noted that among the scientific material obtained in this way is that which will enable the extension of research beyond what was originally envisaged, with the inclusion of the study of the nucleonic component mentioned above, a study to which as much importance is now attached as to that of the mesonic component.

### 3.- Maintenance of the Laboratory in its functions and necessary allocation.

1. The maintenance of the Laboratory in its functions requires, essentially, the possibility of renewing and extending its scientific material to the extent required for the good progress of the research and students of the faculty's courses. It also requires the availability of the necessary mechanical assistance for everything related to fixed installations, the assembly of special devices and, in general, for all work that cannot be carried out in the laboratory.

This last requirement could be fulfilled without the need for special subsidies if the faculty had a suitable workshop, but unfortunately this is not the case, and in these conditions, it will be necessary to resort, for the resolution of the problem in each case, to workshops or specialised companies, which entails obvious, especially economic disadvantages.

For all these reasons, it is considered that, to meet the needs for the renewal and extension of the scientific equipment, as well as the mechanics of the installations and special devices, which for the time being are foreseeable, an allocation of not less than 100,000 pesetas a year will be indispensable.

2. Another point in relation to the Laboratory's activities is the number of its auxiliary staff members.

The receipt and archiving of daily observations of the upper atmosphere, of terrestrial magnetism and of solar activity, some made by the national services concerned and others by foreign services, all of which are essential for the proper interpretation of cosmic ray intensity variations; the exchange of information with cosmic radiation laboratories and institutes all over the world; the various

questions relating to the administration of the centre and the care of correspondence also make a certain secretarial service indispensable. A typist with the appropriate culture and a sufficient knowledge of English to be able to copy texts and letters in this language with ease could be enough for this service, in which case the remuneration involved should possibly be of two or three thousand pesetas a month.

There is also a clear need for a laboratory assistant, perhaps two part-time ones, given the permanent nature of the Laboratory's activities. Considering what seems to be the norm in the Spanish National Research Council, each of them could be paid six or seven hundred pesetas a month.

The allowance for auxiliary staff would therefore amount to a total of 40-50,000 pesetas per year.

3. Finally, there remains the question of financial support for graduates attracted by the study of cosmic radiation. As is done in most foreign universities, in order to complete the training of 'postgraduates' with the research function, the Laboratory could establish scholarships of a sufficient amount each to ensure the support of those who would enjoy them outside the family realm. These scholarships could also be of ascending value, according to [...]".

And that was the end of the last sheet of paper available.

### FIGURES

Fig. 1: Doña Eugenia Vallesa, a schoolteacher in Pedro Bernardo (Ávila). First decades of the 20th Century. Arturo Duperier's family archive.

Fig. 2: Arturo Duperier, as a young man. Arturo Duperier's family archives.

Fig. 3: Title of Assistant Meteorologist. Third Administration Officer. Arturo Duperier's family archive.

Fig. 4: Title of entry-level Meteorologist. First Administration Officer. Arturo Duperier's family archives.

Fig. 5: Title of Full Professor of Geophysics, Faculty of Sciences, Central University. Arturo Duperier's family archive.

Fig. 6: Identification card issued to Arturo Duperier. Professor of the Faculty of Sciences (University of Madrid, 1933). Arturo Duperier's family archive.

Fig. 7: Tribute to Arturo Duperier in his designation as professor of geophysics at the Central University. This event was attended by the Minister and the Undersecretary of Education, among other personalities. Madrid, 1933. Arturo Duperier's family archives.

Fig. 8: Pages of the " Notebook: cosmic radiation observations / Duperier 1935-36-37 / in Madrid and Valencia". Arturo Duperier's family archive.

Fig. 9: Arturo Duperier at the garden of his home in Manchester in 1939. Arturo Duperier's family archive.

Fig. 10: Patrick Blackett at his home in Wales. Arturo Duperier's family archive.

Fig. 11: Arturo Duperier and Patrick Blackett with family and friends in Wales. Photograph taken by Ana Maria, Arturo Duperier's wife. Arturo Duperier's family archive.

Fig. 12: Arturo Duperier in front of the BBC microphone (London, August 1945), explaining the rationale behind the atomic bomb just a few days after Hiroshima explosion. Arturo Duperier's family archives.

Fig. 13: Participants of the Cosmic Ray Conference, gathered in the Jagiellonian University (Krakow, 1947). By courtesy of José Manuel Sánchez Ron.

Fig. 14: Excursion to the Wieliczka salt mine (Krakow, 1947). By courtesy of José Manuel Sánchez Ron.

