

UN TESTIMONIO DEL INTERÉS DE EINSTEIN POR LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS

SANTIAGO REMENTERÍA SANZ
Arteche Centro de Tecnología (Mungia, Bizkaia)

Resumen

En este artículo se analiza una carta fechada por Albert Einstein en Bilbao al regreso de su viaje a Sudamérica en 1925. Tras repasar algunos detalles de las escalas realizadas en aquella ocasión en puertos españoles, incluyendo comentarios publicados en la prensa local y fragmentos del propio diario de viaje de Einstein, se profundiza en el contenido y contexto de la misiva, lo cual permite recordar una faceta apenas resaltada en las semblanzas del científico: su interés permanente por las aplicaciones tecnológicas y su propia implicación personal en la invención de dispositivos electromecánicos.

Abstract

In this paper a letter dated by Einstein in , , on his boat trip back from is analysed. Some details of the Spanish ports of call during that trip are provided, including comments by the local press and fragments of Einstein's own travel diary. We then go more deeply into the contents and context of the letter, which allows us to recall an aspect barely highlighted in Einstein biographical sketches: his permanent interest in technical applications and his own personal involvement in the invention of electromechanical devices.

Palabras clave: Brújula giroscópica, Albert Einstein, Bilbao, Tecnología, España, Siglo XX
Keywords: Gyrocompass, Albert Einstein, , , 20th century

Recibido el 17 de septiembre de 2009 – Aceptado el 15 de marzo de 2010

INTRODUCCIÓN

En 2005, con motivo del centenario de la publicación en la revista *Annalen der Physik* de una serie de artículos suyos que resultarían clave para la física del siglo XX, se recordó profusamente la presencia en 1923 de Albert Einstein en España a su retorno de un periplo por países asiáticos [SÁNCHEZ RON y ROMERO, 2005; GLICK, 1986]. Apenas se ha difundido, en cambio, la breve estadía del científico en varias ciudades del litoral ibérico y canario con ocasión de su viaje a Sudamérica entre los meses de marzo y mayo de 1925.

Aquel año, a la vuelta de su gira por Argentina, Uruguay y Brasil, Einstein redactó una carta en aguas cantábricas y la dató en Bilbao. El contexto y contenido de la nota justifican la ampliación de la imagen del científico más allá de su actividad principal como físico teórico, a la vez que desmienten la percepción deformada del sabio alejado de los detalles experimentales y la vida práctica en general.

A continuación se describe el tránsito de Einstein por varios puertos españoles con ocasión de aquel viaje, reconstruyendo algunos detalles a partir de información publicada en los periódicos locales de varias provincias e intercalando fragmentos de su diario de viaje. Después de presentar y traducir la carta manuscrita, se describe el perfil de las personas citadas en la misiva para comprender las circunstancias de su relación con el físico alemán. Esta relación, de carácter empresarial, podría resultar inesperada en un personaje que con el paso del tiempo ha devenido en un icono de la ciencia básica y el pensamiento abstracto, por lo que finalmente repasaremos la evidencia del interés por los inventos y dispositivos técnicos demostrado por Einstein a lo largo de los años¹.

1. LA TRAVESÍA A SUDAMÉRICA

A mediados de los años veinte del siglo pasado Bilbao, Vigo, Lisboa y Santa Cruz de Tenerife se venían afianzando como puertos de interés en los viajes regulares de pasajeros, y se contaban entre las escalas de la ruta marítima que unía Alemania con ciudades de América del Sur. Los trasatlánticos más espectaculares, descritos en la prensa de la época como verdaderos palacios flotantes, contaban con todo tipo de servicios y “adelantos modernos”, desde “médicos, cocineros y camareros españoles”, hasta “salones de fumar, de música, de lectura, peluquería, palmarium, gimnasio, sala de esgrima, orquesta, guñol, cámara oscura, florista y almacén de novedades” [EL NOTICIERO BILBAÍNO, 29 de marzo, 1922].

Uno de estos trasatlánticos era el *Cap Polonio*, de 20.600 toneladas, en el que viajaba Einstein. El vapor que, procedente de Hamburgo, había hecho su primera escala en Boulogne sur Mer, fondeó en el puerto exterior del estuario vizcaíno del Abra el domingo 8 de marzo de 1925: “Primera vez que brilla el sol. Alrededor de las 11h nos acercamos a Bilbao. Mar turquesa, orilla con colinas, primero plateada luego bajo un sol resplandeciente” [EINSTEIN, 1925a, p. 2].

El comité de recepción que esperaba para cumplimentar al científico estaba formado por el secretario de la Comandancia de Marina de Bilbao, Ramón Rodríguez de Trujillo, el cónsul de en aquella ciudad, Sr. Etcheverry, y los señores Edmundo Couto y Joaquín de Arisqueta. Según la prensa bilbaína, con el primero de ellos “el profesor Einstein sostuvo larga y animada conversación sobre los profundos temas de la teoría de la relatividad” [LA GACETA DEL NORTE, 10 de marzo, 1925; EL PUEBLO VASCO, 10 de marzo, 1925]. La presencia de Etcheverry se supone meramente protocolaria y sugerida por el destino final del célebre viajero. Edmundo

Couto representaba a la casa consignataria de en Bilbao, propietaria del vapor de gran lujo en el que viajaba el catedrático de Berlín y que cubría una línea anunciada como “extra rápida” hasta Buenos Aires. Arisqueta era ingeniero de minas y cerraba el equipo de bienvenida como representante del sector minero, uno de los principales tractores de la economía vizcaína, aunque ya en franco declive, y también como portavoz del grupo profesional con mayor formación científico-técnica de físico no se sintió intimidado, a juzgar por lo recogido en su diario [EINSTEIN, 1925a, p. 2]:

Muchos curiosos subieron al barco. Españoles curiosos, no cansados o presuntuosos, infantiles, seguros de sí mismos, las mujeres con pelo, ojos negros y pañuelos enlazados en del sol agradecido, arriba del todo.

Aquel día las temperaturas en la zona fueron suaves, y hubo quien aprovechó la escala para desembarcar y visitar la zona costera². Un grupo más numeroso de pasajeros, entre los cuales no se encontraba Einstein, decidió pasar la mañana en Bilbao. Pasearon en taxi y degustaron la cocina local en los restaurantes de la capital, encontrándose con numerosos problemas a la hora de intentar cambiar moneda extranjera [LA TARDE, 9 de marzo, 1925].

A pesar de que en Madrid se afirmó que Einstein fue “cumplimentadísimo” [ABC, 10 de marzo, 1925], los diarios vespertinos bilbaínos lamentaban que su presencia no hubiera sido conocida de antemano, “pues seguramente hubiese recibido de los intelectuales bilbaínos el merecido homenaje” [EL NERVIÓN, 9 de marzo, 1925]³. Por la tarde el buque de más de doscientos metros de eslora partió rumbo a Vigo, donde llegó al día siguiente [EINSTEIN, 1925a, p. 3]:

Casi todo el día al sol. Por la mañana desembarque en Coruña, por la tarde en Vigo, bahía rodeada de islas montañosas con fascinante poblacho con forma de pintoresca azotea. (A la tarde conversaciones sobre lógica) Riqueza de colores y puesta de sol en Vigo, incomparable. El sol del sur embriaga.

