

Los tres físicos*

Chris DeWitt, José Edelstein y Bayram Tekin

Desde 1951, la École Normale Supérieure concede el *Premio de los Tres Físicos* en honor a Henri Abraham, Eugène Bloch y Georges Bruhat, directores sucesivos de su prestigioso laboratorio de física en tiempos oscuros. Éstas son sus historias.

Prefacio (Chris DeWitt)

Como hija de dos físicos, Bryce DeWitt y Cécile DeWitt-Morette, siempre he sido consciente del profundo impacto del Holocausto en las vidas de los científicos del siglo xx. Incontables físicos y matemáticos judíos —Albert Einstein, Lise Meitner, Emmy Noether, Edward Teller, Victor Weisskopf y Eugene Wigner, entre ellos— o aquellos casados con judíos, como Enrico Fermi, se vieron obligados a abandonar sus países con el ascenso del Tercer Reich. Otros, como el premio Nobel Georges Charpak y el medallista Fields Alexander Grothendieck, fueron enviados a campos de concentración o internamiento; Charpak a Dachau, en Alemania, y Grothendieck con su madre al Campo de Rieucros, en el sur de Francia.

Muchos de los físicos que lograron hallar refugios seguros no escaparon por ello a un sufrimiento inmenso. El premio Nobel Walter Kohn, por ejemplo, consiguió huir de Austria cuando era adolescente en un *Kindertransport*, pero sus padres fueron asesinados por los nazis. Otros judíos, como los astrofísicos franceses Évry Schatzman y Jean-Claude Pecker, sobrevivieron al Holocausto escapando, en primer lugar, desde París a la zona desocupada del sur de Francia conocida como «zona libre», y más tarde adoptando identidades falsas. No obstante, el padre de Schatzman fue asesinado en Auschwitz-Birkenau, así como lo fueron ambos padres de Pecker, primo de mi madre.

También hubo víctimas de la barbarie nazi entre las familias de otros científicos prominentes. El hijo de Max Planck, Erwin, fue ejecutado por intentar asesinar a Adolf Hitler, y el hijo físico de Élie Cartan, Louis, fue decapitado por los nazis por pertenecer a la Resistencia Francesa. Los casos trágicos son incontables.

Debido a las propias experiencias de mi madre durante la Segunda Guerra Mundial y el bombardeo del «Día D» a la casa de su familia en Normandía, mis hermanas y yo nos

criamos escuchando historias sobre la guerra y sus secuelas. Pero algunas historias de guerra a menudo se olvidan, se pasan por alto, o sólo son contadas, en ciertas ocasiones, en tonos bajos y sombríos. La historia que se cuenta aquí es una de ellas. Me tropecé con ella casi al azar, debido a que uno de los protagonistas era el padre de una amiga íntima y coautora de mi madre, la matemática francesa Yvonne Choquet-Bruhat.

Esta no es una historia que deba relegarse a una nota a pie de página. Los destinos trágicos compartidos por los físicos franceses Henri Abraham, Eugène Bloch y Georges Bruhat merecen ser conocidos. Científicos talentosos y apasionados, maestros que dejaron su impronta en la educación de varias generaciones de físicos, comprometidos con el futuro de su país, los tres fueron traicionados por el gobierno de Vichy cuando la pestilencia del fascismo arrasó Francia.

Los tres fueron directores sucesivos del famoso Laboratorio de Física de la École Normale Supérieure (ENS), una de los instituciones más prestigiosas de Francia. Una fachada, que fue la entrada original de la ENS, se muestra en la Figura 1, mientras que la entrada del Laboratorio de Física, que da a la calle, se ve en la Figura 2. Por más de tres décadas, durante las revoluciones científicas de la mecánica cuántica y la relatividad, primero Abraham, luego Bloch y finalmente Bruhat dirigieron el laboratorio. Son conocidos en la comunidad de la física francesa como «les trois physiciens», los tres físicos [1].

La universidad bajo amenaza

El 4 de agosto de 1944, en París, la Gestapo irrumpió en el campus de la ENS. La derrota de Alemania ya era inevitable, pero sus líderes seguían determinados a llevar a cabo la «solución final» —el plan nazi para exterminar a todas las personas judías— a cualquier precio. Buscaban a un estudiante de literatura sospechoso de formar parte de la Resistencia Francesa, pero el director adjunto de la ENS, Georges Bruhat, y el secretario general, Jean Baillou, se negaron a revelar su paradero.