Fig. 15: Participants of the conference organized by the International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) for specialists in Cosmic Radiation in Guanajuato (Mexico, 1955). Arturo Duperier's family archives.

Fig. 16: Portrait of Arturo Duperier, wearing the hood and the professorial medal of the university academic costume, upon his return to Spain. Arturo Duperier's family archives.

Fig. 17: "Spanish university physics professors' meeting. Santander, 1957: Jesús Tharrats i Vidal, Gonzalo González-Salazar Gallart, Miguel Ángel Catalán Sañudo, Antonio Espurz Sánchez, Joaquín Catalá de Alemany, Justiniano Casas Peláez, Maximino Rodríguez Vidal, Justo Mañas Díaz, Mariano Velasco Duránte, Salvador Velayos Hermida, Arturo Duperier Vallesa, José Baltá Elias, Juan Cabrera y Felipe, Carlos Sánchez del Río y Sierra, Armando Durán Miranda, Francisco Morán Samaniego, Rafael Domínguez Ruiz Aguirre. Right: Julio Palacios Martínez, José García Santesmases, Luis Bru Villaseca, Luis Lozano Calvo and Josep M. Vidal Llenas, who were also professors at the time. Information provided by Professors Carlos Sánchez del Río, Alberto Galindo Tixaire and Cristóbal Fernández Pineda."

Fig. 18: Telegram sent by the distinguished physicist Brian Flowers, Lord Flowers, Rector of the Imperial College London, to María Eugenia Duperier y Aymar in 1984, for the 25th Anniversary of the death of Arturo Duperier. Arturo Duperier's family archive.

## NOTES

- 1 Patrick Blackett, "Prof. Arturo Duperier", *Nature* 183, 1015-1016 (1959)
- 2 Francisco González de Posada and Luis Bru Villaseca, the latter of whom knew Duperier, published a rather comprehensive biography of Duperier: *Arturo Duperier: mártir y mito de la ciencia española* (Diputación Provincial de Ávila-Institución Gran Duque de Alba, Ávila 1996). I have tried to emphasize aspects that had been previously less covered or not covered at all, in this reference. I have only, for instance, resorted to a few documents they use and acknowledging this.
- 3 On Cabrera, see José Manuel Sánchez Ron, *Blas Cabrera, científico español y universal* (Editorial Catarata, Madrid 2021). There I deal in more detail with Duperier's scientific relationship with Cabrera.
- 4 Blas Cabrera, "La théorie du paramagnétisme", *Le Journal de Physique et le Radium* 8, 257-258 (1927).
- 5 A version in Spanish was also published: Blas Cabrera and Arturo Duperier, "Acerca de las propiedades magnéticas de las tierras raras", *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 27, 671-682 (1929).
- 6 Salvador Velayos, "Contribución de D. Blas Cabrera al desarrollo del diamagnetismo y del paramagnetismo de la materia", in *En el centenario de Blas Cabrera* (Universidad Internacional de Canarias "Pérez Galdós" 1978), pp. 21-58; quoted on p. 45.
- 7 "Estudio termomagnético de algunos compuestos anhidros de Co y Ni", *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 29, 5-14 (1931); "Magnetismo de algunos cloruros de la familia del platino", *Boletín Real Academia de Ciencias* 2º. 9, 1-5 (1936); "Further results on the magnetism of chlorides of the palladium and platinum triads of elements", *Proceedings of the Physical Society* 51, 845-858 (1939).
- 8 Aitor Andauga Egaña has dealt with the history of meteorology and geophysics, including references to Duperier's activity, in *Geofísica, economía y sociedad en la España contemporánea* (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 2009); see also Agustín Udías, *Arturo Duperier. Los comienzos de la Geofísica en la Universidad Española* (Amigos de la Cultura Científica, Santander 1983).
- 9 This quarterly publication was short-lived: from January-February 1927 to July-August 1929.
- 10 Charles Honoré Maurain (1871-1967), professor of Earth Physics at the Faculty of Sciences in Paris from 1921, was the first director of the Paris Institute of Earth Physics, whose creation he himself promoted and which he directed until 1941. In 1924 he was elected president of the Société Météorologique de France and in 1930 he became a member of the Académie des Sciences. His work focused especially on terrestrial magnetism and the ionosphere. During his stay in Paris, Duperier took a course on atmospheric electricity given by Maurain himself.
- 11 The work "Les fluctuations de champ électrique terrestre" was presented by Maurain at the session of the Académie of 31 July 1933. Also in 1933, but on his own, he published (in the *Servicio Meteorológico Español* and in the *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, vol. 30, pp. 751-758), an article entitled "Distribución vertical de la temperatura en la atmósfera del centro de España".
- 12 The accumulation of this chair meant 3000 pesetas more in his salary. Notification of 27 November 1934 from the rector to the dean of the Faculty.
- 13 The 5th Regiment was a volunteer military corps, formed at the initiative of the

Communist Party of Spain and the Unified Socialist Youth, which fought in defence of the Republic during the first months of the Civil War.