El ilustre pasajero no fue objeto de ninguna atención especial durante su breve estancia en el puerto gallego, de donde el *Cap Polonio* salió hacia Lisboa tras recoger a casi medio centenar de pasajeros [EL FARO DE VIGO, 10 de marzo, 1925]. En la capital portuguesa Einstein desembarcó y disfrutó de una excursión por el castillo de San Jorge y el monasterio de los Jerónimos (“esta tierra decaída ejerce sobre mí una especie de nostalgia” [EINSTEIN, 1925a, p. 4]). El día 12 el trasatlántico se detuvo en las Islas Canarias: “Ya por la mañana (en el cielo bastante despejado) tanto calor que no se siente si la ventana del camarote está abierta. (...) Navegado a lo largo de Tenerife. Espadas en el brillo solar. Magnífica iluminación de las verdes alturas escarpadas” [*Ibid.*, p. 5].

Desde allí la travesía continuó hasta Río de Janeiro, Santos y Montevideo para, finalmente, atracar en Buenos Aires el 25 de marzo. La prensa no exageraba al afir-

mar que a su llegada a la Argentina fue saludado por “nutridas representaciones” académicas [EL NOTICIERO BILBAINO, 29 de marzo, 1925].

2. REGRESO A EUROPA

Durante su visita a Sudamérica Einstein impartió dieciocho conferencias y lecciones en círculos científicos, filosóficos y sociales, mantuvo entrevistas con intelectuales, políticos y autoridades locales, atendió a la prensa (incluyendo varias colaboraciones escritas), y fue objeto de homenajes y agasajos diversos en las ciudades de Buenos Aires, La Plata, Córdoba, Montevideo y Río de Janeiro [GANGUI y ORTIZ, 2005; JOSKOWICZ y SOTELO, 2005; MOREIRA y VIDEIRA, 1995].

Los diarios habían adelantado con ocasión del viaje de ida que Einstein regresaría en el mes de mayo y que volvería a pasar por Bilbao [EUKADI, 10 de marzo, 1925]. Sin embargo, llegado el día, ni los periódicos comentaron tal circunstancia ni tuvo lugar recepción o saludo oficial alguno. La estancia en aguas vizcaínas del vapor *Cap Norte*, de 13.600 toneladas, que había partido de Río de Janeiro el 12 de mayo, fue breve y tuvo lugar el 28 de aquel mismo mes. La víspera se había detenido en Vigo, donde desembarcaron veinticinco sacas de correspondencia y casi doscientos pasajeros [EL FARO DE VIGO, 27 de mayo, 1925]. Entre el centenar restante a bordo se encontraba un Einstein deseoso de llegar a Alemania tras los numerosos compromisos que había tenido que atender desde su partida⁴. El día 31 de mayo quedaba registrada su entrada en la Oficina de Emigración de Hamburgo: “Einstein, Prof. Dr. Albert, erudito, camarote 42 [primera clase], alemán” [AUSWANDE-RUNGSAMT, 1925]. Una semana después de su paso por los puertos españoles Einstein resumía así el reciente periplo americano: “Fue una gran agitación sin verdadero interés, pero también algunas semanas de descanso durante la travesía” [EINSTEIN y BESSO, 1994, pp. 219-220]. Ya al finalizar su estancia en Montevideo se había mostrado cansado: “Estoy con los nervios en cualquier cosa por no tener que subirme de nuevo al trapecio en Rio. Pero hay que aguantar” [EINSTEIN, 1925a, p. 32], aunque quizá la expresión más rotunda de su sentimiento se encuentra en la frase con la que cierra su diario de viaje: “Al fin libre, pero más muerto que vivo” [*Ibid.*, p. 41].

3. LA CARTA

A continuación se transcribe la comunicación redactada por Einstein en las inmediaciones de la capital vizcaína, así como la traducción del texto. El físico escribió íntegramente de su puño y letra la misiva, desde el lugar y fecha hasta la firma, en papel con el membrete de la línea propietaria del vapor en el que viajaba. Se trata de un documento breve en el que se esboza una idea constructiva para una aplicación concreta de la brújula giroscópica⁵. La nota, de motivación técnica, viene suscitada por una conversación reciente con otro pasajero [EINSTEIN, 1925b]:

HAMBURG-SÜDAMERIKANISCHE
DAMPFSCHIFFFAHRTS-GESELLSCHAFT

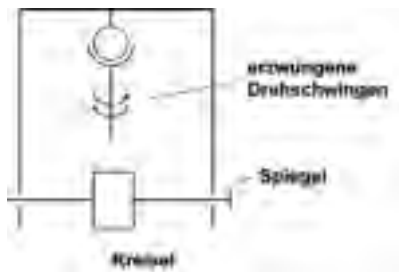
“CAP NORTE”

Bilbao 27.V.25.

Lieber Herr Dr. Glitscher,

Ich war auf einer Vortragsreise in Südamerika und bin nun auf der Rückreise. Man findet dort mehr gutsitzende Kleider als feine und interessante Kerle darin. Bei uns in Europa ist es doch immer noch besser und interessanter trotz der politischen und sonstigen europäischen Verrücktheiten.

Gestern stieg ein Herr auf das Schiff, den ich voriges Jahr in Kiel gesehen habe, und der sich für den Bergwerks-Kreisel interessiert. Er erzählte mir, dass die Schwierigkeiten mit dem Spiegel behoben seien, nicht aber diejenigen der Aufhängung. Er sagte mir auch, dass Sie es nun mit der schwimmenden Kugel probieren wollen. Da aber nach meiner Meinung die optischen Schwierigkeiten in diesem Falle sehr erhebliche sind, so möchte ich Ihnen eine Möglichkeit unterbreiten, von der ich nicht weiss, ob sie von Euch schon in Betracht gezogen worden ist.



Man hängt den Kreisel an einem Pfannengelenk auf, wobei man die vertikale Achse der Pfanne um die Vertikale genau symmetrische erzwungene (gegen die Schwingungsdauer) rasche Schwingen [sic] ausführen lässt. Es handelt sich also um dynamische Eliminierung der Lagerreibung. Ich glaube, dass man auf diese Weise die Freiheit von systematischen Störungen besser erzielen kann als bei Verwendung eines Aufhängedrahtes. Über die Art, wie die Drehschwingungen am bequemsten und am besten symmetrisch erzeugt werden können, mache ich lieber keinen Vorschlag, da Ihr dies besser beurteilen könnt.

Mit den besten Grüßen an Herrn Anschütz –wenn er da ist–, an Herrn Richter, an die Ihrigen und an Herrn Otto,

Ihr

A. Einstein

COMPañÍA DE NAVEGACIÓN DE VAPORES
HAMBURGUESA-SUDAMERICANA

“CAP NORTE”

Bilbao 27.V.25.

Estimado Sr. Dr. Glitscher,

Estuve en una gira de conferencias en Sudamérica y ahora me encuentro realizando el viaje de regreso. Uno encuentra allí más ropas que sientan bien que individuos elegantes e interesantes. Donde nosotros en Europa es aún mejor y más interesante, a pesar de la política y otras locuras europeas.

Ayer embarcó un señor que vi el año pasado en Kiel y que está interesado en el giroscopio para minería. Me contó que se habían resuelto las dificultades con el espejo, pero no las de dijo también que quieren probarlo ahora con la esfera flotante. Como, sin embargo, según mi opinión, las dificultades ópticas en este caso son muy notables, me gustaría proponerle una posibilidad, no sé si ya habrá sido considerada por Vds.