Cinco meses antes, Bruhat (Figura 3) ya había sido arrestado por defender a varios empleados que fueron detenidos

* Versión en español del artículo de Chris DeWitt, José Edelstein y Bayram Tekin «The three physicists», *Physics Today* 74(3), 42-48 (2021). Publicado con el permiso del American Institute of Physics. <https://doi.org/10.1063/PT.3.4700>

Figura 1. Entrada principal de la École Normale Supérieure. (Wikimedia Commons).



Figura 2. El Laboratorio de Física de la École Normale Supérieure. Construido en 1937, ha sido objeto de varias reformas y una ampliación. (Fotografía cortesía de Sébastien Balibar).

por la Gestapo acusados de haber puesto a cubierto a paracaidistas aliados en los sótanos de la ENS, pero finalmente fue liberado. Esta vez los alemanes fueron absolutamente brutales: detuvieron a las esposas, Berthe Hubert Bruhat y Aline Baillou, y amenazaron con matarlas al día siguiente si sus demandas en relación al paradero del estudiante no eran satisfechas [2]. Yvonne Choquet-Bruhat suplicó que le permitieran ocupar el lugar de su madre, pero los alemanes se negaron [3].

La Gestapo no cumplió con sus amenazas contra las mujeres, pero Georges Bruhat y Jean Baillou fueron llevados al sur de París, a la prisión de Fresnes, que los alemanes solían utilizar para retener y torturar a agentes británicos y miembros de la Resistencia Francesa. A medida que las fuerzas



aliadas se acercaban a París, los alemanes mataron o trasladaron apresuradamente a sus prisioneros. Uno de los últimos trenes que salieron de Fresnes partió rumbo a Alemania el 15 de agosto. Llevaba a Bruhat y Baillou. París fue liberada la semana siguiente.

Bruhat no tenía autocompásion. Apoyó resueltamente la moral de otros prisioneros. Fue trasladado al campo de concentración de Sachsenhausen, donde el mayor de los hijos de Joseph Stalin había sido asesinado el año anterior, junto con varias decenas de miles de personas, en su mayoría presos políticos. Algunos supervivientes relataron que Bruhat reunió a un grupo de estudiantes, ingenieros y oficiales encarcelados en Sachsenhausen, ávidos de actividad intelectual, y se puso a enseñarles la física del Sol. Pero enfermó de bronconeumonía, trágicamente, y murió en el hospital del campo en la víspera del año nuevo, cuando la mayor parte de Francia ya había sido liberada. Baillou, que era más joven y fuerte, consiguió sobrevivir y regresó a París en la primavera de 1945.

Una vez que Bruhat entró en la delirante maquinaria de la Gestapo, ya no había salida. Ninguno de sus captores sabía que este hombre, debilitado por las condiciones inhumanas de su detención, era un físico muy notable, un profesor venerado por sus alumnos y el autor de cuatro volúmenes de un colosal curso de física general, traducido a varios idiomas y obra de referencia obligatoria en muchas universidades europeas. Pero la historia de Georges Bruhat y su trágico destino no puede contarse sin empezar por las de otros dos físicos franceses: Henri Abraham y Eugène Bloch.

Henri Abraham: El gran inventor

Henri Abraham (Figura 4) nació en París el 12 de julio de 1868; era el quinto de seis hijos en una familia judía. Entró a la ENS como estudiante en 1886. Como tantos físicos franceses en aquellos tiempos, comenzó su carrera enseñando en una prestigiosa escuela secundaria, Louis-le-Grand, que está a un corto paseo de la ENS y cuenta entre sus exalumnos a gigantes como Henri Poincaré, Victor Hugo y Jean-Paul Sartre. También enseñó durante un período en la escuela secundaria donde él mismo había sido estudiante —el Collège Chaptal, entre cuyos exalumnos estaba Alfred Dreyfus, el oficial judío francés que fue falsamente condenado por presunta traición al calor del virulento antisemitismo de la época.