14 Quoted in Joaquim Sales, *Enrique Moles. Una biografía científica y política* (Edicions Universitat de Barcelona-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona-Madrid, 2021), p. 252.

15 The Casa de la Cultura was officially inaugurated on 11 December 1936. Following a crisis, caused by some statements made by Gonzalo Rodríguez Lafora on 12 August 1937, the Casa de la Cultura initiated a second phase, a board having been constituted, directed by Antonio Machado and composed of Manuel Márquez, Victorio Macho, José Moreno Villa and Tomás Navarro Tomás as members Luis Álvarez Santullano as secretary.

16 Arturo Duperier, "Sobre la electricidad de la atmósfera", *Cuadernos de la Casa de la Cultura*, 1 (February 1937), pp. 85-88; Arturo Duperier and José Vidal, "La conductibilidad eléctrica del aire en Madrid", *Cuadernos de la Casa de la Cultura*, 2 (March 1937), pp. 169-182; they signed this article as members of the "Research Section of the Spanish Meteorological Service" (One must remember that the Central Office of the Spanish Meteorological Service, as it was called since 1932, also moved to Valencia). The article co-written with Vidal was also published in the *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 35, 5-19 (1937) and in the *Servicio Meteorológico Nacional*, Series A, No. 6. In 1938 another work signed by Duperier, Vidal and Collado was published: "Las fluctuaciones simultáneas del potencial eléctrico de la conductibilidad y de la carga espacial del aire", *Servicio Meteorológico Nacional*, Series A, No. 8, 19 pp.

17 Other manifestos he signed were: "Llamamiento a los intelectuales del mundo, de los hombres de ciencia y artistas de la Casa de la Cultura de Valencia" (published in *Verdad*, 27 December 1936), and "Los profesores y artistas españoles apelan a la conciencia del mundo" (*La voz de la inteligencia y la lucha del pueblo español. Antecedentes y documentos*, Association Hispanophile de France, Paris 1937: 63-65).

18 *Cosmic Radiation. Fifteen lectures edited by W. Heisenberg* (Dover, New York 1946; first edition, published in German, by Springer-Verlag in 1943).

19 Arturo Duperier, "The geophysical aspect of cosmic rays", *Proceedings of the Physical Society* 57, 464-477 (1945); quoted on p. 464.

20 P. Blackett, "On the instability of the baryton and the temperature effect of cosmic rays", *Physical Review* 54, 973- (1938); H. Yukawa, *Proc. Phys.-math. Soc. Japan* 19, 1084 (1935).

21 A. Duperier, "An exceptional increase of cosmic rays", *Nature* 151, 308-311 (1943).

22 He described this device in Arturo Duperier, "A new cosmic ray recorder and the air absorption and decay of particles", *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity* 49, 1-7 (1944). In the acknowledgments he said: "I am much indebted to Professor P. M. S. Blackett for suggesting this work and for his interest, progress and many useful discussions. I also wish to offer my thanks to Dr. L. Jánosy for his valuable help in preparing the appliances. I must thank the Meteorological Office of the Ministry of the Air for kindly allowing me to use the air data of the upper layers". In 1948 Lajos Jánosy (1912-1978) published a book, *Cosmic Rays* (Clarendon Press, Oxford), in which he mentioned some of Duperier's articles. Jánosy was a Hungarian who left Hungary with his family, who had supported the short-lived Hungarian Soviet Republic when it was defeated. He was educated in Vienna and Berlin, where he began his scientific career at the famous Kolhörster cosmic ray school. In 1937 he joined Blackett's group in Manchester, becoming a professor at the Dublin Institute for Advanced Studies in 1947.

Finally, he returned to Budapest in 1956 as director of the Cosmic Ray Department of the Central Institute for Physical Research, of which he became director in 1956.

23 The Guthrie Conference took place every year. It had been established in 1914 in honour of Frederick Guthrie, the founder of the Society. The Guthrie lecturers list had been inaugurated by Robert Williams Wood, and the physicists who followed him included Paul Langevin (1916), Albert Abraham Michelson (1921), Niels Bohr (1922), Ernest Rutherford (1927), J. J. Thomson (1928), Max Planck (1932), Arthur Holly Compton (1935) and Patrick Blackett (1940). A truly impressive list.