Se suspende el giroscopio de una junta de rótula mientras se hace que el eje vertical de la rótula realice oscilaciones rápidas forzadas (comparadas con el periodo de oscilación) exactamente simétricas alrededor de trata, por tanto, de la eliminación dinámica de la fuerza de rozamiento. Creo que de esta manera se puede conseguir liberarse de interferencias sistemáticas mejor que utilizando un cable de suspensión. Sobre el modo en que las oscilaciones de rotación pueden ser generadas de la forma más conveniente y simétrica, mejor no haré ninguna propuesta, puesto que pueden Vds. juzgarlo mejor ahí.

Con los mejores saludos al Sr. Anschütz –si está ahí–, al Sr. Richter, a su gente y al Sr. Otto,

Suyo

A. Einstein

* * *

En el texto Einstein se refiere a la escala que tuvo lugar en Vigo el día 26. En el puerto gallego embarcaron cuatro pasajeros de primera clase y otros cuatro de tercera. La persona con el que entabló conversación y que, de esa forma, dio pie a la carta objeto de nuestra atención era el ingeniero de montes y minas, y geólogo Dr. Karl Lehmann⁶.

Además de su curiosidad por tratarse de un documento datado en Bilbao, la carta da pie a dos comentarios. Por una parte llama la atención la crudeza con la que el profesor compendia su experiencia sudamericana, aunque no es ésta la única vez que manifestó tal percepción sobre sus anfitriones en los dos meses que duró el viaje. Si bien es cierto que algunas de las personas que conoció o de las que tuvo noticia le causaron una buena impresión, y se declaró admirado por el entorno natural y las mezclas étnicas de aquellas latitudes, su diario recoge opiniones poco favorables sobre algunos de los viajeros, colegas y miembros de las comunidades judía y alemana con los que tuvo contacto⁷.

Con todo, el aspecto más interesante de la carta es el testimonio que supone de la faceta inventora del científico. Frente a la imagen extendida del físico matemático entregado a investigaciones de escasa aplicación inmediata, lo cierto es que Einstein siempre conservó un interés por la técnica y los dispositivos prácticos. Es unánimemente reconocido su perfil teórico, incluyendo la capacidad para concebir conceptos originales y abstractos desde el ámbito atómico hasta los procesos de escala cosmológica. Sin embargo, en el Einstein real esta preponderancia del pensamiento teórico, alejado de los detalles materiales del laboratorio, convivió con un gusto por el diseño y la construcción de dispositivos técnicos que le llevó a ser plenamente consciente de la relevancia y las dificultades del trabajo experimental.

A bordo del *Cap Norte*, un encuentro casual en el que se menciona un reto tecnológico basta para activar los resortes mentales adecuados. La actitud de Einstein no es meramente especulativa y, ante la posibilidad de haber tenido una idea viable, se la comunica sin dilación a la persona responsable del proyecto de desarrollo industrial. Finalmente, sin embargo, la propuesta técnica apuntada en esta nota no fue tenida en consideración, pues aquel mismo verano Karl Glitscher, su destinatario, abandonó el proyecto. El prototipo de teodolito giroscópico finalmente desarrollado por *É & Co.* no llegó a ser comercializado.

4. LA RELACIÓN DE EINSTEIN CON ANSCHÜTZ & CO.

Hermann Franz Joseph Hubertus Maria Anschütz-Kaempfe (1872-1931) era el fundador y director de la compañía que llevaba su nombre, y en la que se diseñaban y fabricaban instrumentos de navegación giroscópica. Doctor en historia del arte y explorador en su juventud, en 1905 estableció su empresa en la ciudad de Kiel y tres años después empezó a comercializar la primera brújula giroscópica práctica para navegación marítima, un dispositivo cuyo fundamento había patentado en 1903 y

que servía para señalar el norte geográfico independientemente del campo magnético terrestre, sin verse afectado por el metal del casco y compensando los cambios de orientación de la nave.

El éxito comercial de *Anschütz & Co.* fue enorme, y en 1914 esta empresa denunció a *Company* por violación de patentes. En el juicio que se celebró Einstein fue llamado a testificar como experto imparcial y, tras algunas vacilaciones iniciales, en su declaración final se mostró favorable a las tesis de la compañía alemana, que finalmente ganó el caso [EINSTEIN, 1915].

Después de conocerle en el pleito contra Sperry, Anschütz-Kaempfe profundizó en su relación con el perito a través del físico –y maestro de grandes físicos– Arnold Sommerfeld (1868-1951), con quien había trabado amistad a raíz del desarrollo de su primera brújula giroscópica. El industrial y Einstein congeniaron pronto, compartiendo afinidades tales como la música y la navegación a vela, así como el gusto por la ciencia y la investigación frente a los aspectos más comerciales relacionados con realizar informes periciales en otros litigios sobre propiedad industrial, Einstein abandonó su posición imparcial y pasó a ejercer como asesor técnico de Anschütz-Kaempfe durante varios años. Con el tiempo, su confianza con el empresario le llevaría incluso a enviar a su primogénito Hans Albert como aprendiz a la planta de Kiel.

La correspondencia conocida entre ambos hombres (más de cincuenta cartas) contiene confidencias, revela aficiones comunes y evidencia la amistad que les unía [LOHMEIER y SCHELL, 2005]. Dejando a un lado su vertiente más personal, el interés de este material radica en la perspectiva inesperada que aporta del físico teórico. El grueso de las comunicaciones se centra en la descripción de dispositivos electromecánicos relacionados con giroscopios y sus aplicaciones. Son frecuentes las propuestas y esquemas de mecanismos y circuitos eléctricos, conjeturas sobre materiales, estimación y medida de precisiones, resultados de ensayos y correcciones de errores cometidos en decisiones previas. La carta enviada a Glitscher desde Bilbao es una de las pocas que, formando parte de este corpus epistolar, no están remitidas directamente a Anschütz, sino a un colaborador suyo.

A partir de la primera visita a Kiel en 1915 para conocer a fondo el equipo de Sperry implicado en la disputa judicial, su relación con Anschütz llevaría a Einstein a viajar a aquella ciudad en al menos una decena de ocasiones (su última participación como testigo experto en litigios sobre patentes relacionadas con *Anschütz & Co.* tuvo lugar en 1922). La relación más intensa se daría entre 1920 y 1926, periodo en el que Einstein pasó allí tres vacaciones veraniegas con sus hijos. La última vez que disfrutó junto con su familia del que denominó “bello escondite” del norte de Alemania “donde refresco un poco mis reminiscencias técnicas” [EINSTEIN y BESSO, 1994, p. 218] fue, precisamente, en el verano de su viaje a Sudamérica. Dos años antes había estrenado el apartamento preparado por Anschütz para él en la

planta baja de una casa a orillas del estuario del río Schwentine, donde siempre le esperaba un velero con el que disfrutaba navegando por el fiordo de Kiel.

En 1922, unos días después del asesinato en Berlín de su amigo Walther Rathenau, influyente industrial y ministro de asuntos exteriores del Reich durante la República de Weimar, Einstein y su esposa fueron huéspedes de Anschütz durante una semana. El físico, “profundamente conmovido” en sus propias palabras [EINSTEIN, 1922a], llegó a considerar la opción de abandonar la capital alemana y trasladarse a orillas del mar Báltico para trabajar en *Anschütz & Co.* Ante tan inesperada propuesta, el asombrado empresario escribía a Sommerfeld [ANSCHÜTZ-KAEMPFE, 1922]:

Einstein está cansado de Berlín con todo lo que conlleva de visitas y compromisos oficiales y quiere centrarse, horrible scriptu, en la parte técnica de las cosas; me preguntó primero si le podría utilizar, y si sería de valor en mi fábrica. Eso se da por supuesto, desde luego, pues ya me siento en deuda con él por algunos buenos consejos en cuestiones técnicas y siempre me fascinó y encantó su estilo y la habilidad con la que podía zambullirse en asuntos técnicos. Como imaginará la cuestión casi me asustó, pues no es poco figurar ante todo el mundo alejando a un famoso experto de trabajos más importantes; pero lo veo (...) como un deber y desde luego un deber muy agradable, el apoyar a Einstein en su vuelo desde Berlín a la relativa paz de aquí ...

En mi fábrica podría al menos encontrar tareas que le interesen y que impliquen más relajación que trabajo y quiero asegurarme de que haga cosas a las que le predestinan sus dones. Así que un amable destino me ha impuesto una gran tarea; me encargaré de hacerle justicia. Y no puede decirse que Einstein no signifique mucho para mí como colaborador; está tan interesado en la brújula esférica y trabaja con tal entusiasmo en todas las cuestiones complicadas que trae consigo esta construcción inusualmente atrevida, que no puedo pensar en nada mejor que poder venirle en cualquier momento con mis preocupaciones. Einstein ya ha visto una vieja casa aquí (...) me alegro de poder ayudarle en ello ...

El propio Einstein reconocía que “me encanta la perspectiva de una existencia humana casi normal en paz y tranquilidad, combinada con la bienvenida oportunidad práctica de trabajar en a este maravilloso paisaje, la navegación –envidiable” [EINSTEIN, 1922b]. Sin embargo, este anhelo no duraría más de una semana. El físico, superado el momento agudo de su crisis personal, racionaliza la situación y se retracta. “Adelante y riase de mi por mis vacilaciones; ¡lo merezco!”, le decía a Anschütz. El párrafo escrito por su esposa era más clarificador [EINSTEIN y EINSTEIN, 1922]:

Aquí [mi marido] ha pensado con calma sobre el asunto y ha llegado a una conclusión. [Tras el asesinato de Rathenau] sólo tenía el sentimiento: lejos de aquí para trabajar en paz. Creo que se da cuenta de que la idea de la paz es una ilusión. En ningún sitio puede desaparecer mejor que aquí en Berlín; en una ciudad pequeña está expuesto.

5. LAS PERSONAS NOMBRADAS POR EINSTEIN EN LA CARTA

Karl Glitscher

En esta sección se describe de forma breve quiénes eran las otras personas aludidas por Einstein en la carta que fechó en Bilbao. No se trata, en general, de personajes del renombre académico de los que pueblan sus biografías científicas, aunque sí que tuvieron relación con algunos de sus intereses personales durante los años veinte del siglo pasado.

El destinatario de la carta que nos concierne era un antiguo alumno de Sommerfeld que obtuvo el doctorado bajo su dirección y se incorporó al equipo de Anschütz-Kaempfe como colaborador científico en 1919. En su tesis doctoral Glitscher (1886-1945) favorecía la representación relativista del electrón de Einstein frente a la teoría del electrón rígido de Max Abraham en relación con las observaciones experimentales ya entonces disponibles [GLITSCHER, 1917].

Desde 1921 Glitscher venía manteniendo relación directa con Einstein para desarrollar una nueva solución constructiva de la brújula que asegurase que el eje de rotación del giroscopio se mantuviera en el plano horizontal incluso en las condiciones cambiantes de alta mar. Él era el encargado de concretar y desarrollar algunas de las ideas más prometedoras generadas por Anschütz y el director técnico de la empresa, para lo cual, siempre que fuera necesario, recurría al apoyo de expertos académicos externos.

Glitscher estuvo también a cargo del desarrollo de la bobina magnética anular que asegurase que la envolvente esférica que contenía el sistema giroscópico con varios motores, y que flotaba en un líquido libre de rozamientos, permaneciera perfectamente centrada. El concepto general de esta pieza clave había sido propuesto por Einstein, y con el tiempo constituiría la principal aportación de éste a la patente obtenida por Anschütz en 1926. Según Glitscher, “Einstein el sionista siempre entra en la tierra prometida, mientras que nosotros sólo la vemos desde la distancia” [GLITSCHER, 1921]. Los numerosos experimentos realizados en torno a los componentes magnéticos, la transmisión y alimentación del equipo que se describen en los informes que regularmente enviaba a Anschütz, muestran un trabajo detallado que solía recibir la aprobación de Einstein.

Glitscher se venía ocupando, así mismo, del diseño de un teodolito giroscópico para aplicaciones mineras, que es el desarrollo al que se refiere Einstein en su carta desde el *Cap Norte*. Esta misiva sería, además, la última que se cruzaron ambos físicos, pues aquel mismo verano Glitscher fue cedido temporalmente a *& Halske*, a la cual se incorporó definitivamente poco tiempo después y donde seguiría trabajando en la mejora de la brújula giroscópica y el desarrollo de aplicaciones como el horizonte artificial. Sommerfeld se mantuvo siempre en contacto con él y le recomendó en varias ocasiones para puestos docentes y de asesoría técnica [SOMMERFELD, 2004].

El comentario de Einstein cuando conoció la partida de Glitscher refleja cierta simpatía por él, aunque se alinea de forma inequívoca con Anschütz en la presumible colisión de éste con su empleado, cuyos detalles desconocemos: “Lo lamento por mí personalmente, pero no por la compañía, que se hayan librado de Glitscher. Más le habría valido ser un maestro de escuela, con su gusto por los pequeños detalles” [EINSTEIN, 1925c].

Karl Lehmann

Cuando Einstein coincidió con él a bordo del *Cap Norte*, Karl Lehmann (1883-1978) dirigía el área de prospección minera en una importante acería de Essen, Alemania. Había estudiado minería en la Academia de Montes de Berlín y más tarde Geología en la Universidad de Bonn, donde se doctoró en 1919. En los años treinta Lehmann asumiría la dirección de una mina de lignito en la zona de Colonia, y en 1942 fue nombrado profesor honorífico de Berlín [SPICKERNAGEL, 1973].

A lo largo de su extensa carrera realizó numerosas aportaciones técnicas y escribió casi doscientos trabajos, sin contar patentes, encargos ni exposiciones, e incluyendo varios libros, sobre las disciplinas objeto de su actividad profesional: prospección de minas, explotación de montes, procesamiento del carbón, y planificación y utilización del suelo. La indiscutida autoridad de Lehmann en estos campos en la Alemania de mediados de siglo no evitó que sus artículos de opinión despertaran alguna polémica en los debates sobre la reordenación de la cuenca del Ruhr en los años sesenta y setenta [HILBIG, 1978].

En la época de su encuentro con Einstein en aguas cantábricas, Karl Lehmann, un pionero en la aplicación práctica de la brújula giroscópica al sector minero, lideraba el desarrollo de un teodolito giroscópico para la prospección de yacimientos [LEHMANN, 1967]. Para este trabajo había solicitado la ayuda de *Anschütz & Co.*, donde le fue asignado el proyecto a Glitscher y en cuyas instalaciones de Kiel conoció a Einstein en 1924. En el viaje a España de 1925 Lehmann iba acompañado por su esposa⁸.

Otras personas relevantes

Anschütz abandonó la gerencia de su compañía en 1914 para centrarse en el rediseño completo de la brújula giroscópica y limitarse a la supervisión de las actividades técnicas de la empresa, su auténtica vocación. Fueron nombrados nuevos directores Maximilian Schuler (1882-1972) y Wolfgang Otto (1878-1957).

Einstein no mencionaba en su carta a Max Schuler porque en 1925 ya no formaba parte de la plantilla de *Anschütz & Co.* Ingeniero graduado por Munich, Schuler era quien había proporcionado a Anschütz los fundamentos teóricos para el desarrollo de la primera brújula giroscópica utilizable en barcos en alta mar (1907),

así como las mejoras posteriores que incorporaban un sistema multigiros cópico (1910). También diseñó un giroscopio para aplicaciones mineras predecesor del que acapararía el interés de Karl Lehmann en los años veinte. Schuler fue el responsable técnico de la compañía hasta 1922, año en que se incorporó como profesor de dinámica a la Universidad de Gotinga donde más adelante, entre 1934 y 1946, llegaría a ser Director del Instituto de Matemática Aplicada. En 1923 publicó la versión más general del denominado “efecto” o “sintonización Schuler”, descubrimiento fundamental para el correcto funcionamiento de sistemas de navegación inercial y brújulas giroscópicas en la superficie terrestre [SCHULER, 1923,1962].

Schuler sería un ejemplo del doble perfil industrial y académico que parecía buscar Einstein, si bien fugazmente, cuando ponderaba tan favorablemente la “oportunidad práctica de trabajar en la fábrica” que veíamos más arriba. Su sucesor como director técnico en la empresa fue Oskar Richter (?-1942), éste sí nombrado en la carta, que era ingeniero y vecino de Einstein en Kiel, y llegó a patentar algunas de sus invenciones en Alemania y Estados Unidos.

Otto, la última de las personas mencionadas por Einstein, era el responsable comercial de *Anschütz & Co.* Tras el fallecimiento de Anschütz-Kaempfe la empresa fue vendida a , y Otto continuó como accionista y director hasta el final de Wolfgang Otto documentó la primera vista judicial en la que participó Einstein como experto independiente en el caso contra *Sperry Gyroscope Co.* en 1914. Según su versión, el perito, cuya aportación juzgó superficial, no parecía estar bien preparado para la ocasión e incurrió en contradicciones. Esta pobre percepción mejoraría con el tiempo⁹.

6. FACETA INVENTIVA Y EXPERIMENTAL DE EINSTEIN

La carta redactada por el físico a bordo del *Cap Norte* refleja algo más que una mera curiosidad o un pasatiempo. Lo que este breve texto pone de manifiesto es el interés por la instrumentación y los mecanismos, y la inquietud inventora que de una forma u otra acompañaron a Einstein a lo largo de toda propia historia familiar y su primera experiencia laboral en el campo de la propiedad industrial podrían haberle predispuerto en mayor medida que a muchos de sus colegas académicos para apreciar actividades más cercanas a la ingeniería que a la ciencia básica. Su continuado interés en nuevos equipos e invenciones sugiere que, para Einstein, el diseño innovador de máquinas eléctricas, mecánicas o térmicas constituía una actividad compatible con la estrictamente científica, e igualmente creativa. Los célebres *Gedankenexperimente* que ilustran sus textos teóricos suponen la extensión del entorno experimental al ámbito imaginario, y su énfasis en la imaginación visual podría tener relación con su experiencia más empírica¹⁰.

Entre junio de 1902 y octubre de 1909, el periodo en que trabajó en de Patentes de Berna como experto técnico de tercera (hasta 1906) y segunda clase, Einstein tuvo

la oportunidad de analizar en detalle una multitud de equipos electromagnéticos y electromecánicos [SCHULMANN, 1993]. En pleno apogeo de la electrificación industrial y urbana, y con la aplicación creciente de la electricidad en el transporte (ferrocarril, tranvía) y las comunicaciones (radio, telefonía), el continente europeo fue testigo de la proliferación de dispositivos auxiliares para todo tipo de aplicaciones eléctricas. El joven físico contó así, en su puesto de trabajo, con la atalaya que le permitió adquirir una perspectiva global sobre el estado de la tecnología del momento.

En realidad, su contacto con la electrotecnia era previo, pues la empresa familiar de los Einstein se dedicó, primero en Múnich y después en Pavía y Milán, al diseño, la fabricación y comercialización de dinamos, motores eléctricos, contadores y equipos para iluminación, permitiendo que el joven Albert estuviera expuesto a la cultura técnica e industrial desde su infancia [PYENSON, 1990]. El interés real de Einstein por la tecnología eléctrica se desarrollaría en la escuela cantonal de Aarau, Suiza, y después en de Zúrich.

En los años anteriores a su ascensión al estrellato académico y mediático Einstein combinó su actividad teórica con un interés explícito en máquinas y dispositivos electromecánicos, tal y como atestigua, por ejemplo, la correspondencia con físicos experimentales y con sus amigos de juventud los hermanos Conrad (1876-1958) y Paul Habicht (1884-1948) [KLEIN *et al.*, 1995]. En estas cartas se habla con naturalidad de baterías, relés, contadores, interruptores automáticos y bombas de vacío, terminología más propia del mundo de la electrotecnia o la ingeniería eléctrica, y que evidencia un interés por aspectos prácticos distantes de la física teórica.

Las ocasiones más evidentes en las que la experiencia de Berna sería directamente aplicable fueron aquéllas en las que el propio Einstein solicitó patentes por invenciones de las que era coautor. Es el caso de la que denominaba “maquinita” (*Maschinchen*), un multiplicador de voltaje para amplificar pequeñas tensiones basado en una idea suya y en cuya construcción colaboró, precisamente, con los Habicht [MAAS, 2007].

También tuvo una componente inventiva la relación entre Einstein y Leo Szilard (1898-1964), aunque de esta conexión sólo suele recordarse que fue Szilard quien movilizó al primero en el verano de 1939 para que redactara la célebre carta al presidente estadounidense Roosevelt aconsejándole la financiación de las actividades encaminadas a la fabricación de una bomba atómica para adelantarse a la Alemania nazi. Más relevante para el tema que nos ocupa, sin embargo, es su colaboración de finales de los años veinte en Berlín para desarrollar una serie de sistemas de refrigeración sin partes móviles cuyas patentes vendieron a empresas europeas. Las invenciones se protegieron en forma de diecisiete patentes en distintos países europeos y Estados Unidos [ALEFELD, 1980; DANNEN, 1997].

En la primera mitad de los años treinta Einstein también obtuvo la patente para un audífono con el ingeniero Rudolf Goldschmidt (1876-1950), y otra con el médi-

co Gustav Bucky (1880-1963) por una cámara fotográfica con ajuste automático de la intensidad luminosa [TRAINER, 2006]. Aunque no llegarían a ser patentados, los Archivos Einstein contienen documentación sobre otras ideas inventivas de Einstein y Bucky: un medidor óptico del nivel de líquido en recipientes, una vasija térmicamente aislada, e incluso un tejido impermeable. En 1935 registró una nueva patente aplicable en brújulas y horizontes artificiales giroscópicos que llegó a presentar en persona a la compañía *Sperry*.

Aproximadamente a partir de la época de su viaje a Sudamérica, Einstein dejó de realizar contribuciones capitales a la física –quizá la última reseñable fuera su tratamiento de la estadística cuántica molecular de aquel mismo año–, y durante un tiempo, en torno a su cincuentena, llegó a redactar más documentos relacionados con patentes que artículos científicos de calado.

Aunque sus principales logros científicos fueron realizados en solitario, para la actividad experimental Einstein siempre contó con colaboradores. Según la forma de trabajar que revela la correspondencia con Anshütz-Kaempfe, las contribuciones de Einstein eran inicialmente conceptuales, atacando los principios básicos de la solución, para dejar la construcción y prueba de prototipos en manos de terceros. En función de los resultados obtenidos podía, sin embargo, discutir los aspectos constructivos con todo detalle. Los archivos revelan numerosas correcciones y propuestas de alternativas de diseño, una dinámica de ensayo y error que resulta inevitable en el desarrollo de mecanismos y equipos electromecánicos complejos y que, aunque menos elegante que los desarrollos teóricos tal y como se presentan a la comunidad científica en las publicaciones académicas, Einstein asumía con naturalidad.

Se puede afirmar que el físico conservó el rigor requerido en la evaluación de solicitudes de patentes tanto en sus escritos técnicos como a la hora de juzgar los ajenos. Claridad y concisión eran atributos que valoraba en las descripciones y alegaciones científicas, reconociendo que su celo en este sentido podía llegar a resultar excesivo: “Es posible que la cabalgada perpetua en mi propio caballo y las convenciones de la Oficina de Patentes hayan llevado mis estándares a alturas exageradas en este sentido” [EINSTEIN, 1917].

Además de como evaluador y solicitante de patentes, la tercera de las formas en que Einstein jugaría un papel activo en el mundo de la propiedad industrial fue ejerciendo de asesor, tanto en actividades de consultoría independiente como en calidad de testigo experto o perito en pleitos judiciales. Fue consultor técnico de empresas como la compañía alemana de telegrafía sin hilos, *Telefunken* (ambas en 1920) o *Siemens & Halske* (hacia 1928), entre otras [HUGHES, 1993]. Aunque medió en otros litigios sobre patentes [JANSSEN *et al.*, 2002], el caso de peritaje judicial en el conflicto entre *Anschütz* y *Sperry* fue el que, a la larga, tendría una mayor repercusión en su vida privada. La mayor parte de estas actividades reportaban ingresos complementarios que constituían, si no el principal móvil, sí un retorno añadido al puro placer intelectual derivado de la resolución de problemas técnicos.

Como evidencia de la compatibilidad y alimentación recíproca entre el perfil más especulativo de Einstein y su faceta más experimental, cabe mencionar también ejemplos de influencia directa de su bagaje técnico en trabajos teóricos. Galison [2003], por ejemplo, defiende la influencia ejercida sobre Einstein durante su periodo bernés por las patentes sobre medida temporal y coordinación electromagnética de relojes, una aplicación candente entonces en Europa central y sobre todo en la Suiza de reconocida tradición cronométrica. Esta influencia se concretaría en la nueva concepción de la sincronización horaria sobre la cual redefiniría la simultaneidad física y desarrollaría en 1905 una electrodinámica de los cuerpos en movimiento que requería repensar los conceptos tradicionales de espacio y tiempo –la teoría de la relatividad especial.

También en 1914-16, en una serie de recesos intelectuales durante la elaboración de su trabajo original sobre la teoría de la relatividad general, Einstein ideó un modelo del átomo magnético en el que recurrió, precisamente, a la analogía con la brújula giroscópica sobre la que trabajó con sus colegas de Kiel. Uno de los objetivos de esta investigación, llevada a cabo con el yerno de H.A. Lorentz, Wander Johannes de Haas (1878-1960), era la comprobación de la conjetura de Ampère según la cual el origen del magnetismo permanente es la orientación agregada de pequeños bucles de corriente en el interior de los imanes. De acuerdo con la hipótesis de partida de Einstein y de Haas, estos bucles no eran sino los electrones orbitando alrededor de los núcleos atómicos. A partir de la teoría del electrón predijeron un valor constante de la razón giromagnética que después se propusieron comprobar experimentalmente [GALISON, 1987, capítulo 2]. Fue en esta época cuando escribió: “La admiración por la experimentación me devuelve a mis viejos días” [EINSTEIN y BESSO, 1994, p. 113]. Según el propio Einstein, su experiencia previa en el análisis de patentes y el trabajo realizado con Anschütz-Kaempfe influyeron en el soporte teórico de este experimento: “Fui guiado a la demostración de la naturaleza del átomo paramagnético por los informes técnicos que había preparado sobre la brújula giromagnética” [EINSTEIN, 1930a].

Su acervo tecnológico hizo que Einstein el teórico fuera plenamente consciente de las dificultades implícitas en las actividades de laboratorio y en el diseño, el control y la observación experimental. Siguió con enorme atención el desarrollo de experimentos concretos, como por ejemplo el de Bothe y Geiger para refutar la denominada teoría BKS en 1924-25, al mismo tiempo que desconfió de resultados y observaciones que contradecían sus predicciones relativistas. Más que como una quiebra del talante positivista de Einstein, este último caso debería interpretarse como una confianza absoluta en la validez de sus deducciones teóricas.

7. CONCLUSIÓN

La aportación de Einstein ha tenido profundas consecuencias en nuestra concepción sobre el universo y las leyes naturales, extendiéndose también al ámbito filosófico y otros campos del conocimiento. Es mucho menos conocida, sin embar-

go, la vertiente inventiva y tecnológica del físico, entre cuyas evidencias contamos con la carta escrita en bordo del vapor *Cap Norte*, remitida desde Bilbao y que se enmarca en la relación de Einstein con *Anschütz & Co.* Además de permitirle retomar su afición por los dispositivos electromecánicos y poner a prueba su ingenio práctico en un contexto industrial, la conexión con esta empresa durante los años veinte del siglo pasado parecía aportar a Einstein cierta tranquilidad de espíritu. Según él mismo, Kiel constituía un reducto alejado de los problemas políticos, académicos y familiares de Berlín.

La imagen tradicional del teórico aislado de los detalles mundanos y centrado en abstracciones físico-matemáticas es, en el mejor de los casos, parcial. Siendo cierto que sus propias actitudes y manifestaciones en su época de celebridad contribuyeron a conformar esta impresión sesgada, no lo es menos el hecho de que Einstein compatibilizó y combinó a lo largo de su carrera el pensamiento abstracto y matemático con una visión práctica de carácter técnico.

Esta faceta, no tan señalada ni relevante como la estrictamente intelectual, pero imprescindible para comprender su personalidad, llegó a acaparar una parte importante del tiempo de Einstein y en alguna ocasión fue equiparada por él mismo a su actividad principal, el cultivo de la ciencia: “La fuente original de todos los logros técnicos es la divina curiosidad y el instinto de juego del científico que da vueltas y medita y, no menos, la fantasía constructiva del inventor técnico” [EINSTEIN, 1930b].

NOTAS

1. Estoy agradecido a dos revisores anónimos por los comentarios realizados a un borrador anterior de este artículo.
2. En Barcelona se llegó a afirmar, equivocadamente, que Einstein paseó junto con distinguidas personalidades por Portugaleta [LA VANGUARDIA, 11 de marzo, 1925]. Algunos periódicos madrileños también registraron la breve estancia del científico en la costa vizcaína [ABC, 10 de marzo, 1925] [EL SOL, 10 de marzo, 1925; LA VOZ, 9 de marzo, 1925].
3. Precisamente al día siguiente de la estancia de Einstein en el Puerto de Bilbao se inició en esta capital un ciclo de cinco conferencias organizadas por el Centro Vasco en torno al tema “Fundamento de la Ciencia”. El orador en todas ellas fue José María Goicoechea, farmacéutico natural de Elorrio que ya había criticado desde la tribuna del Ateneo de Madrid el trabajo de Einstein a raíz de su visita dos años antes [GOICOECHEA, 1923]. En esta ocasión volvió a defender postulados antagónicos a los del físico alemán, incluyéndolo en su ponencia titulada “La materia” entre aquellos a quienes tildó de “unitarios modernistas” y calificando sus teorías de “moda científica” [EUZKADI, 13 de marzo, 1925]. En esta época también el astrónomo y divulgador científico catalán José Comas Solá denominó “moda formidable” a la teoría de la relatividad [LA VANGUARDIA, 6 de mayo, 1925].

Desde una actitud opuesta a las anteriores, a finales de 1924 el ingeniero industrial Manuel Velasco de Pando había impartido sendas conferencias sobre las teorías general y restringida de la relatividad en la sede de la Asociación de Ingenieros Industriales de Bilbao. Velasco de Pando, antiguo estudiante en la Escuela de Ingenieros de la capital vizcaína y delegado regio de primera enseñanza, era entonces director de la fábrica “San Clemente” de Sevilla, ciudad de la que era natural, y con el tiempo llegaría a ser miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, ostentando también varios cargos en la Administración relacionados con la industria, investigación y metrología. En esta ocasión la prensa de la villa dio noticia puntual de sus disertaciones, a pesar de que su “carácter austeramente científico (...) nos impide a los profanos seguirla paso a paso ni ofrecer siquiera un extracto que pueda dar lugar a errores de interpretación tanto más lamentables cuanto más difíciles de subsanar” [EL NOTICIERO BILBAINO, 30 de octubre, 1924]. Así y todo, las notas explicativas distribuidas por los organizadores fueron reproducidas íntegramente en todos los diarios bilbaínos y de forma muy resumida en alguno de Madrid [ABC, 31 de octubre, 1924]. Las presentaciones tuvieron un carácter matemático y en ellas se cubrieron, entre otros, temas como las geometrías no euclidianas, los espacios multidimensionales o el universo de Minkowski, que resultarían poco familiares para un público en su mayor parte constituido por ingenieros [VELASCO DE PANDO, 1926]. Además de la “cultura científica” del disertante se valoró que “sabe exornar la exposición con una simpatía y un gracejo tales, que el auditorio queda pendiente de la palabra del orador”, quien “sabe sacar partido de los conceptos más áridos y difíciles” [LA GACETA DEL NORTE, 30 y 31 de octubre, 1924]. Velasco de Pando fue agasajado el último día con una cena en el restaurante de la Sociedad Bilbaína.

4. Los escasos diarios madrileños que comunicaron la salida del científico rumbo a Europa afirmaban erróneamente que lo hizo a bordo del buque holandés *Gebria* [EL HERALDO DE MADRID, 14 de mayo, 1925; EL TIEMPO, 15 de mayo, 1925]. El detalle, por lo demás intrascendente, implicaba que no habría una segunda parada de Einstein en Bilbao, pues aquel vapor, tras su escala en Vigo, continuó hacia el Canal de La Mancha para terminar su travesía en Amsterdam.
5. Tuve noticia de esta carta revisando los contenidos de los Archivos Albert Einstein de la Universidad Hebrea de Jerusalén. En 2000 recibí una fotocopia del texto manuscrito por el físico, la primera y principal fuente consultada, por lo que estoy agradecido a Barbara Wolff, asistente de aquella institución. Posteriormente, en 2005, se publicó la edición revisada de la correspondencia entre Anschütz-Kaempfe y Einstein, con cuyo editor Bernhardt Schell también estuve en contacto.
6. Agradezco a la Oficina de Emigración de Hamburgo el detalle nominal de los pasajeros de primera clase embarcados aquel día en el puerto gallego y la información sobre las personas que llegaron a Alemania a bordo del *Cap Norte*.

7. Por mencionar una de las excepciones, inmediatamente después de su visita Einstein propuso al Comité Nobel el nombre del brasileño Cândido Rondon, militar, explorador e ingeniero que dirigió el “Serviço de Proteção ao Índio”, como candidato al premio de pesar de que en sus declaraciones públicas se mostró exquisito, su diario deja claro que, en general, apreció más el trato recibido en Uruguay que en Argentina, por ejemplo. Los rioplatenses le recordaron a suizos y holandeses, frente al carácter superficial y estereotípico que percibió en sus vecinos porteños.
8. La relación fugaz de Einstein con Bilbao tuvo, por tanto, un sabor minero tanto en su estadía del viaje de ida a Sudamérica –con el saludo a Arisqueta– como en la breve parada en su etapa de regreso, cuando el encuentro con Lehmann le llevó a escribir la carta analizada en este artículo.
9. Se da el caso de que, además de miembros de un mismo complejo empresarial, todas estas personas también formaban parte de una tupida red familiar.
10. La carta fechada en Bilbao incluye un esquema gráfico como ejemplo de la importancia otorgada al pensamiento visual en el proceso de diseño instrumental. Además de herramientas básicas en cualquier actividad de ingeniería y un requisito en la solicitud de patentes, los planos y diagramas constituyen una evidencia de imaginación visual que el propio Einstein aseguraba es extensible a los conceptos físicos menos tangibles: “Las palabras o el lenguaje, tal y como son escritos o hablados, no parecen jugar ningún papel en mi mecanismo de pensamiento. Las entidades físicas que parecen servir como elementos del pensamiento son ciertos signos e imágenes más o menos claras que pueden ser generadas y combinadas voluntariamente” [EINSTEIN, 1945].

REFERENCIAS

- ALEFELD, G. (1980) “Einstein as Inventor”. *Physics Today*, 33(5), 9-13.
- ANSCHÜTZ-KAEMPFE, H. (1922) *Letter to A. Sommerfeld*, 12 julio. En: D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 167-169.
- AUSWANDERUNGSAMT (1925) *Rückwanderer Listen 15.05.1925 bis 21.06.1925*, Seite 838, Kajüten-Passagiere “Cap Norte”, 373-7¹ VII C2 Band 34, Das Staatsarchiv.
- DANNEN, G. (1997) “Los Refrigeradores de Einstein-Szilard”. *Investigación y Ciencia*, marzo, 68-74.
- EINSTEIN, A. (1915) *Gutachten zum Rechtsstreit Anschütz & Co. gegen Sperry-Gyroscope Company*. En: A.J. Kox, M.J. Klein y R. Schulmann (1996) *The Collected Papers of Albert Einstein Vol 6. The Years: Writings, 1914–1917*. Princeton, Press, 137-144. También *Nachtragsgutachten*, 207-209.
- EINSTEIN, A. (1917) *Letter to H. Zangger*, 29 de Julio. En: R. Schulmann., A.J. Kox, M. Janssen y J. Illy (1998) *The Collected Papers of Albert Einstein Vol. 8. The Years: Correspondence, 1914–1918*, Princeton, Press. Suplemento con la traducción en inglés de los textos originales en otros idiomas, 1998, 361.