Abraham estaba interesado en los trabajos de Heinrich Hertz, quien buscaba probar la existencia de las ondas electromagnéticas predichas por las ecuaciones de Maxwell. En su tesis doctoral decidió verificar otra de las predicciones del escocés: que la velocidad de propagación de las ondas debía ser igual a la relación entre las unidades

de carga eléctrica definidas en los dos sistemas en uso (electrostáticas y electromagnéticas). En 1892 obtuvo un resultado preciso, dentro del 1 % de los encontrados por Joseph John Thomson en la Universidad de Cambridge. En ese momento, pocos conocían la conexión entre las ondas electromagnéticas y la luz. El acuerdo general entre las mediciones de la velocidad de propagación de ambas ayudó a confirmar la teoría electromagnética y colocó a Abraham, a la edad de 24 años, al mismo nivel que los mejores físicos experimentales de su época. El resto de su carrera científica estuvo dedicada a las verificaciones y aplicaciones de la teoría electromagnética.

En 1912, Henri Abraham se convirtió en profesor titular de la Universidad de París y asumió la dirección del laboratorio de física de la ENS. Su carrera fue interrumpida por la Primera Guerra Mundial, durante la cual fue designado en el servicio de telegrafía militar junto a otros científicos de renombre, como Léon Brillouin y los hermanos Eugène y Léon Bloch. Trabajando juntos desde el laboratorio de la ENS, inventaron una serie de nuevos dispositivos de transmisión de radio que tuvieron una enorme relevancia.

A Abraham se le atribuye la mejora del sistema de lámparas de tres electrodos usada por el ejército de Estados Unidos, perfeccionando la técnica utilizada para obtener un vacío alto y duradero; sus lámparas pasaron a ser el estándar y se distribuyeron a todos los ejércitos aliados. Poco tiempo después, junto a Eugène Bloch, ambos construyeron los primeros amplificadores de radio que hacían uso de estas lámparas. Posteriormente desarrollaron otros dispositivos electrónicos esenciales para la transmisión de radio y, en última instancia, el éxito del esfuerzo de los aliados en la guerra. Además, Abraham estuvo a cargo del «aparato Walzer», un notable detector sonar submarino que desarrolló conjuntamente con Charles Fabry y Paul Langevin. Por todos estos logros, Abraham fue condecorado con la membresía de la Legión de Honor militar.

Abraham fue un inventor prodigioso y un maestro respetado. Tenía un interés especial en lograr registrar fenómenos rápidos. Su dominio de las técnicas de vacío y su uso del entonces recientemente establecido sistema intercontinental de transmisión de ondas de radio para obtener un valor aún más preciso de la velocidad de las ondas electromagnéticas lo convirtieron en un protagonista vital para la comunidad científica francesa. Fue secretario general de la Sociedad Francesa de Física, amplió el laboratorio de física de la ENS durante su mandato y lo mantuvo funcionando durante los tiempos difíciles de la Gran Depresión, hasta retirarse en 1937. El gran inventor estuvo tan involucrado en el diseño de los planos de construcción y las especificaciones técnicas del laboratorio que el director de la ENS sugirió agregar

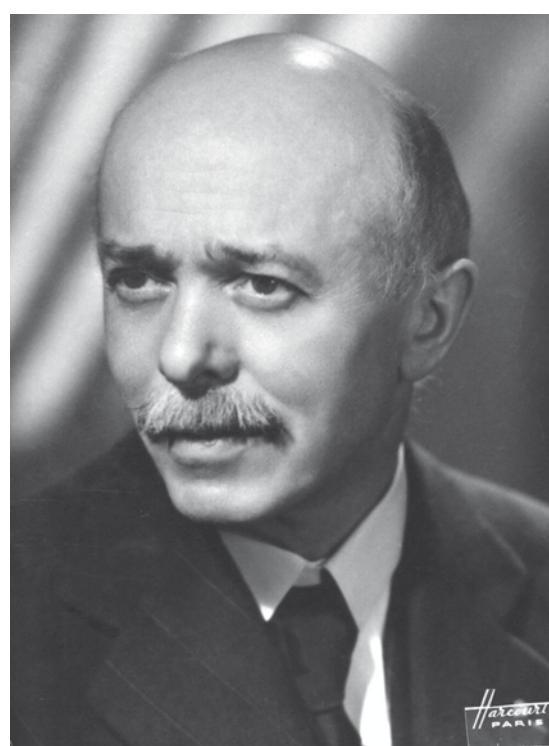


Figura 3. Georges Bruhat (1887-1945). Retrato realizado en el Studio Harcourt de París alrededor de 1930. (Fotografía cortesía de École Normale Supérieure).