24 In Appendix A, at the end of this writing, I reproduce a typed text—unpublished, as far as I know—in which Duperier referred to this congress, which his daughter María Eugenia Duperier was kind enough to provide me. On this conference, see also Marian Miesowicz, "Reminiscences on 1st International Cosmic Ray Conference in Cracow (1947)", in *15th International Cosmic Ray Conference* (International Union of Pure and Applied Physics; Bulgarska akademija na naukite, 1977), and, by the same author: "The first International Cosmic Ray Conference", in Yataro Sekido and Harry Elliot, eds., *Early History of Cosmic Ray Studies. Personal Reminiscences with Old Photographs* (Reidel, Dordrecht 1985), pp. 295-298.

25 Very shortly after the Nazi racist laws were promulgated, a number of societies were organized to help German intellectuals who were being forced to emigrate. The British formed an Academic Assistance Council that began to function on 22 May 1933. Due to the problems that could arise if the initiative was identified solely with Jews, they were careful to point out that "the appeal that is made does not refer to present to Jews only; many who have suffered or are under threat are not of Jewish origin." All funds obtained were to be considered "available to university professors and researchers of any nation, who are unable to continue their work in their own country, for reasons of religion, political opinion, or race." The director of the London School of Economics, William Beveridge, assisted by the Hungarian physicist Leo Szilard, initially played a key role in the conception of this organization, which in 1936 was renamed the Society for the Protection of Science and Learning. The Society's first president was Ernest Rutherford, who held the position until his death in 1937, when he was succeeded by (Lord) Beveridge. Scientists such as W. H. Bragg, J. S. Haldane, Lord Rayleigh, A. Schuster, and J. J. Thomson also joined the initial call. Shortly before the start of the Second World War, at the end of 1938, the Society had helped more than 2,000 scientists and professors, mainly but not only Central Europeans (1,400 Germans, 400 Austrians, 150 Italians and 60 Spaniards), of whom 524 they had found permanent jobs somewhere in the world. The letter to Duperier was addressed to "33, Buckingham Court, Kensington Park Road, London, W. 11".

26 "Expediente de depuración", 1 April 1939, "Expediente personal de Julio Palacios Martínez", General Archive of the Administration (AGA); quoted, along with Palacios's statements on his behaviour during the war, in Carolina Rodríguez López, *La Universidad de Madrid en el primer franquismo. Ruptura y continuidad (1939-1951)* (Universidad Carlos III de Madrid-Editorial Dykinson, Madrid 2002), p. 371. I thank Alfredo Llorente for drawing my attention to this work.

27 I thank Alfredo Llorente for providing me with a copy of this letter.

28 This and the following documents were drawn from the Archive of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University or from the Duperier family.

29 Quoted in González de Posada and Bru Villaseca, *Arturo Duperier, op. cit.*

30 Araquistáin, who was the Spanish ambassador in Berlin (1932-1933) and in Paris (1936-1937), settled in London in 1939, where he worked as a commentator for the BBC (1939-1945). He was a member and representative in London of the Spanish

Liberation Committee, created in 1943, which brought together part of the foreign opposition to Francoism. During the last ten years of his life he resided in Geneva.

31 Finki was Ramón Araquistáin y Graa (1915-1980), one of the sons of Luis Araquistáin and his wife, the Swiss translator Trudy Graa Rüfenacht.

32 The “general”, who insistently opposed Duperier’s return to the Spanish university, also appears in letters to his friend Alejandro Familiar, quoted in the book by González de Posada and Bru de Duperier. In one of them, dated 26 May 1952, he wrote (González de Posada and Bru, *op. cit.* p 195): “I was invited to Spain for what they believed my merits in exile; I was offered the earth as an encouragement to go; later, because they say that a General turned up, or because a man named Otero invented a General, or because the invention suited everyone in the group, and despite the fact that none of them knew how to justify the attitude of the General or Otero’s or that of the group as a whole, I was allowed to come empty-handed, without anyone caring about the comments to be expected from those responsible people who still walk the world”. The “Otero” in this text is José María Otero Navascués (1907-1983); in a later letter, which I shall soon quote, Duperier referred to that person as a Navarrese who was not a physicist but served as vice-president of the Atomic Energy Board (Nuclear Energy, actually). It all fits in well with Otero Navascués, a military man who had studied at the Army Artillery Academy, and who was vice president of the Nuclear Energy Board between 1951 and 1958, when he became president. He was not from Navarre, but from Madrid, although his maternal family was Navarrese-Aragonese.