- EINSTEIN, A. (1922a) *Letter to H. Anschütz-Kaempfe, 1 julio*. En: D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 165-166.
- (1922b) *Letter to H. Anschütz-Kaempfe, 12 julio*. En: D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 168-170.
- (1925a) *Travel Diaries-I*. Albert Einstein Archives 29-132, The of, .
- (1925b) *Letter to K. Glitscher, 27 mayo*, Albert Einstein Archives 37-394, The Hebrew University of Jerusalem, Israel. También en: Lohmeier y Schell (eds.) (2005), 201-203.
- (1925c) *Letter to H. Anschütz-Kaempfe, 4 agosto*. En: D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 202-204.
- (1930a) *Letter to E. Meyerson, 27 de enero*. Citado en: P. Galison (1987), 34-35.
- (1930b) “Discurso de apertura del 7º espectáculo radiofónico de Berlín”, citado en D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 88.
- (1945) *Letter to J. Hadamard, 1 de enero*. Albert Einstein Archives 1-146, The Hebrew University of Jerusalem, Israel. También citado en HOLTON, G (2000) *Einstein, history and other passions. The rebellion against science at the end of the twentieth century*, Cambridge, Harvard University Press, 89.
- EINSTEIN, A. y BESSO, M.; SPEZIALI, P. (ed.) (1994) *Correspondencia (1903-1955)*. Barcelona, Tusquets Editores, 219-220. Traducción de la segunda edición en alemán y francés, 1979.
- EINSTEIN, A. y EINSTEIN, E. (1922) *Letter to H. Anschütz-Kaempfe, 16 julio*. En: D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 172-174.
- GALISON, P. (1987) *How Experiments End*. Chicago, Chicago University Press.
- (2003) *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps*. New York, W.W. Norton & Company.
- GANGUI, A. y ORTIZ, E.L. (2005) “Marzo-abril 1925: Crónica de un mes agitado. Albert Einstein visita la Argentina”. *Todo es Historia*, 454, 22-30.
- GLICK, T.F. (1986) *Einstein y los Españoles: Ciencia y Sociedad en la España de Entreguerras*. Madrid, Alianza Editorial.
- GLITSCHER, K. (1917) “Spektroskopischer Vergleich zwischen den Theorien des starren und des deformierbaren Elektrons”. *Annalen der Physik*, 52, 608-630.
- (1921) *Report to H. Anschütz-Kaempfe, 31 de marzo*. Citado en: D. Lohmeier y B. Schell (eds.) (2005), 40.
- GOICOECHEA, J.M. (1923) “Crítica de las teorías de Einstein”. *Revista Calasancia*, 11, 563-585.
- HILBIG, P. (1978) “Kalrl Lehmann, zum Gedächtnis”. *Mitteilungen aus dem Markscheidewesen*, 85(3), 149-154.
- HUGHES, T.P. (1993) “Einstein, Inventors and Invention”. En: M. Beller, R.S. Cohen y J. Renn (eds.) *Einstein in Context*. Cambridge, Cambridge University Press, 25-42.
- JANSSEN, M., SCHULMANN, R., ILLY, J., LEHNER, C. y KORMOS BUCHWALD, D. (2002) *The Collected Papers of Albert Einstein. Vol. 7. The Berlin*

- Years: Writings, 1918–1921*. Princeton, Princeton University Press. Suplemento con la traducción en inglés de los textos originales en otros idiomas, 2002.
- JOSKOWICZ, J. y SOTELO, R. (2005) *2005: a 100 años de los artículos de 1905 de Albert Einstein y 80 de su visita a Montevideo*. Publicación de la Universidad de Montevideo.
- KLEIN, M.J., KOX, A.J. y SCHULMANN, R. (1995) *The Collected Papers of Albert Einstein. Vol. 5. The Swiss Years: Correspondence, 1902–1914*. Princeton, Princeton University Press. Suplemento con la traducción en inglés de los textos originales en otros idiomas, 1993.
- LEHMANN, K. (1967) “Vom Magnetkompass über den Kreiselkompass zum Meridianweiser”. *Mitteilungen aus dem Markscheidewesen*, 74(1), 37-54.
- LOHMEIER, D. y SCHELL, B. (eds.) (2005) *Einstein, Anschütz und der Kieler Kreiselkompass*. Edición revisada y bilingüe alemán-inglés, Kiel, Raytheon Marine.
- MAAS, A. (2007) “Einstein as Engineer: The Case of the Little Machine”. *Physics in Perspective*, 9, 305-328.
- MOREIRA, I.C. y VIDEIRA, A.A.P. (eds.) (1995) *Einstein e o Brasil*. Rio de Janeiro, Editora UFRJ.
- PYENSON, L. (1990) *El joven Einstein: el advenimiento de la relatividad*. Madrid, Alianza Editorial. Traducción del original en inglés, 1985.
- SÁNCHEZ RON, J.M. y ROMERO, A. (2005) *Einstein en España*. Madrid, Residencia de Estudiantes.
- SCHULER, M. (1923) “Die Störung von Pendel- und Kreiselapparaten durch die Beschleunigung des Fahrzeuges”. *Physikalische Zeitschrift*, 24, 344-350.
- (1962) “Die geschichtliche Entwicklung des Kreiselkompasses in Deutschland”. *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 104, 469-476, 593-599.
- SCHULMANN, R. (1993) “Einstein at the Patent Office: Exile, Salvation, or Tactical Retreat?”. En: M. Beller, R.S. Cohen y J. Renn (eds.) *Einstein in Context*. Cambridge, Cambridge University Press, 17-24.
- SOMMERFELD, A.; ECKERT, M. y MÄRKER, K. (eds.) (2004) *Wissenschaftliche Briefwechsel. Band 2: 1919–1951*. Berlin, Diepholz, Munich: Deutsches Museum, Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Cartas del 06-08-1927, 04-05-1936 y 17-07-1942.
- SPICKERNAGEL, H. (1973) “Professor Dr. phil. K. Lehmann zur Vollendung seines 90. Lebensjahres”. *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 118(6), 206-207.
- TRAINER, M. (2006) “Albert Einstein’s Patents”. *World Patent Information*, 28(2), June, 159-165.
- VELASCO DE PANDO, M. (1926) “Teoría General de la Relatividad; Relatividad Restringida y Aclaraciones a la Teoría General de la Relatividad”. En: *Conferencias: 1924-25. Asociación Nacional de Ingenieros Industriales. Agrupación de Bilbao*. Bilbao, Asociación Nacional de Ingenieros Industriales.

Prensa diaria

- ABC, Madrid, 31 de octubre, 1924, p. 21.
ABC, Madrid, 10 de marzo, 1925, p. 25.
EL FARO DE VIGO, Vigo, 10 de marzo, 1925, p. 7.
EL FARO DE VIGO, Vigo, 27 de mayo, 1925, p. 7.
EL NERVIÓN, Bilbao, 9 de marzo, 1925, p. 5.
EL NOTICIERO BILBAÍNO, Bilbao, 29 de marzo, 1922, p. 7.
EL NOTICIERO BILBAÍNO, Bilbao, 30 de octubre, 1924, p. 2.
EL NOTICIERO BILBAÍNO, Bilbao, 29 de marzo, 1925, p. 4.
EL PUEBLO VASCO, Bilbao, 10 de marzo, 1925, p. 3.
EL SOL, Madrid, 10 de marzo, 1925, p. 3.
EL TIEMPO, Madrid, 15 de mayo, 1925, p. 5.
EUZKADI, Bilbao, 10 de marzo, 1925, p. 3.
EUZKADI, Bilbao, 13 de marzo, 1925, p. 2.
HERALDO DE MADRID, Madrid, 14 de mayo, 1925, p. 5.
LA GACETA DEL NORTE, Bilbao, 30 de octubre, 1924, p. 2.
LA GACETA DEL NORTE, Bilbao, 31 de octubre, 1924, p. 2.
LA GACETA DEL NORTE, Bilbao, 10 de marzo, 1925, p. 3.
LA TARDE, Bilbao, 9 de marzo, 1925, p. 3.
LA VANGUARDIA, Barcelona, 11 de marzo, 1925, p. 21.
LA VANGUARDIA, Barcelona, 6 de mayo, 1925, p. 5.
LA VOZ, Madrid, 9 de marzo, 1925, p. 5.