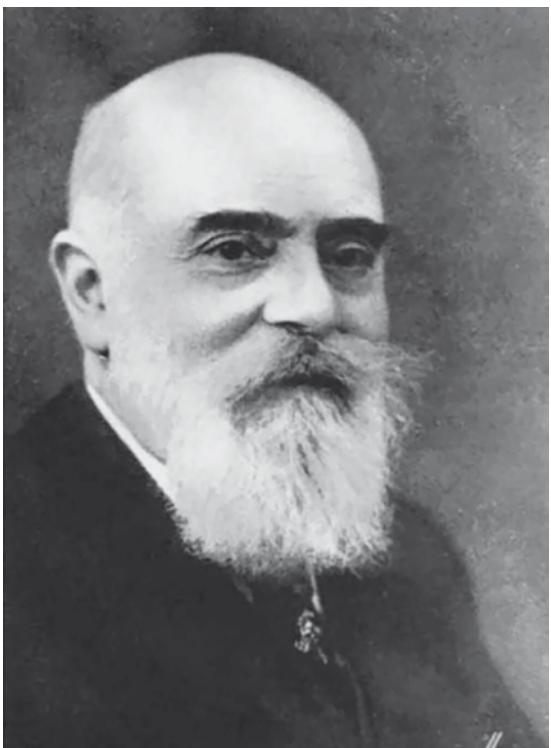
un certificado de arquitectura a la lista de títulos académicos de Abraham.

El 1 de septiembre de 1939 la Alemania nazi invadió Polonia y el 10 de mayo de 1940 atacó Francia y los Países Bajos. Abraham salió de París con órdenes de unirse a la sección técnica de artillería en Burdeos. Despues del armisticio de junio de 1940 entre Alemania y Francia, se reunió con su familia en Aix-en-Provence. En 1942, las tropas alemanas ocuparon el resto de Francia. Henri Abraham fue arrestado la noche del 23 de junio de 1943. Fue llevado a Marsella con su hija mayor, quien no quiso dejar a su padre enfermo. De allí fueron trasladados a Drancy, una ciudad al noreste de París con un campo de internamiento por el que pasaron la mayoría de los judíos franceses y otros deportados antes de ser enviados a los campos de exterminio en Alemania y Polonia. Padre e hija permanecieron allí brevemente antes de ser deportados a Auschwitz. Al llegar, lo más probable es que Abraham fuera enviado directamente a las cámaras de gas.

Eugène Bloch: Bajo el hechizo de la cuántica

Eugène Bloch (Figura 5) nació el 10 de junio de 1878, dos años después que su hermano mayor, Léon, en el pequeño pueblo de Soultz, en Alsacia. Nacieron pocos años después de la anexión de Alsacia a Alemania. Debido a que su padre quería que sus hijos recibieran una educación francesa, vendió su pequeña fábrica de tejido de seda y se mudaron a París. Los dos hermanos sobresalieron durante el bachillerato en Louis-le-Grand, en el que Abraham enseñó, y ambos entraron más tarde a la ENS. Exploraron diferentes campos, como la

Figura 4. Henri Abraham (1868-1943). Retrato realizado en el Studio Harcourt de París hacia 1935. (Tomado de la ref. 1; disponible en Wikimedia Commons).



filosofía y la botánica, antes de dedicarse ambos a la física. Tras ser profesor del Lycée Saint-Louis por más de una década —en medio de la cual fue designado al servicio de telegrafía militar junto a Abraham— Eugène se convirtió en profesor de Física y Química de la ENS en 1920.

Bloch fue un profesor excepcional. Fue él quien incitó a Alfred Kastler a estudiar los trabajos de Arnold Sommerfeld en el entonces naciente campo de la mecánica cuántica. Las clases de Bloch eran

claras y llenas de ingenio. En un período de diez años escribió cuatro libros: sobre la teoría cinética de los gases, sobre los fenómenos termoiónicos, sobre su experiencia de física aplicada trabajando en el servicio de telegrafía militar y, quizás el más notable de ellos, sobre la teoría cuántica. Esta obra temprana sobre la mecánica cuántica fue considerada «la biblia» entre los físicos franceses durante las décadas siguientes.