33 This congress, the third after those in Krakow and Como, was organized by Blackett and Louis Leprince-Ringuet and by the University of Toulouse under the patronage of the IUPAP and the support of UNESCO, and was held between 4 and 12 July 1953. The minutes were published in mimeograph as *Congrès International sur le Rayonnement Cosmique* (Edition École Polytechnique, Paris 1953). The paper Duperier presented there was entitled “The diurnal variation of cosmic-ray and the M regions of the sun” and was published in the minutes. According to J. W. Cronin (“The 1953 Cosmic Ray Conference at Bagnères de Bigorre: the birth of Subatomic Physics”, *The European Physical Journal H* 36, 183 [2011]): “The cosmic ray conference at Bagnères de Bigorre in July 1953 organized by Patrick Blackett and Louis Leprince-Ringuet was seminal. It marked the beginning of subatomic physics and the shift from cosmic ray research to research into new high-energy accelerators. Knowledge of the unstable heavy particles found in cosmic rays was essentially correct in fact and interpretation and defined the experiments that required being performed with the new accelerators. A significant part of the physicists who had been using cosmic rays in their research switched to accelerators. The importance of this conference can be placed in the same category as two other famous conferences, the Solvay conference of 1927 and the Shelter Island Conference of 1948”.

34 It is true that Otero Navascués exercised a certain leadership in Spanish physics at the time, not only because of his work in the Nuclear Energy Board, but also as director of the “Daza de Valdés” Institute of Optics of the Spanish National Research Council. However, it is necessary to point out that in both institutions he favoured the development of Spanish physics, to which he also contributed with his studies on optics.

35 AGA. I thank Alfredo Llorente for providing me with a copy of this document.

36 It seems that one such offer was the management of the cosmic ray observation station that the United States maintained in Huancayo, one of the highest cities in Peru (it is 3,249 meters above sea level).

37 Juan Cabrera, Blas’s brother, was to become rector of the University of Saragossa.

He was among the people who visited Duperier while he was living in England; others included Luis Bru and José García Santesmases, a pioneer of computing in Spain.

38 This and the documents that follow are from the archive of the Faculty of Sciences of Madrid.

39 In Duperier’s library, donated by his family to the National Museum of Science and Technology, there is a catalogue of scientific instruments from 1956 that can perfectly be interpreted as material that he used to find out what instruments to buy. One of these works was *Handbook of scientific instruments and apparatus 1956: exhibition to be held in the Old and New Halls of the Royal Horticultural Society Westminster, London from Monday, 14th May to Thursday, 17th May, published in connection with 40th Physical Society Exhibition*.

40 Regarding this trip, González de Posada and Bru, in their only reference, quote (p. 219) the following memories of Duperier’s wife: “Arturo needed small gadgets and they told him—with the authorization of Rubio the Minister—to go to London. Sampedro was Undersecretary of Finance. They called him so that he would go to England with a check to buy these small gadgets. / What can I spend? I’ve had a heart attack—Arturo told him./ Whatever you want./ I’m not going to take the check. Send it to Imperia College in the name of Professor Blackett. I don’t want to touch the money./ We left for a month. He bought what he had to buy and what was left over was sent to Rubio”.

41 See A. W. Wolfendale, “Cosmic rays: Conference at Durham”, *Nature* 182, 1281-1283 (1958).

42 My presentation there was entitled “Physics and Spanish politics: Arturo Duperier’s cosmic ray research as an exiled in England and his relationship with Blackett (1939-1953)”.

43 It seems that on that occasion Duperier spoke about a “New method for the calculation of interaction phenomena between particles endowed with very high energies and their trajectories”.

44 In those emails, Wolfendale also pointed out that Duperier’s 1945 Guthrie lecture “made important reading for the recently graduated Arnold” and that Blackett was “a brilliant, charismatic man who shared many characteristics with Arturo Duperier”.

45 Archive of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences.

46 See, in this regard, José Manuel Sánchez Ron, *El Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Una ventana al conocimiento (1939-2014)* (Spanish National Research Council, Madrid 2021).

47 Carlos Sánchez del Río, one of the attendees at the meeting, provided me with a copy of this photograph.

48 This document is also reproduced in the book by González de Posada and Bru, p. 294.

49 Harry Elliot, “Cosmic ray intensity variations and the Manchester school of cosmic ray physics”, in Sekido and Elliot, eds., *Early History of Cosmic Ray Studies. Personal Reminiscences with Old Photographs*, *op. cit.*, pp. 375-384; quoted on p. 376.

