

ARTÍCULOS

Reichenbach, Cecilia von y Andrini, Leandro (2015). “Una nueva forma de energía cuantificada. Presentación de la polémica Loyarte-Loedel”, *Saber y Tiempo*, 1 (1), pp. 168-188.

RESUMEN

Sobre la base de trabajos de investigación en física realizados en La Plata entre los años 1926 y 1935, presentamos el análisis de un caso en que las contribuciones locales, contemporáneas a investigaciones realizadas en Alemania, desataron un debate científico entre Ramón Loyarte y Enrique Loedel Palumbo, dos de los primeros físicos latinoamericanos. Tratando de hallar explicación a ciertas líneas de emisión del átomo de Mercurio, Loyarte conjeturó la existencia de estados cuánticos de rotación atómica, justificados por la aparición de un “potencial con entidad física”, constante, en las medidas experimentales de los potenciales de frenado. Esta hipótesis fue publicada en una prestigiosa revista alemana de la época, y dio origen a otros trabajos, extrapolando la cuantificación rotatoria a los átomos de mercurio ionizado, talio, y potasio. Fue el joven físico Loedel Palumbo quien refutó, mediante un exhaustivo estudio, la propuesta de Loyarte.

Palabras clave: *Enrique Loedel Palumbo, Ramón Loyarte, potenciales de frenado.*

ABSTRACT

Based on research in physics made in La Plata between years 1926 and 1935, we present the analysis of a case in which local contributions, contemporary to researches in Germany, sparked a scientific debate between Ramón Loyarte and Enrique Loedel Palumbo, two of the first American physicists. Trying to find some explanation for the mercury atom emission lines, Loyarte conjectured the existence of quantum states of atomic rotation, justified by the appearance of a “constant potential with physical entity” in the experimental measurements of the potential breaking. This hypothesis was published in a prestigious German magazine, and gave rise to other papers, extrapolating the rotating quantification to atoms of ionized mercury, thallium, and potassium. It was the young physicist Loedel Palumbo who refuted, by an exhaustive study, Loyarte’s proposal.

Key words: *Enrique Loedel Palumbo, Ramón Loyarte, potential breaking.*

Fecha de recepción: octubre de 2013

Fecha de aprobación: abril de 2014

Una nueva forma de energía cuantificada

Presentación de la polémica Loyarte-Loedel



por Cecilia von Reichenbach¹ y Leandro Andrini²

Introducción

Hacer Historia de la Ciencia de Latinoamérica (LA) puede parecer difícil si uno quiere seguir la evolución de ideas universales, sobre todo por la lejanía de las fuentes documentales. Rastrear el aporte que desde LA se hizo al avance de dichas ideas puede ser desalentador en el sentido siguiente: es sabido que numerosos avances han sido hechos por primera vez en la periferia, pero la historia ha tomado como autores de estos a los científicos de los núcleos de investigación centrales (Weinberg, 1998). Este tipo de búsqueda solo podría tener la intención de dar un reconocimiento póstumo a los investigadores de la periferia. Sin embargo, lo importante de esta política de segregación es que, de hecho, las ideas surgidas de la periferia no han contribuido (por las razones que fueran) al desarrollo disciplinar. Queda entonces una cuestión que sí puede tener interés, y es la de saber hasta qué punto los trabajos científicos han contribuido al desarrollo de la disciplina en la propia región (Weinberg, 1998). En esa dirección, es usual buscar aquellos trabajos que han hecho un aporte concreto y original al *avance* de un tema puntual (en el sentido de la construcción del conocimiento disciplinar) (Vessuri, 1995). Es decir, las consecuencias que para la comunidad científica local tuvieron determinados logros. En este trabajo, por el contrario, nos proponemos estudiar un yerro, una teoría errónea que dio lugar a una polémica entre investigadores locales, en

1 Museo de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata; CCT La Plata, IFLP, CONICET.

2 CCT La Plata, INIFTA, CONICET.

una institución situada *en la periferia de la periferia* (considerando que, aún dentro de LA, no está radicada en una gran capital). Nos proponemos estudiar el grado de actualización del tema, la profundidad de conocimiento de los científicos involucrados, así como los procesos de evaluación y difusión de los resultados. Con esto podremos poner en contexto el tema concreto de discusión, ya que por las características del caso sería incompleto tratarlo desde el punto de vista de la historia internalista. Pero, por sobre todo, nos interesa indagar acerca de las consecuencias que este asunto tuvo para la comunidad científica local, hasta qué punto esta *teoría errada* significó cambios en el prestigio que el Instituto de Física tenía en la comunidad científica internacional, qué cambios se operaron (si los hubo) en las relaciones entre los científicos locales, y qué consecuencias tuvo esto para las trayectorias profesionales de cada uno. En definitiva, nos proponemos indagar los alcances que el caso tuvo en el desarrollo de la institución y de la investigación en Física en La Plata. Pues, como dice Pruna Goodgal (2001: 10), para que la investigación en Historia de la Ciencia sea significativa, debe contribuir a definir el rol que la ciencia tuvo y tiene en LA, decidir si existe una tradición científica en la región, y cuál es esa tradición.

En este trabajo se analiza entonces una polémica desatada entre los años 1926 y 1935 entre dos físicos de la Escuela Superior de Ciencias Físicas de La Plata: Ramón Loyarte (1888-1944) y Enrique Loedel Palumbo (1901-1962). El carácter de esta discusión fue, más allá de su origen meramente científico, tomando tal magnitud que trascendió diversas épocas, y llegó hasta nuestros días la versión oral de que habría repercutido en el futuro profesional de ambos contendientes y en el prestigio de la institución en la que trabajaban. En esos años, la Escuela (también denominada Instituto de Física (IF) de Universidad Nacional de La Plata (UNLP) era “el centro científico de Sudamérica” (Pyenson, 1985: 237) y había ganado renombre por los trabajos de Emil Bose, Richard Gans, y algunos de sus discípulos (Andrini, 2002). Hacia la segunda década de 1900, se produjeron en el IF una serie de artículos publicados en prestigiosas revistas y en los que Loyarte, en ese momento el físico de mayor influencia local, afirmaba haber encontrado pruebas, a favor de su hipótesis, de la cuantización de la energía de rotación atómica. La controversia surgió cuando, en las mismas revistas, el joven Loedel presentó un extenso trabajo en el que demostraba la invalidez de las afirmaciones de Loyarte. El tema alrededor del cual se centró la discusión tuvo que ver con la mecánica cuántica, cuyo desarrollo ocupaba a la mayor parte de los físicos alrededor de 1929, y los trabajos en que ambos autores presentaron sus encontradas posiciones fueron publicados en una de las mejores revistas alemanas, la

Physikalische Zeitschrift. Aparecieron además en la revista de la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas *Contribuciones al estudio de las Ciencias Físicas y Matemáticas* (en adelante *Contribuciones*) de 1930.