Eugène Bloch llevó a cabo sus primeras investigaciones en la floreciente área de la física atómica, dentro de la cual se enfocó en la conexión entre los fenómenos de ionización y fosforescencia. Aquel trabajo estimuló su interés por la ionización producida por la luz ultravioleta —el efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz en 1887. Bloch fue uno de los primeros en demostrar la importancia de operar con luz monocromática. Sus publicaciones de 1908 y 1910 brindaron un apoyo sustancial a la explicación teórica del efecto fotoeléctrico propuesta por Albert Einstein en 1905, la que acabaría siendo reconocida con el premio Nobel unos años más tarde.

Debido a su amplia experiencia en el manejo de la luz ultravioleta, Bloch dedicó el resto de su carrera a la espectroscopía. A partir de 1912 orientó su trabajo a proveer datos experimentales precisos que sirvieran a la nueva teoría cuántica. Desarrolló con notable ingenio el primer espectrógrafo de vacío que usaba una red de difracción de reflexión cóncava, lo que le permitió alcanzar longitudes de onda de 20 nanómetros, más allá del ultravioleta lejano. Las tablas de longitudes de onda hechas con el espectrógrafo, de 30 elementos químicos y sus diversos iones, siguen en uso en la actualidad.

Eugène Bloch sucedió a Abraham como director del laboratorio de física y supervisó la finalización de su nuevo edificio, en el que ambos habían trabajado, en 1937. Tres años más tarde el régimen de Vichy decretó que los judíos ya no podían ocupar cargos públicos, por lo que Bloch tuvo que irse. En octubre de 1941, él y su hermano Léon abandonaron rápidamente París y lograron cruzar clandestinamente la línea de demarcación para refugiarse en Lyon, que estaba en la «Zona Libre». Fueron recibidos calurosamente por sus colegas científicos de la Universidad de Lyon.

Léon escribió un panfleto satírico dirigido a Philippe Pétain, jefe de estado del régimen de Vichy, por el cual fue arrestado. Aquel arresto finalmente salvó su vida. Eugène, mientras tanto, se refugió en diferentes lugares bajo una identidad falsa. Intentó sin éxito cruzar la frontera suiza y acabó ocultándose en las montañas. El 24 de junio de 1944 fue arrestado por la Gestapo y enviado a Drancy. Unas semanas más tarde fue deportado a Auschwitz, donde encontró el mismo fatídico destino que Henri Abraham.



Figura 5. Eugène Bloch (1878-1944). (Fotografía cortesía de la École Normale Supérieure).

Georges Bruhat: Maestro de la luz

Los tres directores fundadores del laboratorio de física de la ENS se siguen unos a otros en edad en aproximadamente una década. Bloch nació diez años después de Abraham, y Bruhat lo hizo el 21 de diciembre de 1887, nueve años más tarde que el primero. Ingresó en la ENS en 1906 y acabó su tesis doctoral en 1914, poco antes de que comenzara la Primera Guerra Mundial. Mientras completaba su trabajo de tesis sobre la dispersión anómala del poder rotatorio molecular, bajo la dirección de Aimé Cotton, enseñó en el Lycée Buffon de la *Rive gauche* parisina. Bruhat entró al ejército francés en 1915 y recibió la *Croix de Guerre* por sus contribuciones a la detección acústica de cañones.

Después de la guerra, Bruhat fue contratado en la Universidad de Lille, unos cientos de kilómetros al norte de París, y fue promovido a catedrático en 1921. Un año más tarde, su esposa Berthe, profesora de filosofía, dio a luz a su hija Jeanne, y poco después, en 1923, a Yvonne, quien también acabó convirtiéndose en física. No fue hasta 1927 que Bruhat obtuvo una cátedra de física estelar en París, en la Sorbona. Su preferencia por esa área de la astronomía le llevó a escribir dos libros de divulgación de alto nivel: *Le soleil* (El Sol) y *Les étoiles* (Las estrellas). Su hijo, el matemático François Bruhat, nació en 1929. Tras el retiro de Abraham, Bruhat se convirtió en el director adjunto del laboratorio de física de la ENS, bajo la dirección de Bloch. Y cuando éste fue despedido con el pretexto de las leyes antisemitas del régimen de Vichy, Bruhat, quien no era judío, se convirtió en el director en funciones.

Georges Bruhat era un experto de primer nivel en óptica y estaba especializado en medios cristalinos anisotrópicos, que se volvieron importantes para el desarrollo de la física del estado sólido después de la Segunda Guerra Mundial. Preparó varios experimentos con luz polarizada circularmente, tanto visible como ultravioleta, y estudió fenómenos como el dicroísmo circular y la birefringencia por compresión. Se interesó en la termodinámica y, pese a ser esencialmente un físico experimental, también fue un teórico consumado; de hecho, en 1926 recibió un premio de la Fundación Bécquerel por su trabajo en física teórica.

Además de sus importantes contribuciones a diferentes campos de la física, Bruhat dejó un precioso legado a la comunidad científica. Fue un prolífico escritor de libros de texto, y en el lapso de una década escribió un tratado de cuatro volúmenes sobre electricidad (1924), termodinámica (1926), óptica (1930, con la sexta edición publicada en 1965 por Kastler) y mecánica (1934). Juntos constituyeron su curso de física general. El libro de óptica, sin duda el más completo de todos, continúa sirviendo de referencia en muchos aspectos de óptica experimental. Los físicos franceses siguen considerando que estos volúmenes están en-

tre los libros más importantes de su educación; los llaman, sencillamente, los *Bruhats*.

En el verano de 1944, el director de la ENS Jérôme Carcopino, quien había colaborado con el régimen de Vichy, decidió abandonar París en previsión de la llegada de las fuerzas aliadas. Puso a Bruhat, entonces director adjunto de la ENS, a cargo de la misma. Y ésta es la razón por la que acabó siendo interrogado por la Gestapo en relación al paradero del estudiante de literatura. La hija de Bruhat, Yvonne, nunca tuvo la oportunidad de despedirse de su amado padre [4].

La familia de Bruhat se aferró a la esperanza de que regresaría eventualmente a casa en algún momento. Yvonne continuó con sus estudios mientras intentaba obtener información sobre el paradero de su padre. Debido a que era católica en aquel momento, acudió al capellán de la ENS en busca de ayuda. El capellán le preguntó «¿Tu padre era católico practicante?». Cuando Yvonne respondió que no lo era, el clérigo respondió: «Bueno, entonces rezaré por él» [5]. No fue hasta la primavera de 1945 cuando el nuevo director de la ENS informó a

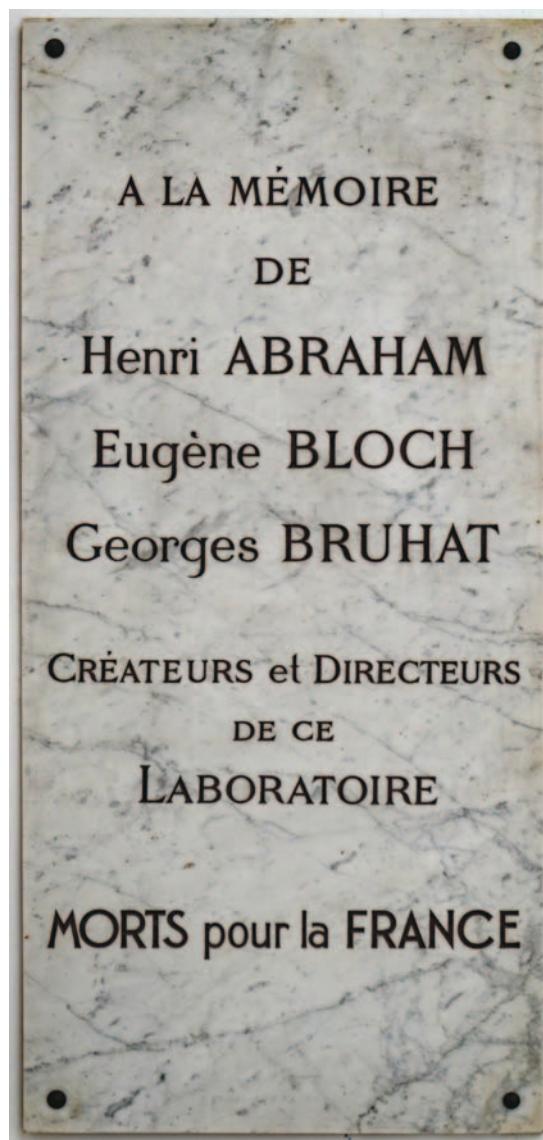


Figura 6. Memorial para “los tres físicos”. La placa se encuentra a la entrada del Laboratorio de Física de la École Normale Supérieure. (Fotografía cortesía de Sébastien Balibar).

la familia que Georges Bruhat había sucumbido a la inmundicia y las enfermedades del campo de concentración.

El premio de “los tres físicos”

El horrendo destino común que enfrentaron estos tres físicos pasó los primeros años tras la Segunda Guerra Mundial virtualmente sin ser mencionado. En particular, pocos reconocieron la desinteresada y valiente negativa de Bruhat de ceder a las demandas nazis. El silencio se debió, al menos en parte, al hecho de que en la posguerra los franceses colocaron a todos en tres categorías: miembros de la Resistencia, víctimas judías del Holocausto o colaboradores vilipendiados.

Pero Bruhat no encajaba del todo en ninguna de esas categorías y algunas personas incluso difundieron rumores de que, dado que no se había unido a Charles de Gaulle en el Reino Unido, debió haber sido un colaborador nazi. Eso era falso, por supuesto. Se había sentido en el deber de permanecer en París para mantener el laboratorio en funcionamiento y ayudar a los estudiantes a escapar de los nazis y encontrar trabajos con nombres falsos. Como Abraham y Bloch, lo pagó con su vida.

Para resguardar del olvido esta historia y honrar la memoria de los tres grandes físicos, Hélène Bloch, viuda de Eugène, aportó el capital inicial para un premio denominado, sencillamente, *le prix des trois physiciens*, “el premio de los tres físicos”. Desde 1951 este premio se entrega anualmente (y principalmente) a físicos afiliados a la ENS. Para los galardonados, el premio significa no sólo un reconocimiento al valor del trabajo realizado, sino también una distinción cargada de simbolismo y muy preciada dentro de la familia de la ENS. De hecho, los premiados lo perciben, más que como un premio de gran respeto, como un legado para seguir adelante en la permanente lucha contra el racismo y el fascismo.

Comenzando con Jean Cabannes en 1951, los galardonados incluyen a Robert Oppenheimer en 1958, los premios Nobel Louis Néel en 1963, Alfred Kastler en 1965, Claude Cohen-Tannoudji en 1986 y Walter Kohn en 2002, Jean-Claude Pecker en 1969, Edith Falgarone en 2018, y, más recientemente, Vincent Hakim en 2019, entre otros [6].

Para conmemorar a los tres físicos, la ENS ha instalado una placa (Figura 6) en la entrada del laboratorio de física que cada uno de ellos ayudó a diseñar y construir. Está destinada a recordar a los alumnos de la ENS que los tres físicos representaron lo mejor de Francia. Tres hombres unidos en la muerte así como lo estuvieron en la vida. Su laboratorio se erige hoy como el producto de sus logros conjuntos y como un recordatorio de los brutales crímenes de los nazis contra la humanidad.

Agradecimientos

La idea de este artículo surgió de las conversaciones que una de nosotros (DeWitt) tuvo con Jean-Claude Pecker e Yvonne Choquet-Bruhat, a quienes está dedicado. Agradecemos a Christophe Salomon y Sébastien Balibar, ambos físicos de la École Normale Supérieure, galardonados con el premio de los tres físicos en, respectivamente, 2004 y 2007, y a Daniel Choquet, nieto de Georges Bruhat e hijo de Yvonne Choquet-Bruhat. Sin su valiosa ayuda este artículo no habría sido posible.

Referencias

- [1] B. CAGNAC, *Les trois physiciens: Henri Abraham, Eugène Bloch, Georges Bruhat, fondateurs du Laboratoire de physique de l'École Normale Supérieure* (Éditions Rue d'Ulm, 2009).
- [2] S. ISRAËL, *Les études et la guerre: Les normaliens dans la tourmente (1939-1945)* (Éditions Rue d'Ulm, 2005).
- [3] Y. CHOQUET-BRUHAT, *Une mathématicienne dans cet étrange univers: Mémoires*, Odile Jacob (2016); *A lady mathematician in this strange universe*, World Scientific (2018).
- [4] Conversaciones privadas con Chris DeWitt.
- [5] Y. CHOQUET-BRUHAT, *Une mathématicienne dans cet étrange univers: Mémoires*, Odile Jacob (2016); *A lady mathematician in this strange universe* (World Scientific, 2018).
- [6] La lista completa está disponible en www.phys.ens.fr/spip.php?article2180.

Chris DeWitt
Abogada
Austin, Texas (EE. UU.)



José Edelstein
Instituto Galego de Física de Altas Energías,
Dpto de Física de Partículas,
Universidad de Santiago de Compostela



Bayram Tekin
Dpto. de Física, Middle East Technical University, Ankara (Turquía)