## THE EXHIBITION

### IN/VISIBILITY. ARTURO DUPERIER AND COSMIC RAYS

«How strange it feels to walk through the fog!

Every bush and stone are lonely:

no trees face each other,

each stands alone.

[...]

Now that the fog is falling,

no one can I see.»

*In the Mist*, Hermann Hesse

This exhibition focuses on the concept of visibility / invisibility of cosmic rays and the figure of the Spanish researcher Arturo Duperier Vallesa (Pedro Bernardo, Ávila, 1896 - Madrid, 1959). It explores his scientific training, his work as Spanish pioneer in the study of cosmic radiation and the historical and political circumstances that led to his departure to England and his subsequent return to Spain. Using the funds preserved in the MUNCYT collection, the documents kept in historical archives and his personal legacy, it presents a memoir expressing different emotional feelings such as nostalgia, success, frustration and oblivion.

By searching through the aesthetic expressions inherent to scientific phenomena—cosmic rays in particular—and considering the exhibition space as an invitation to enter a large ‘Cloud chamber’, this exhibition is placed within Science, History and the Arts.

### ON THE IN/VISIBILITY OF COSMIC RAYS

‘I have seen things you people wouldn’t believe [...]

I watched C-beams glitter in the dark near the Tannhäuser Gate’

Final monologue of the replicant Roy Batty in the film

*Blade Runner*, directed by Ridley Scott (1982)

In 1911, the Scottish scientist Charles T. R. Wilson (Midlothian, 1869 - Edinburgh 1959) published the first photographs of cosmic ray traces obtained with his fog camera—a device used to visualize the trail of ionizing particles when passing through a saturated atmosphere—. This form of energetic radiation, that repeatedly bombards the Earth’s atmosphere, is undetectable to the eyes of all creatures, but not so to Science and Technology.

In this sense, the latest great ‘scientific instrument’, designed to understand the origin and role of cosmic particles, to study extreme astrophysical systems and to explore the borders of physics, is a

global effort aimed at building the world’s largest and most powerful gamma-ray observatory, the Cherenkov Telescope Array (CTA). This Telescope consists of over one hundred telescopes and will be located in the Northern hemisphere, at Roque de los Muchachos, on the canary island of La Palma.

### ON THE IN/VISIBILITY OF ARTURO DUPERIER

‘These blue days and this sun of childhood’

Antonio Machado

The Civil War interrupted the development of science in Spain. Many of its best researchers developed their careers abroad, as was the case of Arturo Duperier, Spanish pioneer in the field of cosmic radiation and terrestrial atmosphere research.

His work and biographical itinerary—made invisible as well as the entire outstanding period for the Arts, Sciences and the creation of institutions that promoted public instruction, which became to be known as the Silver Age of Spanish culture—would be affected by a sort of *damnatio memoriae* or condemnation of memory. The intellectual flourishing of the first third of the twentieth century would remain enclosed in the mists of history, til the Transition and democracy began the revival—with multiple works, tributes and exhibitions—of great names of Spanish science such as Blas Cabrera, Enrique Moles, Julio Palacios and, finally, Arturo Duperier.



## THE OBJECTS

### **Electromagnet for the laboratory study of the magnetic properties of different materials.**

First third of the 20th Century, Automatics Laboratory, DT1995/031/0983, Repository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid. In general, materials can be classified into three main groups according to the way they behave in a magnetic field: diamagnetic, paramagnetic and ferromagnetic. By measuring their response to the presence of the sample in a known distribution field, the experimental determination of the constants that distinguish each type of material is determined. With this instrument, consisting of two powerful electromagnets with their nuclei facing each other, it is possible to create a large uniform magnetic field in the space separating the two magnetic poles. By means of several static methods used in physics—a torsion balance or a magnetometer, for example—it is possible to measure the events that take place when the sample under study is immersed in the field generated by the electromagnets. In 1910, Blas Cabrera was appointed Director of the Laboratory of Physical Research of the JAE. He worked in the field of magnetochemistry. Among other scientific instruments, he used for his scientific research Weiss type electromagnets built in the Laboratory of Automatics. He is considered the father of Spanish physics since he promoted this science as no one had done before and was the teacher of great scientists such as Arturo Duperier, Enrique Moles or Julio Palacios.

### **DUPERIER, A.**

“Estudio termomagnético del agua y de algunas disoluciones en sales paramagnéticas”, Doctoral Thesis (1924). On loan from the National Historical Archive

### **CABRERA, B. ; DUPERIER, A.**

“Variación de la constante diamagnética del agua con la temperatura”, en: *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 22, (1924), p. 160-167. On loan from the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences.