Nuestro interés en el estudio de este tema intenta trascender lo anecdótico, abordando el análisis de los hechos en el contexto científico, social y político de la época, porque consideramos que a través de esta polémica, más allá de las problemáticas políticas locales, puede profundizarse en las complejas relaciones del ambiente científico. Los protagonistas, científicos formados por algunos de los mejores físicos de la época, trabajaban en temas que despertaban un vivo interés en la comunidad internacional en el momento y, sin embargo, se hallaban en un ámbito sin tradición en investigación, lejos de los centros mundiales de excelencia, en una época en que las comunicaciones no eran rápidas, y conseguir bibliografía y material para experimentación no era fácil.

Loyarte, en esas condiciones de aislamiento geográfico y científico, abordó la búsqueda de respuestas a un tema que también ocupaba, entre otros, a Franck (Premio Nobel 1925, junto a Hertz, precisamente por “el descubrimiento de las leyes que gobiernan las colisiones atómicas en procesos de ionización”). Al igual que muchos físicos de la época, intentó encontrar, en el cúmulo de datos espectroscópicos obtenidos a lo largo de varios años, algún indicio de la naturaleza cuántica de los átomos. Sostuvo haber hallado pruebas de la cuantización de la rotación de ciertos átomos. Sus trabajos fueron aceptados para su publicación en una revista editada en Alemania, país que dominó el ambiente científico desde comienzos de siglo XX hasta la década de 1930. Este hecho hace suponer que fueron evaluados por físicos del más alto nivel.

Es indicativo que Loedel, un físico graduado hacía cuatro años en La Plata, haya sido quien estudió con profundidad los resultados expuestos por Loyarte, hasta darse cuenta de los errores que las invalidaban. La publicación en una revista internacional de las conclusiones de Loedel hizo manifiesta la rivalidad entre ambos científicos, priorizándose intereses personales sobre los intereses del conjunto de investigadores.

La relación anecdótica de este asunto sugiere que Loyarte, ocupado desde hacía varios años en la política universitaria, publicó una teoría ambiciosa, apoyándose en una interpretación desleal de los datos experimentales, urgido en mantener su prestigio científico. Sin negar crédito a esta suposición, creemos que la interpretación facilista, que no tiene en cuenta el referato alemán, reduce el mérito de Loedel, que no rebatió a Loyarte por errores obvios, sino por un estudio detallado y muy profundo de las medidas realizadas y los argumentos con que fueron interpretadas.

Reseña de los acontecimientos

En 1913 la Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Astronómicas de la UNLP (en adelante la Facultad) instauró, como medio de difundir los resultados de las investigaciones que en ella se desarrollaban, una serie de *Publicaciones*. Estas comprendían los *Anuarios*, las *Memorias*, los *Textos* y la *Contribución al estudio de las ciencias físicas y matemáticas* (Andrini, 2002; von Reichenbach, 2007). Esta última publicación, a su vez, estaba dividida en dos series. Una era la *Serie Técnica*, destinada a la publicación de las investigaciones relativas a la aplicación técnica de los desarrollos de la ciencia. La otra, la *Serie Matemático-física*, estaba dedicada a la publicación de trabajos de investigación en ciencia pura, que eran realizados por personal de la Facultad, en las áreas de física y matemáticas, o por “ajenos a la institución que hayan utilizado material de la misma para realizar sus investigaciones”.³ Estos artículos, en su mayoría, eran después enviados para su consideración a revistas extranjeras (generalmente alemanas), mientras que los volúmenes de las *Contribuciones* eran canjeados por otras publicaciones, a fin de mantener actualizada la biblioteca del Instituto.

Existe un estudio detallado acerca de los trabajos publicados (Galles, 1982: 29), donde se destacan las investigaciones más relevantes en cuanto a su grado de actualidad y nivel de originalidad. En resumen, se afirma que tanto los investigadores extranjeros como sus discípulos argentinos lograron hacer una labor de investigación seria y de actualidad. El presente trabajo pretende aportar evidencia en ese sentido, a través del análisis de un caso particular. A continuación, presentamos una breve síntesis de los hechos.

En los años posteriores a la gestión de Richard Gans, la física experimental en La Plata se volcó a la espectroscopía, especialidad de Loyarte, por esos años Director del IF. Se compró instrumental específico y se contrató como profesor al talentoso Adolfo Williams, considerado el primer espectroscopista argentino. Durante varios años se hicieron diversos trabajos de espectroscopía pura y aplicada (al análisis de sangre, al control de calidad de yerba mate y de aguas, por ejemplo). Uno de los métodos empleados para el estudio de las propiedades atómicas de los elementos consistía en el “choque de electrones”, desarrollado por Lawrence en 1914.

Breve explicación sobre método experimental empleado

Se realiza una breve descripción del método experimental empleado por estos investigadores para poner en contexto científico la discusión. Este

³ Según consta en las contratapas de las Series.

método se utiliza para analizar los estados de excitación del átomo y consiste en bombardear el blanco (gas o vapor contenido en un tubo de vidrio) con electrones acelerados. El blanco está ubicado entre dos grillas metálicas equipotenciales, y a continuación de estas se halla una pantalla P, conectada a un potencial retardador o de frenado. Los electrones que logran superar el mecanismo de frenado generan una corriente, cuya variación es graficada en función del potencial de frenado. Este potencial retardador se ajusta en principio para que sea exactamente el necesario, para que un electrón que hizo un choque elástico con un átomo alcance el detector. Si el electrón pierde más energía, excitando al átomo, hay una caída en la lectura del galvanómetro. Al punto de inflexión en la curva se lo denomina "potencial crítico". Si se aumenta el potencial con que se aceleran los electrones, al electrón le alcanza la energía para excitar al átomo y seguir hasta el detector. En general, estos potenciales se corresponden con la emisión de líneas ópticas por parte de los átomos que se desexcitan. A su vez, la luz emitida puede arrancar electrones de la pantalla y producir así una corriente por efecto fotoeléctrico.

Para cierta energía del electrón-proyectil, el impacto inelástico arranca un electrón del átomo, el cual queda ionizado. El potencial correspondiente se llama "potencial de ionización" (ver figura 1). Cabe aclarar que este método es en principio un método clásico, en el que no se tuvo en cuenta el comportamiento fermiónico de los electrones, hasta los trabajos de Sommerfeld de 1928.

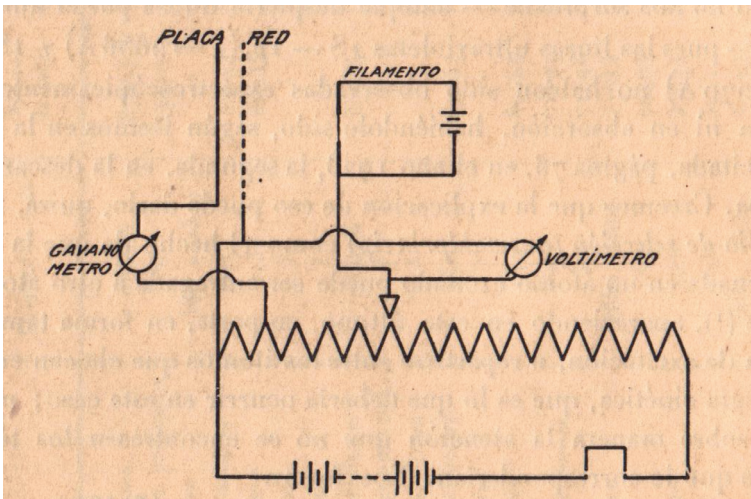


Figura 1. Esquema del dispositivo utilizado en las investigaciones por choque de electrones (copiado de la publicación de R. Loyarte, *Contribuciones*, V, 1929).

La determinación de los potenciales de excitación y de ionización del átomo de mercurio por el método de choque de electrones fue objeto de numerosas investigaciones a partir de los trabajos de Frank y Hertz en 1914.⁴

En 1926, estudiando los potenciales de excitación del átomo de mercurio medidos por él y otros autores, entre ellos Frank y Einsporn, Loyarte intentó encontrar una explicación para la existencia de valores “que no se conocen ópticamente ni han sido encontrados los términos de serie que deberían corresponderle” (Loyarte, 1926). Afirmó que estos pueden “explicarse” por la existencia de un potencial de sustracción de 1,4 volts. Es decir, supuso que estos potenciales pueden obtenerse a partir de la suma o resta de 1,4 volts (o un múltiplo de este) de alguno de los potenciales cuya existencia está justificada por la teoría de Bohr (1913) (pertenecientes a la *serie normal* del átomo de mercurio). En este trabajo, dejó abierto el interrogante acerca del origen de dicho potencial de sustracción (ver figura 2).

Dos meses más tarde, junto con Adolfo Williams, en el artículo titulado “Posible significado del potencial de adición de 1,4 volts en el átomo de mercurio” (Loyarte y Williams, 1926a), clasificó las líneas del Hg en series espectrales y estableció un supuesto nivel fundamental de segunda especie (“o de arco”) del mercurio. En noviembre de ese año, publicaron un estudio de otras líneas del espectro (Loyarte y Williams, 1926b), y en septiembre de 1927 Loyarte presentó una hipótesis para zanjar el problema en la que suponía que dicha energía debía estar de alguna forma almacenada en el átomo (Loyarte, 1928). Conjetura que podría tratarse de los saltos entre niveles cuantificados correspondientes a la energía de rotación del átomo de mercurio. Según las ecuaciones de la mecánica ondulatoria que Schrödinger había desarrollado el año anterior (Schrödinger, 1926), Loyarte calculó las frecuencias correspondientes a saltos entre dos niveles de energía de un rotador a eje libre, y las comparó con los datos experimentales obtenidos por él y otros colegas. Encontró una concordancia “perfecta”. En este trabajo, calculó además el momento de inercia del átomo a partir del cambio en frecuencias de la luz emitida en la transición entre dos estados cuánticos de rotación, la comparó con la obtenida a partir de la susceptibilidad magnética para el mercurio líquido, y verificó que concordaban. Agregó que esta idea había sido propuesta por Pierre Langevin, cuando le informaron del tema en estudio, en ocasión de su visita al Instituto de Física, y posteriormente

4 J. Franck y G. Hertz (1914); J. Franck y E. Einsporn (1920); Klein y Rosseland (1921); Foote y Mohler (1922); G. Cario y J. Franck (1923); L. Bloch (1925); K.T. Compton y F. Mohler (1925).

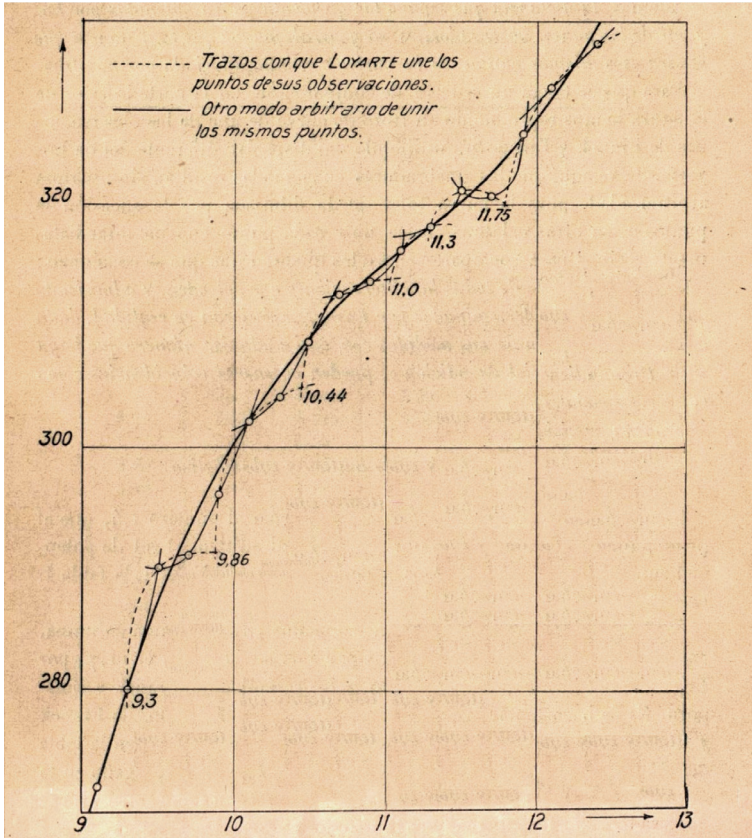


Figura 2. Resultados experimentales reportados por R. Loyarte y las diversas curvas posibles a las que esos resultados se ajustan según E. Loedel Palumbo (copiado de la publicación de E. Loedel Palumbo, *Contribuciones*, V, 1930).

por carta. Sin embargo, según el famoso físico francés, el valor usado para la susceptibilidad debería ser el de vapor de mercurio, entonces todavía no medido, y no el de mercurio líquido.

El trabajo en que Loyarte lanzó de lleno su hipótesis cuántica se envió a la Facultad para su publicación en *Contribuciones*, en julio de 1929 (Loyarte, 1927e). Haciendo una analogía con los cálculos que Fermi había realizado dos años antes para el choque de un electrón con una molécula de más de un átomo (Fermi, 1927), sugirió que el choque es cuántico, y que los números puestos en juego son los del rotador: este pierde o gana “cuantos de rotación”. A continuación, demostró que los grados de libertad de rotación no contribuyen al calor específico, mientras que

los de traslación tienen un aporte despreciable.⁵ Con estos argumentos afirmó que en cada choque el átomo absorbe un electrón con la energía necesaria para pasar de un estado de rotación a otro, emitiendo al desexcitarse luz de frecuencia correspondiente a la diferencia de energía entre dichos niveles de rotación. Simultáneamente, si el electrón trae energía suficiente, excitará al átomo entre dos niveles de energía de los permitidos por la teoría de Bohr, y se producirá el fotón correspondiente cuando el átomo decaiga (lo que él llama un ‘salto de electrón luminoso’). Durante ese mismo mes, Loyarte publicó un trabajo con un tratamiento similar para el átomo de Talio (Loyarte, 1927c), y en colaboración con Rafael Grinfeld, su alumno y asistente, lo repitió para el átomo de potasio (Loyarte, y Grinfeld, 1927). Agregó otro trabajo más (Loyarte, 1927a), describiendo el dispositivo experimental desarrollado para la búsqueda de líneas en el ultravioleta, así como las tablas donde presenta sesenta nuevas líneas de emisión, de las que treinta y ocho pueden ser interpretadas como provenientes de combinaciones del salto de un electrón luminoso y un salto de rotación.

Aplicando el mismo razonamiento al átomo de mercurio ionizado, Loyarte afirmó, en noviembre de 1929 (Loyarte, 1927b), haber clasificado 43 de las líneas ópticas identificadas por Paschen y Naudé, más 17 líneas de arco y 56 sin catalogar. Para Loyarte esto venía a corroborar que el átomo de mercurio “es capaz de cumplir con un movimiento cuantificado de rotación” (Loyarte, 1927b).

Hasta ese momento, a juzgar por los documentos disponibles, la teoría de Loyarte tenía todas las chances de ser un trabajo de relevancia en un tema de punta: se había cuantificado la rotación del átomo. Otros autores continuaron con la clasificación de líneas a partir del potencial 1,4 volts. Pavlov y Sueva presentaron en el VI Congreso de Física de Moscú, en agosto de 1928 (Pavlov y Sueva, 1929), un trabajo con medidas que “vienen a comprobar, en forma definitiva”, que existen saltos cuánticos que no se corresponden con los niveles ópticos, sino a sumas y restas de 1,4 volts. Incluso se publicó un libro con la recopilación de estos trabajos (Loyarte, 1929).

Sin embargo, después de un pormenorizado estudio de los datos elegidos por Loyarte para justificar sus afirmaciones, Enrique Loedel Palumbo envió a la *Physikaische Zeitschrift* y a *Contribuciones* un trabajo que puso en evidencia una serie de contradicciones, errores y suposiciones apresuradas que invalidaban la hipótesis de Loyarte (Loedel Palumbo, 1930c, d). El argumento básico fue que Loyarte había dado entidad física a una serie de coincidencias puramente fortuitas. Peor

5 De acuerdo con la Mecánica Estadística Cuántica; ver Landau y Lifshitz (1975).

aún, señaló ciertas argucias de Loyarte al elegir los datos que probarían su teoría, que convertirían su error en un acto de mala fe.

Su trabajo se divide en la refutación de las “coincidencias espectroscópicas” y las “coincidencias eléctricas”. Con *coincidencias* se refiere a la concordancia entre los valores medidos en el dispositivo experimental y los encontrados teóricamente, partiendo de los valores calculados según la teoría de Bohr, con el agregado del valor de adición (o sustracción) de 1,4 volts. Con respecto a las primeras, dice que Loyarte solo cita aquellos datos del espectro que se acercan a los datos por él previstos, y ese acercamiento está dentro de un rango mayor que el del error experimental. Con el fin de aumentar las coincidencias, predice saltos cuánticos entre estados del átomo neutro y el ionizado. Estas singularidades no pueden ser descubiertas a simple vista por la forma en que Loyarte organiza las tablas de datos, con un criterio no explicitado, y que tiene cambios aún en una misma tabla. Para mostrar que se trata de una cuestión de probabilidades, Loedel hace la prueba con un número cualquiera, en lugar del 11.316 cm^{-1} (cambio en frecuencias correspondiente a un salto de 1,4 eV) y encuentra más coincidencias aún. La cantidad de cifras usadas para el cálculo de la longitud de onda es a veces mayor que el error explicitado, para forzar la coincidencia.

Con respecto a las “coincidencias eléctricas”, Loedel partió de lo siguiente: tomando las tablas de datos de Frank y Eisporn, como lo hizo Loyarte, encontró que sumando o restando un múltiplo cualquiera de un valor arbitrario (en lugar de 1,4 V), se logran las mismas o más coincidencias que las de Loyarte. Afirmó que este último elige para su trabajo aquellos valores consignados por otros autores que apoyan su hipótesis, ignorando u omitiendo los demás, eligiendo en algunos casos valores que habían sido descartados por los propios autores.

Con respecto a los datos experimentales, Loedel mostró que, teniendo en cuenta las barras de error correctas, no es una línea quebrada la que aparece en el gráfico de la corriente medida en el galvanómetro contra el potencial de frenado, sino que se puede pasar otra diferente, que ajusta mejor, y aún una recta. Argumentó además que la de Loyarte es bien diferente de la curva obtenida por Frank y Hertz con el mismo dispositivo experimental. Por otra parte, criticó el dispositivo utilizado, pues en él la emisión no se produce en el vacío, lo que descarta la interpretación de los potenciales críticos. De manera contundente concluyó que “prescindiendo de todas las observaciones que preceden, y admitiendo que los potenciales determinados por Loyarte existieran en realidad, dada la pequeña precisión de sus medidas, con casi cualquier número que haga el papel de “potencial de adición” pueden obtenerse coincidencias como con el 1,4” (Loedel Palumbo, 1930c: 428).

Finalmente, afirmó que el razonamiento anterior no solo es válido para descartar el valor 1,4 como “entidad física” con relación al átomo de mercurio, sino que también descarta los valores encontrados para los átomos de talio y potasio. La primera versión de este trabajo fue presentado en la Facultad el 10 de enero de 1930, y la versión definitiva el 20 de junio (ver figura 3).

V_k in Volt		Zuordnung nach Loyarte	Entsprechende optische Übergänge
0,45		$4,66 - 3 \times 1,4 = 0,46$	
0,65		$4,86 - 3 \times 1,4 = 0,66$	$2 p_3 - 2 p_1 = 0,77$
0,95 *		$6,67 - 4 \times 1,4 = 1,07 (?)$	
1,20	1,23	$5,43 - 3 \times 1,4 = 1,23$	$2 p_1 - 2 P = 1,24$
1,40 *		$\Delta v = 1,4$	
1,65		$8,58 - 5 \times 1,4 = 1,58 (?)$	
1,80 *		$4,66 - 2 \times 1,4 = 1,86$	
2,00		$4,86 - 2 \times 1,4 = 2,06$	$2 p_3 - 2 P = 2,01$
2,25	2,21	$7,69 - 4 \times 1,4 = 2,09 (?)$	$2 p_1 - 2 s = 2,26$
2,60		$5,43 - 2 \times 1,4 = 2,63$	$2 p_1 - 2 S = 2,45$
2,85 *	2,80	$2 \Delta v = 2,8$	
3,10		$4,66 - 1,4 = 3,26$	$2 p_3 - 2 s = 3,03$
3,45	3,44	$4,86 - 1,4 = 3,46$	$2 p_1 - 3 D = 3,37$
3,60 *		$7,69 - 3 \times 1,4 = 3,49$	$2 p_1 - 3 s = 3,7$
3,85	3,8	$6,67 - 2 \times 1,4 = 3,87$	$2 p_1 - 3 S = 3,77$
4,15	4,21	$5,43 - 1,4 = 4,03$	$2 p_3 - 3 D = 4,14$
4,40		$3 \Delta v = 4,20$	
4,65	4,68	$8,58 - 3 \times 1,4 = 4,38$	$2 p_3 - 3 s = 4,47$
		4,66	$1 S - 2 n = 4,66$

Figura 3. Versión ampliada de una tabla de datos presente en el trabajo de Pavlov y Sueva, presentada como fotografía por R. Loyarte (*Investigaciones atómicas. Rotación cuantificada de los átomos*. La Plata: 1929, Editorial Coni, Buenos Aires).

La réplica de Loyarte fue publicada a continuación del trabajo de Loedel, tanto en *Contribuciones* (Loyarte, 1930a) como en la *Physikalische Zeitschrift* (Loyarte, 1930b). Se trata de un extenso trabajo que defiende la existencia del potencial de 1,4 V, pero sin mención a la rotación cuantificada. En él, se describen con detalle las condiciones físicas del problema, y en extensas tablas se presentan resultados de Frank y Eisborn, consignando aún los potenciales no publicados por ellos en la lista definitiva. Se busca para cada potencial una explicación, y se encuentra que para que algunos tengan sentido físico se les debe atribuir dos choques (correspondientes a dos transiciones atómicas elementales simultáneas). Se verifica con medidas hechas por Stiler, Stark, Naudé, Carroll, Mc Lennan, Bayen, Lyman, Lehmann y Satrube, Eder y Valenta, que aparecen todas las combinaciones posibles de los múltiplos de la longitud de onda correspondiente al salto de 1,4 V. Se enumera línea por línea cuántas longitudes de onda coinciden y cuántas no.

Con respecto a las afirmaciones de Loedel, se afirma que “sus resultados provienen del siguiente error fundamental: olvida las condiciones físicas del problema, y lo reduce a un problema aritmético, achacando luego la indeterminación del problema que crea al problema físico” (Loyarte, 1930a: 463). A continuación, Loyarte enumera lo que él llama *pruebas*: algunos potenciales discutidos por él han sido encontrados por otros investigadores (dentro de cierto error); las concavidades hacia abajo cuestionadas por Loedel han sido “vistas en el galvanómetro”, y muestra que se parecen a las de Frank y Eisporn; descarta la posibilidad de probar con números arbitrarios, “pues estos no tienen entidad física, como el 1,4 eV”. Con dos de los números que Loedel eligió al azar, no pueden explicarse dos choques sucesivos, y quedan sin explicación varias líneas. Finalmente, se afirma que “nosotros dedujimos la existencia del potencial 1,4, de las medidas de Frank y Eisporn, y dos años después ese potencial fue descubierto por Pavlov y Sueva” (Loyarte, 1930a: 463). Para reafirmar esto se agrega en el trabajo una imagen fotográfica de la tabla en que estos autores, en 1928, muestran el potencial 1,4 V. Sin embargo, estos autores manifiestan que, de existir dicho potencial y manifestarse experimentalmente, no habría podido observarse con el método propuesto por Loyarte; proponen un método alternativo, pero no logran medirlo.

La conclusión extraída por Loyarte fue que Loedel se equivocó al considerar el espectro de emisión con independencia del espectro electrónico, y eso lo condujo a probar números arbitrarios en lugar de los correspondientes a verdaderos saltos cuánticos. “Sobre otras observaciones superficiales, erróneas o sin importancia, no voy a insistir”, fue la defensa final de Loyarte.

Posteriormente, Loyarte publicó dos trabajos más, en donde continuó defendiendo la existencia del potencial 1,4: “Los potenciales de ionización del átomo de Argón” (Loyarte, 1933a, b) y, en colaboración con Margarita Heiberg de Bose, “Sobre los potenciales ópticos del átomo de mercurio. Los llamados potenciales de ultraionización” (Loyarte y H. de Bose, 1933, 1935). En 1935 apareció su último trabajo, de espectroscopía aplicada, en colaboración con R. Carratala y D. Vucetich, en el que estudiaron el espectro de absorción de sangre pura e infestada (Loyarte, Carratala y Vucetich, 1941).

En el tomo IV de su libro de *Física General*, editado en 1935, y hasta en la tercera reedición, en 1944, al describir el método del choque de electrones, Loyarte sólo hizo referencia a los trabajos en que determinó los potenciales de ionización del mercurio, del zinc y del argón, sin referencia alguna a los potenciales de adición y sustracción, ni a rotaciones cuantificadas.

Algunas consideraciones académico-biográficas sobre R. Loyarte y E. Loedel Palumbo

Dadas las características de este asunto, es importante contar con una descripción del ambiente local y de los protagonistas, tanto en lo científico como en lo socio político. El Instituto de Física de La Plata fue el primero en su tipo en Latinoamérica. Los profesores alemanes que le dieron su impulso inicial, Emil Bose y Richard Gans, habían formado a un grupo de estudiantes, que pudieron acceder a completar su formación en Europa con los físicos más eminentes. Estos discípulos, posteriormente a la muerte de Bose y la partida de Gans, llevaron adelante tanto la docencia y la investigación, como la gestión de la institución. Fueron, por lo tanto, protagonistas principales de la etapa que nos ocupa, y de las posteriores. Etapas marcadas, desde lo externo, por grandes cambios políticos y sociales producto de golpes militares, persecuciones y exilios, y retornos a la democracia bastante convulsionados.

Ramón Godofredo Loyarte nació en Concepción del Uruguay en 1888, cursó los estudios secundarios en Santa Fe, y fue el tercer graduado como Doctor en Física en la UNLP, recibéndose el 15 de mayo de 1913. Se formó con Emil Bose y Richard Gans, siendo éste último quien sugirió su tema de Tesis: *Sobre histéresis rotatoria*, tema abierto de la física de su tiempo. Sobre este tema prosiguió sus estudios en Alemania con Heinrich Rubens. Nombrado Director del Instituto de Física en 1925, en reemplazo de Richard Gans, ocupó el cargo hasta su muerte, en 1944, excepto por dos años en que fue Presidente de la UNLP (1928-1930).

Fue miembro de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Consejero de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, diputado nacional por el Partido Demócrata Nacional. Pertenecía a la alta sociedad platense, y su intransigencia política se mezcló en su gestión académica, pues alejó del Instituto de Física a notorios colegas por sus ideas socialistas y anarquistas⁶. Pese a que logró gran fama como docente, se dedicó fundamentalmente a las clases de física general para ingenieros, dictando en cambio clases “dogmáticas e ininteligibles” en los cursos superiores (Pyenson, 1985: 240). No logró formar discípulos, ni crear un grupo de trabajo que incorporara a los físicos recién graduados, jóvenes talentosos de la talla de Loedel y Gaviola. En sus últimos años, privilegió sus ambiciones políticas por sobre su carrera profesional, actitud que repercutió gravemente en el futuro del Instituto de Física.

6 E. Bertomeu. Entrevista personal, 27 de agosto de 2004; M. Bunge. Entrevista personal, 2 de mayo de 2000, La Plata.

Publicó 32 trabajos en la *Contribuciones*, y ocho artículos en *Physikalische Zeitschrift*. Realizó contribuciones en magnetismo y espectroscopía atómica y, excepto por su fracasado intento de aplicar sus estudios al análisis de la estructura atómica y la mecánica cuántica, abordó trabajos de física aplicada. Pero fundamentalmente fue reconocido por sus libros de texto: cuatro volúmenes sobre física general y moderna, que constituyeron la bibliografía más utilizada en los cursos universitarios de física durante muchos años.

Enrique Loedel Palumbo nació en Montevideo, República Oriental del Uruguay, en 1901. Asistió a una escuela primaria rural, y cursó los estudios secundarios y dos años preparatorios en ingeniería en la capital uruguaya. Se trasladó luego a La Plata, por esos años el centro de excelencia en la enseñanza de la Física en Latinoamérica. En la Universidad Nacional de La Plata se recibió en 1923 de Profesor y en 1925 de Doctor en Ciencias Fisicomatemáticas (especialidad Física). En su Tesis Doctoral, dirigida por Richard Gans, investigó las *Constantes ópticas y eléctricas de la molécula de sacarosa* (Loedel Palumbo, 1926b). En ocasión de la visita de Einstein a La Plata, Loedel presentó al visitante una pregunta sobre la forma de la superficie espacio temporal de una masa puntual. De la conversación entre ambos surgió la idea de un trabajo, que Loedel publicó en 1926 en *Physikalische Zeitschrift* y en *Contribuciones* (Loedel Palumbo, 1926a). Si bien en La Plata se había escrito un trabajo previo –de revisión crítica– realizado por Isnardi, Collo y Aguilar (Isnardi, Collo y Aguilar, 1924), el de Loedel fue el primer trabajo original sobre relatividad realizado por un Latinoamericano. En 1925, según Pyenson, la única persona en Argentina que entendía de relatividad era Loedel, y “habría sido el primer físico teórico argentino de nivel internacional, de haber sido otra la política científica local” (Pyenson, 1985: 233-234). En 1928 presentó un breve trabajo sobre la velocidad de la luz en un campo gravitacional (Loedel Palumbo, 1926c). Durante ese año y el siguiente estudió física teórica en la Universidad de Berlín bajo la dirección de Max Planck y Erwin Schrödinger, y trabajó con el filósofo de la ciencia Hans Reichenbach. De vuelta en Universidad Nacional de La Plata trabajó como Profesor suplente de Física general. En junio de 1930 presentó el trabajo en que refutaba la hipótesis de Loyarte sobre la rotación cuantificada de los átomos (Loedel Palumbo, 1930a, b), y que dio origen a la polémica que tratamos en este trabajo. Su última producción en física es del año 1935, sobre la estructura fina del átomo de hidrógeno (Loedel Palumbo, 1935), publicación que aún era citada en el año 2000 (Kittel, 2000).

En 1935 asistió al Congreso de Filosofía Científica de París, y en 1949 participó del Primer Congreso Nacional de Filosofía. Vinculado al grupo de seguidores de Alejandro Korn, realizó dos publicaciones

sobre filosofía (Loedel Palumbo, 1933a, b), y una sobre poesía (Loedel Palumbo, 1934). Fue socio fundador de la Asociación Física Argentina, miembro de la Academia de Ciencias de Perú, Consejero Superior de la UNLP y Vicepresidente de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. A partir de 1932 se dedicó de lleno a la docencia, por la que sentía verdadera pasión, dando clases en colegios secundarios de la ciudad de La Plata (Liceo Víctor Mercante), y en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UNLP. En 1947 fue dejado cesante y pasó a la Universidad de Cuyo como profesor contratado, regresando a la UNLP en 1961. Publicó notables textos pedagógicos, y a través de su libro *Física Relativista*, de 1955, realizó valiosas contribuciones a la enseñanza de la Relatividad (entre ellas los conocidos “Diagramas de Loedel”⁷, que aún constituyen una herramienta didáctica eficaz para la comprensión intuitiva de las ecuaciones de Lorentz, y el cálculo de potenciales gravitatorios).

Conclusiones

La polémica que nos ocupa giró en torno a la Mecánica Cuántica, un tema relevante en la física del momento. Muchas de las hipótesis que conforman esta teoría surgieron de los intentos de explicar datos espectroscópicos (por ejemplo el efecto Stark). Los adelantos en esta dirección se dieron en Europa (sobre todo en Alemania)⁸. Es entonces llamativo que, pese al aislamiento espacio temporal con los centros de investigación de primer nivel, se realizaran en La Plata investigaciones en temas de interés del momento⁹. Los trabajos realizados se publicaron en *Physikalische Zeitschrift*, una de las revistas internacionales más prestigiosas, y en *Contribuciones*, publicación que era citada en el *Science Abstract*. Hasta ese momento, el equipamiento específico, la bibliografía, y la preparación de los investigadores, era la adecuada para esperar que el Instituto de Física se convirtiera, según la difusión realizada para convocar científicos europeos, en “el segundo centro de física del mundo después de Berlín” (Pyenson, 1985: 17).

7 Los diagramas de Loedel Palumbo son usados actualmente para enseñar gravitación, por ejemplo en Chile, Uruguay e Italia. Comunicaciones orales de: Gabriel González (Montevideo), Silvio Bergia (Bologna). Brian Coleman (Dublin, Irlanda) dedicará parte de su libro sobre la Historia de la Relatividad a las contribuciones de E. Loedel Palumbo (comunicación personal).

8 Destacamos la labor realizada en La Plata por Richard Gans, en investigaciones relacionadas con la mecánica cuántica. Ver Paul Forman (1984) y Cecilia von Reichenbach (2009).

9 En México, por ejemplo, no se impartieron cursos sobre mecánica cuántica sino hasta 1941 (ver De la Peña, 2003).

Es interesante estudiar el hecho de que se lograra alcanzar este alto nivel de investigación en una pequeña ciudad alejada de los centros mundiales de ciencia, en una sociedad sin tradición científica. El análisis de este caso intenta aportar información al respecto. Diferentes circunstancias convergieron para que ese nivel decayera en los años posteriores, hasta quedar casi en estado latente. Gobiernos autoritarios, persecuciones políticas, falta de presupuesto para la ciencia, emigración de jóvenes científicos, falta de interés en la ciencia por parte de los estudiantes que ingresaban a la universidad, políticas académicas erróneas, la segunda guerra mundial y sus consecuencias, fueron algunos de los factores que hicieron que el Instituto de La Plata dejara de pertenecer al 'centro' para ingresar a la *periferia*.¹⁰

El artículo que desató la polémica en cuestión fue aceptado para su publicación en una revista internacional dirigida por especialistas europeos en el tema, es de suponer que luego de una cuidadosa evaluación. Pierre Langevin, a quien se le consultó verbalmente y por carta, sugirió al cálculo de la susceptibilidad magnética para corroborar los resultados. Posteriormente científicos como Pavlov y Sueva trabajaron basándose en las afirmaciones de Loyarte. Ninguno de ellos notó los numerosos errores que denunció Loedel en 1930. Errores que entonces no resultan tan obvios, lo cual hace más meritorio su trabajo. Sin embargo, y sin conocer los entretelones (los hechos de los que no ha quedado testimonio escrito), la actuación de Loedel podría ser éticamente censurable.

La confrontación de ideas entre colegas siempre ayuda a descubrir posibles errores, proponer alternativas y, en definitiva a descubrir nuevos caminos. Sin duda que la intención de Loedel de llevar el debate con Loyarte a un medio internacional no tuvo esas connotaciones. Más bien su trabajo parece el de una denuncia contra un fraude. Por los testimonios de las personas que los conocieron en vida, y que puedan dar cuenta de los datos no escritos acerca de la manera en que se manejó localmente este asunto, Loyarte se habría negado a dar crédito a las críticas de Loedel, suscitándose discusiones de tono elevado, en las que el enfrentamiento personal habría enmascarado el contenido científico. Las reuniones llamadas 'Conversaciones físicas', que hubieran constituido el espacio académico apropiado para llevar adelante este tipo de intercambios, habían sido suprimidas por Loyarte en 1927, "porque no resultaron" (Memorias 1925-1928: 139).

Parece tratarse de un juego entre David y Goliat: Loyarte, de 41 años, firma su trabajo como "Presidente de la Universidad, Profesor de Física general, física matemática y Trabajos de investigación en física".

¹⁰ En el sentido propuesto por Hodara (2003).

Pertenecía a la alta sociedad platense y simpatizaba con el partido conservador. Loedel, uruguayo, de 29 años de edad y recibido hacía cuatro, firma su trabajo como “Profesor suplente de Física general”; era simpatizante de las ideas socialistas, y seguidor de Alejandro Korn. Cabe preguntarse si a Loedel le quedó opción, pues los espacios de debate entre colegas no existían en La Plata, y si el autoritarismo de Loyarte, del que dan cuenta los testimonios de quienes lo conocieron, daba lugar a objeciones que provenían de un joven. La tradición oral en el IF da cuenta de una supuesta arbitrariedad de Loyarte, pues se afirma que “alejaba de sus funciones a los simpatizantes de las ideas socialistas, y anarquistas, opuestas a su carácter conservador”¹¹. Loedel, por las razones que fueran, se dedicó por entero a la docencia, por la que sentía verdadera vocación, y excepto por un último trabajo en 1935, ya no investigó en Física. Loyarte dedicó el resto de su vida a la política, salvo por algunos trabajos esporádicos en espectroscopía, alejado de otros físicos, en especial de los jóvenes que pudieron haber contribuido a formar una masa crítica de investigadores.

Enrique Gaviola, que llegaba en esos momentos a La Plata con prestigio académico internacional, no quiso verse envuelto en la pelea entre ambos contendientes. Aunque le dio la razón, hizo caso omiso del pedido de apoyo de Loedel. Sin embargo, años más tarde, expresó que el corolario del caso fue que “políticamente ganó Loyarte, porque tenía influencia política. Loedel no tenía ninguna”. Gaviola, desilusionado por el ambiente al que había retornado, viajó a Berlín con idea de no volver a Argentina (Bernaola, 2001: 176).

Esta contienda parece haber contribuido a impedir la creación de un equipo de trabajo que continuara en la dirección que habían marcado Bose y Gans. Por otra parte, estos hechos coinciden con el golpe militar de 1930, que fue una fuente de preocupación para algunos físicos de orientación socialista y libertaria, que tuvieron que alejarse del IF por cuestiones extra académicas. Por ejemplo, Rafael Grinfeld tuvo que exiliarse en Montevideo. A su retorno, consiguió una beca de la Rockefeller Foundation, avalado por Julio Rey Pastor y Enrique Gaviola, para ir a Berkeley, donde continuó con el estudio de las relaciones entre la espectroscopia y la estructura atómica. Por lo visto, su participación como coautor de Loyarte en el tema que desató esta polémica no perjudicó su carrera, y en 1945 asumió como Director del Instituto de Física. Lamentablemente hubo de exiliarse nuevamente por razones políticas, y murió en el exilio, terminando así con la presencia al frente del Instituto de Física de los ‘herederos científicos’ de Bose y Gans.

11 E. Bertomeu. Entrevista personal, 27 de agosto de 2004.

Agradecimientos

A Antonio Augusto Passos Videira, de la UERJ, Brasil, por su colaboración.

A Jorge E. Bertomeu, Magdalena Tornero de Boero, Jorge Reyna y Osvaldo Civitarese.

Referencias bibliográficas

Andrini, L. (2001). “Acerca de las primeras publicaciones de las investigaciones en Física y en Matemática por parte de la Facultad de Ciencias Físicas, Matemáticas y Astronómicas”, *Saber y Tiempo*, Vol. 3, N° 12, pp. 93-104.
— (2002). *Acerca de las primeras publicaciones de las investigaciones realizadas en la Escuela Superior de Física de la UNLP*. 87 Reunión Anual de AFA, Huerta Grande, Córdoba, 16-19/09/02.

Bernaola, O. (2001). *Enrique Gaviola y el Observatorio Astronómico de Córdoba*. Buenos Aires, Ediciones Saber y Tiempo.

De la Peña, L. (2003). “La visión desde la física”, en Ramos Lara, M. P. (coord.): *La mecánica cuántica en México*. México, Siglo XXI.

Fermi, E. (1927). “Zur Wellenmechanik des Stoßvorganges”, *Zeit. F. Physik* N° 40.

Forman, P. (1984). *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica: 1918-1927: adaptación de los físicos y matemáticos alemanes a un ambiente intelectual hostil*. Madrid, Alianza.

Frank, J. y Hertz, G. (1914). “Über Zusammen stöße zwischen Elektronen und den Molekülen des Quecksilberdampfer und die Ionisierungspannung desselben”, *Verh. d. D. Phys.*, Ges N° 16.

Galles, C. (1982). *Sobre las primeras investigaciones en Física realizadas en la Argentina*. La Plata, Laboratorio de Física Teórica, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

Hodara, J. (2003). “Ciencia en la periferia de la periferia: hacia la formación de colegios virtuales”, *Estudios interdisciplinarios de América Latina y el Caribe*, Vol. 14, N° 1.

Isnardi, T.; Collo, J. y Aguilar, F. (1924). *Estudio de la Teoría de la Relatividad (Especial y General)*. Buenos Aires, Centro Naval.

Kittl, P. (2000). “Deducción elemental de la estructura fina del espectro de hidrógeno”, *Ciencia Abierta* N° 18.

Landau, L. y Lifshitz, E. (1975). *Física Estadística*, 5. Barcelona, Reverté.
Loedel Palumbo, E. (1926a). “Die Form der Raum--Zeit-Oberfläche

eines Gravitationsfeldes, das von einer punkt-förmigen Masse herrührt”, *Physikalische Zeitschrift* N° XXVII, pp. 645-648.

— (1926b). “Constantes ópticas y eléctricas de la molécula de sacarosa”, *Contribuciones* N° IV.

— (1926c). “La velocidad de la luz en un campo gravitacional”, *Contribuciones* N° IV.

— (1930a). “Ueber die ‘quantifizierte Rotation der Atome’”, *Physikalische Zeitschrift*, N° 31, pp. 926-929.

— (1930b). “Sobre la rotación cuantificada de los átomos”, *Contribuciones* N° V, pp. 399-437.

— (1933a). *Lógica y metafísica*. Buenos Aires, Cursos y Conferencias.

— (1933b). “Significado filosófico de la física actual”, *Boletín de la UNLP*.

— (1934). *Versos de un físico*. La Plata, Oliveri y Domínguez.

— (1935). “Sobre la estructura fina del átomo de hidrógeno”, *Contribuciones* N° 89.

Loyarte, R. (1926). “Los potenciales de excitación del átomo de mercurio”, *Contribuciones* N° IV, pp. 7-20.

— (1927a). “El espectro de emisión del mercurio entre 1868 y 3000 Å”, *Contribuciones* N° V, pp. 109-120.

— (1927b). “La rotación cuantificada del átomo de mercurio ionizado”, *Contribuciones* N° V, pp. 121-133.

— (1927c). “La rotación cuantificada del átomo de talio”, *Contribuciones* N° V, pp. 31-38.

— (1927d). “Quantenrotation des Quecksilberatoms”, *Phs. Zeit* N° 28.

— (1927e). “Una nueva forma de energía cuantificada en el átomo de mercurio”, *Contribuciones* N° V, pp. 7-29.

— (1928). “Rotación cuantificada del átomo de mercurio”, *Contribuciones* N° IV, pp. 217-228.

— (1929). *Investigaciones atómicas. Rotación cuantificada de los átomos*. Buenos Aires, Coni.

— (1930a). “Sobre la existencia del potencial de adición y sustracción 1,4 Volt en el átomo de mercurio”, *Contribuciones* N° V, pp. 439-475.

— (1930b). “Ueber das Vorkommen des Additions- und Substraktions-Potentials 1,4 Volt im Quecksilberatom”, *Physikalische Zeitschrift* N° 31, pp. 929-939.

— (1933a). “Die Anregungs potentiale des Argonatoms”, *Physikalische Zeitschrift* N° XXXIV.

— (1933b). *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, CXV: 341.

Loyarte, R. y Williams, A. (1926a). “Posible significado del potencial de adición de 1,4 volts en el átomo de mercurio”, *Contribuciones* N° IV, pp. 35-44.

— (1926b). “Las presuntas series anormales del átomo de mercurio”, *Contribuciones* N° IV, pp. 125-135.

Loyarte, R. y Bose, M. H. de (1933). « Uber einige optische Potentiale. Die sogenannten Ultraionisations Potentiale », *Physikalische Zeitschrift* N° XXXIV.

— (1935). *Contribuciones* N° I, pp. 23-29.

Loyarte, R.; Carratala, R. y Vucetich, D. (1941). “Absorción de luz en sangre normal y CO-infestada”, *Contribuciones* N° XI, pp. 1-32.

Loyarte, R. y Grinfeld, R. (1927). “La rotación cuantificada del átomo de potasio”, *Contribuciones* N° V, pp. 101-108.

Pavlov, B. y Sueva, A. (1929). “Eine Methode zur Bestimmung der kritischen Spannungen und deren Anwendung auf Quecksilverdampf”, *Zeits. f. Physik* N° 54.

Pruna Goodgall, P. M. (2001). *History of Science in Latin America: an historical overview*. Conferencia en la Universidad de Minnesota, Minneapolis, 30 de noviembre.

Pyenson, L. (1985). *Cultural Imperialism and Exact Sciences (German Expansions Overseas (1900-1930))*. New York; Berne; Frankfurt-Main: Peter Lang.

Schrödinger, E. (1926). “Quantisierung als Eigenwertproblem”, *Annalen der Physik* N° 79.

Vessuri H. (1995). “El crecimiento de una comunidad científica en Argentina”, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Vol. 3, N° 5, CLEHC, Campinas, pp. 173-222.

Von Reichenbach, M. C. (2007). “Contribución al estudio de las ciencias fisicomatemáticas: reseña de una publicación pionera”, *Anales de la Asociación Física Argentina* N° 19, pp. 11-16.

— (2009). “The first works on Quantum Mechanics in Argentina”, *Physics in perspective* N° 11, pp. 302-317.

Weinberg, G. (1998). *La ciencia y la idea de progreso en América Latina 1860-1930*. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.