### **CABRERA, B. ; DUPERIER, A.**

“Sur les propriétés paramagnétiques des terres rares”, en: *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 188, (1929), p. 1640-1642. On loan from the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences

### **CABRERA, B. ; VIDAL, J. M.**

“La conductibilidad eléctrica del aire en Madrid”.

Madrid: Spanish Meteorological Service, 1937

### **CABRERA, B. ; DUPERIER, A.**

“Further results on the magnetism of chlorides of the palladium and platinum triads of elements” en: *The Proceedings of the Physical Society Reprinted*, vol. 51, (1939), p. 845-858

### **Thermo-Barometer.** 1870-1913; Francisco Feliu Vegués

Designed by the professor of the Escuela Superior de Badalona, Francisco Feliu Vegués (1829-1913), this instrument is fitted with a thermometer and a barometer arranged in a case for easy transport. The handwritten paper shows some instructions on how to perform different calculations based on data collected with the device, such as the conversion from degrees Celsius to degrees Réaumur or Fahrenheit, atmospheric pressure or altitude. CE1986/006/0093

### **Anemometer.** 1875-1895; Negretti and Zambra

The anemometer is the instrument used to determine wind speed. This model, known as Robinson's or windlass, is one of the most popular. It is made up of cups connected to a central axle whose rotation allows to know the wind speed for a certain period. CE1985/004/0904

### **Psychrometer.** c. 1950; Columbus

This instrument is used to determine the degree of humidity in the air. It consists of two thermometers; one dry and the other wet — in contact with the water reservoir using cotton muslin —. The difference in temperature between these two thermometers provides the humidity of the environment, through the psychrometric table placed between them. CE1985/004/0027

### **DUPERIER, A.**

“Sobre las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre”, en: *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* 30, (1932), p.751-758

### **DUPERIER, A.**

“Distribución vertical de la temperatura en la atmósfera del centro de España”. Madrid: Spanish Meteorological Service, 1933

### **DUPERIER, A.**

“La radiación cósmica en Madrid y en Valencia”. Madrid: Spanish Meteorological Service, 1937



*The Journal of Biological Chemistry*. Baltimore: American Society for Biochemistry and Molecular Biology, 1905-2011, vol. 63, vol. 65 (1925)  
On loan from the Library of the Faculty of Medicine of the Complutense University of Madrid

**Geiger Tubes.** c. 1950; Philips

The main element of Duperier's instruments for the measurement of cosmic ray flux is the Geiger (or Geiger-Müller) tube. It consists of a sealed container with a mixture of gases and two electrodes subjected to a high potential difference. When a particle, capable of ionizing the gas, passes through it, an electric discharge is generated which is then recorded as a current pulse. Repository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid; DO1995/031/0504; DO1995/031/0505

**Geiger Tube.** c. 1950; LKB-Produkter

Repository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid; DO1995/031/0543

**Geiger Counter.** c. 1955; Nuclear Chicago

Geiger counters consist of Geiger tubes and the electronics needed to process electrical signals and record them, showing, for example, the number of particles detected. Nowadays, they are no longer used in scientific research to measure the flux of cosmic radiation, as Duperier used to do, but to measure environmental radioactivity for radiation protection purposes. Repository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid; DO1995/031/1052

**Cloud Chamber.** c. 1955; Griffin & George Ltd.

The cloud chamber is a closed container with a mixture of gases in an oversaturated state and therefore ready to condensate into a liquid as a response to an external disturbance. When a charged particle of sufficient energy passes through the chamber, it leaves a trace of ions in the gas that serve as condensation nuclei. Around them, liquid droplets are formed giving rise to a visible trace of the particle's passing through, much like the trail of airplanes. Repository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid; DO1995/031/0017

**DUPERIER, A.**

"The seasonal variations of cosmic-ray intensity and temperature of the atmosphere" en: *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and physical sciences Reprinted vol. 177* (January 1941), p. 204-216

**DUPERIER, A.**

"Cosmic rays and magnetic storms" en *Nature Reprinted vol. 149* (May 23, 1942), p. 579-581

**DUPERIER, A.**

"An exceptional increase of cosmic rays?" en *Nature Reprinted vol. 151* (March 13, 1943), p. 308-311

**DUPERIER, A.**

"Temperature of the upper atmosphere and meson production" en: *Nature Reprinted vol. 167* (February 24, 1951), p. 312-315

**DUPERIER, A.**

"A new cosmic-ray recorder and the air-absorption and decay of particles" en: *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 49*, n. 1 (March 1944)

**DUPERIER, A.**

"The meson intensity at the surface of the earth and the temperature at the production level" en: *Proceedings of the Physical Society. Serie A Reprinted, vol. 62* (1949), p. 684-696

**DUPERIER, A.**

"The geophysical aspect of cosmic rays" en *Proceedings of the Physical Society Reprinted, vol. 57* (1945), p. 464-477

**Glass slides** c. 1940

Glass plates with different graphs and charts used by Arturo Duperier in his articles and publications.

On loan from M<sup>a</sup> Eugenia Duperier y Aymar.

**Notebook of Arturo Duperier.** 1945 a 1947

Notebook including handwritten notes in pencil with observations referring to cosmic radiation. The recording of the data is between 1945 and 1947 in England.

On loan from M<sup>a</sup> Eugenia Duperier y Aymar.

**Notebook of Arturo Duperier.** c. 1956

Handwritten notebook in blue ink with entries made for study and bibliographic notes.

On loan from M<sup>a</sup> Eugenia Duperier y Aymar.

**Arturo Duperier's Fountain Pens.** 1930s and 1940s;

W. A. Sheaffer Pen Co.

Lifetime model fountain pen with lever-loading system and Lifetime 1500 model fountain pen with plunger-loading system, both with 14K gold nibs by Sheaffer.

On loan from M<sup>a</sup> Eugenia Duperier y Aymar

**Calculator.** c. 1950; Schubert

This type of calculator began to be manufactured in Russia around 1886, later spreading into Europe and the rest of the world, becoming one of the most used calculators until the second half of the 20th century. It could perform the four basic operations thanks to a gearwheel mechanism with a variable number of teeth.

CE1986/008/0001

**Slide Rules.** 1930 a 1955

Calculation rules with different functions belonging to Arturo Duperier: Diwa slide rule no. 141; A. W. Faber Castell slide rule D. R. P. no. 206428; A. W. Faber Castell slide rule no. 379; and standard slide rule manufactured by The Technical Slide Rule Company.

On loan from M<sup>a</sup> Eugenia Duperier y Aymar.

**Arturo Duperier's Library**

Since 2017 Arturo Duperier's bibliographic legacy belongs to the MUNCYT Library thanks to the generous donation made by his daughter, M<sup>a</sup> Eugenia Duperier y Aymar: It includes 143 volumes and 21 original offprints, together with his main writings, and depicts in detail his intellectual biography. His books reveal a researcher concerned with the latest innovations in his field, gathered from specialized bookstores and university laboratory libraries. He wrote his name in pencil on the first pages, made calculations and wrote down scientific notes in Spanish and English with careful handwriting on separate sheets of paper, inserted between the pages. He kept the books that, before and after his exile, were affectionately dedicated to him by friends, teachers and alumni.

To this collection we can add his doctoral thesis, obtained for this exhibition from the National Historical Archive, two writings from youth published in scientific journals lent by the Royal Academy of Sciences and two volumes including war wounds from the Library of the Faculty of Medicine of the UCM.

**Electronic Equipment For The Study Of Cosmic Rays, ; c. 1957;** Ericsson Telephones Ltd.; Dynatron Radio Ltd.

Repository of the Faculty of Physical Sciences of the Complutense University of Madrid; DO1995/031/0260.

Manufactured by the Instrument Division of Ericsson Telephones Ltd. (ETL) at High Church Street, New Basford (Nottingham, England), this set of instruments for the study of cosmic radiation consists of "per decade" pulse counters and their corresponding power units or power supplies. In general terms, the equipment includes the electronics used to adapt the pulses and count the coincidences produced between the electrical signals of the Geiger tubes when they are passed through by a cosmic ray particle.

As shown on the labelling of the packaging, the device was tested for the Imperial College of Science and Technology in 1957 and sent to Arturo Duperier's laboratory at the Faculty of Science of Madrid.

As was the case with the comic ray recording equipment manufactured by Cintel Television Ltd.—initially on loan from Patrick Blackett in 1953—and which could not be installed upon its arrival in Madrid, this 101 A type counting equipment was also never used by the Spanish scientist, who died in 1959.







El Museo Nacional de Ciencia y Tecnología quiere agradecer muy especialmente la inestimable colaboración y generosidad de la familia de Arturo Duperier durante el proceso de creación de esta exposición.

En recuerdo de Arturo Duperier Vallesa (1896-1959)







La impresión lenticular se ha realizado con dos instantáneas procedentes de la cámara de niebla del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. En ella se distinguen trazas de partículas alfa, trazas de muones y trazas de electrones.





GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



**MUNCYT**  
MUSEO NACIONAL DE  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA