

José Echegaray, ingeniero y científico cosmopolita



José Manuel Sánchez Ron

Catedrático de Historia de la Ciencia en la Universidad Autónoma de Madrid.

Miembro de la Real Academia Española

Resumen

Aunque una gran parte de las muchas actividades que desarrolló José Echegaray tuvieron como escenario y razón de ser España, fue un hombre cosmopolita, entendiendo por esto, una persona bien informada e interesada por lo que sucedía más allá de las fronteras su país. En este artículo, y tomando como centro de atención la ingeniería, la matemática y la física matemática, se pasa revista a los viajes que realizó al extranjero, así como al contenido de sus estudios y publicaciones.

Palabras clave

José Echegaray. Ingeniería, matemáticas, física matemática en España, siglos XIX y XX, Exposiciones Universales, Congresos internacionales

Abstract

While many of Echegaray's activities had Spain as their backdrop and justification, he was a cosmopolitan and well-informed man with a keen interest in the events taking place beyond the borders of his country. This article concentrates on Echegaray's involvement in engineering, mathematics and physics and describes his trips abroad and the content of his studies and publications.

Keywords

José Echegaray. Engineering, mathematics, mathematical physics in Spain, 19th and 20th centuries, Universal Expositions, International Meetings

De José Echegaray se ha escrito mucho, de su obra como dramaturgo especialmente, pero también del Echegaray político, matemático, ingeniero de Caminos, físico matemático o divulgador de la ciencia y la tecnología. Habida cuenta de que desarrolló todas estas actividades en España, podría parecer a algunos que fue, por decirlo de alguna manera, “poco internacional”, demasiado “castizo”, en uno de los sentidos que el *Diccionario* de la Real Academia Española da a esta expresión: “Típico, genuino del país o del lugar en cuestión”. Pero en modo alguno fue así, como intentaré demostrar a continuación, en lo que se refiere a la ciencia y la tecnología.

Echegaray y las matemáticas (1): influencia francesa

José Echegaray estudió en una Escuela de Caminos en la que la influencia predominante era la de las Escuelas Técnicas francesas, especialmente la *École Polytechnique*, fundada en 1794. Una de las manifestaciones de esa influencia fue la fuerte componente matemática en la enseñanza ofrecida, y dentro de esa enseñanza las fuentes fueron sobre todo también francesas. En este sentido, y con referencia a los libros de texto que estudió durante la carrera, Echegaray recordaba en sus memorias que éstos fueron casi exclusivamente franceses: sólo “por casual-

idad estudiábamos alguna Memoria en inglés, o alguna del alemán traducido al francés, y esto en los últimos años [...] El francés, y siempre el francés, y autores franceses dominaban en la Escuela de Caminos”¹. En cuanto a algunos nombres: “la Geometría de Vincent, el Álgebra de Bourdon, la Analítica de Biot, la Geometría analítica de tres dimensiones de Leroy: éstos en la preparación. Y luego, dentro de la Escuela, siempre obras francesas, no las traducidas, sino las originales; por ejemplo: los Cálculos de Navier y Duhamel, la Mecánica de Poisson, la Descriptiva de Leroy, el Corte de piedras de Adhémar, la Mecánica aplicada de Poncelet, la Conducción de aguas de Dupuit”. Además, a la hora de estudiar autores no franceses, también recurría, siempre que podía, a traducciones de sus obras al francés; así estudió, como veremos, las *Disquisitiones Arithmeticae* de Gauss en una versión francesa².

Si nos atenemos a la parte matemática de esa educación, hay que señalar que muy probablemente servía los intereses de una enseñanza que pretendía formar ingenieros y no matemáticos que contribuyesen al avance de su disciplina; en otras palabras: los textos matemáticos franceses utilizados en la Escuela de Caminos no eran, en general y especialmente en

los primeros tiempos, realmente obras modernas, propias del siglo XIX; hecho éste que señaló Julio Rey Pastor en su discurso inaugural en la sección 1.a (Ciencias Matemáticas) del Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Valladolid en 1915, cuando manifestaba, revisando la situación de la Matemática en España a mediados del siglo pasado³:

“Comienza por entonces la importación de obras francesas: los libros de Ciroddle, el Álgebra de Lefebure de Fourcy, la de Bourdon, la Geometría de Vincent, el Cálculo de Navier, el de Cournot [...], obras anodinas todas, incapaces de inspirar amor a esta Ciencia en un país que nace a ella. Si alguna obra original existe entre los libros importados, como son los Elementos de Legendre, es del siglo XVIII; y todas, sin excepción, entran de lleno en esa centuria, si nos atenemos a su contenido, aunque lleven fecha posterior.

Estas eran las fuentes en que bebían nuestros antepasados, cuando Gauss, Abel y Cauchy habían renovado todo el Análisis; y habían nacido las Geometrías no euclidianas; y la Geometría proyectiva había llegado con Staudt a completa madurez; y Riemann había creado la moderna teoría de funciones; en una palabra, cuando ya había nacido, no solamente toda la Matemática que conocemos actualmente, sino muchas otras teorías”.

El gran mérito de Echegaray sería el que contribuyó, más que ningún otro matemático de los años que van desde, aproximadamente, 1860 hasta 1890, a introducir en España algunas de las nuevas teorías a las que se refería Rey Pastor.

Provisto ya con el título de ingeniero de Caminos, el primer destino de Echegaray fue al distrito de Granada. Llegó a esta ciudad en enero de 1854 y el Ingeniero Jefe del distrito le envió a Almería, donde su único trabajo consistía en conservar una carretera de 5,5 kilómetros que había hasta Gador y vigilar la monótona prolongación de un muelle de escollera. En la soledad de Almería, lejos de su familia y de sus amigos, sin la activa vida teatral madrileña que tanto le atraía, una de las pocas distracciones a las que tenía acceso era el estudio de las matemáticas, su “primera afición, la más intensa, la perdurable” (*Recuerdos*, tomo I, p. 401). Es conmovedor leer lo que escribía en sus recuerdos poco después de esta cita (pp. 405-406):

“Las Matemáticas fueron, y son una de las grandes preocupaciones de mi vida; y si yo hubiera sido rico o lo fuera hoy, si no tuviera que ganar el pan de cada día con el trabajo diario, probablemente me hubiera marchado a una casa de campo

muy alegre y muy confortable, y me hubiera dedicado exclusivamente al cultivo de las Ciencias Matemáticas. Ni más dramas, ni más argumentos terribles, ni más adulterios, ni más suicidios, ni más duelos, ni más pasiones desencadenadas, ni, sobre todo, más críticos; otras incógnitas y otras ecuaciones me hubieran preocupado.

Pero el cultivo de las Altas Matemáticas no da lo bastante para vivir. El drama más desdichado, el crimen teatral más modesto, proporciona mucho más dinero que el más alto problema de cálculo integral; y la obligación es antes que la devoción, y la realidad se impone, y hay que dejar las Matemáticas para ir rellenando con ellas los huecos de descanso que el trabajo productivo deja de tiempo en tiempo.

Jamás, ni en las épocas más agitadas de mi vida, he abandonado la ciencia de mi predilección; pero nunca me he dedicado a ella como quisiera.

Todavía recuerdo cuando que, iba a La Granja para celebrar el Consejo de Ministros en que se decidió la candidatura de Hohenzollern, iba leyendo en el coche la teoría del calor de Briot, que acababa de publicarse.

La política, los grandes problemas que en aquel momento se agitaban, el futuro conflicto entre Francia y Alemania, me preocupaban menos, en aquel viaje, que el teorema de Carnot, o sea el segundo principio de la Termodinámica”.

Pero volvamos a su tiempo libre en Almería. A esta ciudad se había llevado, “entre otras, las [obras matemáticas] tituladas: *Recherches Arithmétiques*, por Gauss; *La teoría de los números*, de Legendre, y la *Mecánica analítica*, de Lagrange” (*Recuerdos*, tomo I: 125). No es sorprendente que recordase con precisión cuándo estudió estos tres tratados, obras fundamentales de la literatura matemática. En particular, las *Disquisitiones arithmeticae* que Carl Friedrich Gauss, “el príncipe de las matemáticas”, como se le conoce, publicó en 1801, cuando únicamente tenía veinte años. Se trata de una obra cumbre de la matemática, con la que se abrió una nueva era en la teoría de los números. Hasta entonces ese apartado de las matemáticas consistía de una serie de resultados aislados, por muy brillantes que fuesen; eso es lo que ocurría, por ejemplo, con el *Essai sur la théorie des nombres* (1798) de Adrien-Marie Legendre, otro de los tres libros estudiados por Echegaray en Almería. En las *Disquisitiones*, Gauss sistematizó y desarrolló la teoría existente entonces, clasificó los problemas a estudiar y los métodos de resolución conocidos, introduciendo al mismo tiempo otros

nuevos. Uno de los aspectos más fascinantes de esta obra es el que contiene claros prototipos de las modernas demostraciones y conceptos algebraicos. Un ejemplo en este sentido es el de la teoría de Gauss de las ecuaciones ciclotómicas (“De aequationibus circuli sectiones definientibus”, artículos 335-366), que constituyó un paso importante en el desarrollo de la teoría de la resolución de ecuaciones algebraicas mediante la utilización del concepto de permutación. Ahora bien, como se sabe, el uso del concepto de permutación en la investigación del problema de la solución de ecuaciones de grado mayor que cuatro fue una de las claves que llevó, a través de Cauchy, Abel y, sobre todo –volveré a este punto– Galois, a la teoría de grupos. Si recordamos ahora que una de las aportaciones más notables de Echegaray a la introducción de la matemática moderna en España, fue su obra *Resolución de ecuaciones y teoría de Galois* (1897, 1898-1902), basada en cursos que impartió en el Ateneo de Madrid a partir de 1896, tenemos que hacia 1854 y mientras estudiaba las *Disquisitiones*, Echegaray se estaba preparando para comprender la obra de Galois.

Para valorar mejor el hecho de que a comienzos de la década de los cincuenta estuviese estudiando ese gran texto de Gauss, recordemos que esa obra atrajo inicialmente poca atención; únicamente las contribuciones algebraicas contenidas en la última sección consiguieron la aprobación de los matemáticos franceses de la época. En general, las *Disquisitiones* sólo pasaron a un primer plano a raíz de las investigaciones, a finales de los años veinte, de Jacobi y Dirichlet, que sacaron a la luz las profundas consecuencias que se podían extraer de ella. Fue, por consiguiente, con un retraso de poco más de diez años con respecto a la mayoría de los matemáticos europeos que Echegaray se incorporó a los estudiosos de la famosa obra de Gauss. En cuanto a la *Mécanique analytique*, el libro que Joseph-Louis Lagrange publicó en 1788, basta con decir que constituye una de las obras cumbres de toda la historia de la física matemática, la disciplina a la que, como veremos, Echegaray consagró parte de sus energías; asimismo, conviene señalar que una de las asignaturas que explicó en la Escuela de Caminos, fue la de Mecánica racional, el mismo tema de la obra de Lagrange (de hecho, como el propio Echegaray reconoció repetidas veces, uno de sus grandes amores científicos fue la mecánica).

Viajes en 1860: eclipse de Sol, París, Londres y obras de perforación del túnel de Mont Cenis

El 16 de noviembre de 1857, Echegaray contrajo matrimonio con la asturiana Ana Perfecta Estrada. Las nuevas obligaciones, a las que se sumó pronto una hija, Ana, y algún tiempo después

un hijo, Manuel, llevaron a que se esforzase en conseguir ingresos suplementarios, para lo cual estableció una academia particular de matemáticas para preparar a los estudiantes de la Escuela, o a los que querían ingresar en ella. El éxito inicial fue grande: en los dos primeros meses ganó algo más de 1.000 duros, lo que cuando se introdujo la peseta, el 19 de octubre de 1668, equivalía a 5.000 pesetas. Y calculó que con una academia de este tipo podría obtener una renta anual de “veinte o veinticuatro mil duros”, frente a lo poco que ganaba entonces. En sus propias palabras (*Recuerdos*, tomo II, p. 6):

“Era ingeniero segundo con 9.000 reales [esto es, 2.250 pesetas]; desempeñaba dos clases, a cada una de las cuales le correspondía una indemnización de 3.000 reales; de suerte que yo no disponía al año más que de 15.000 reales [3.750 pesetas].

Una familia de la clase media, con 15.000 reales, vive en la pobreza.

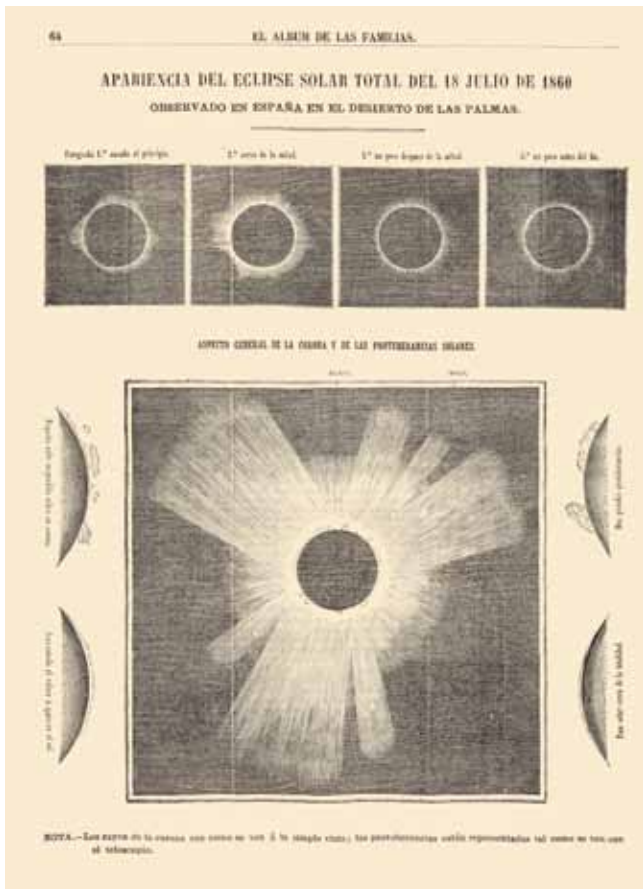
Creen los obreros que la burguesía es la clase más perversa, más egoísta y más regalona de la sociedad, y yo digo que la burguesía es la víctima del actual estado económico.

Un obrero, con 15.000 reales al año, es rico. Un burgués, con 15.000 reales, es un verdadero pobre de levita. No puede vestir chaqueta; necesita forzosamente para ciertas ocasiones un traje de frac; tiene que alternar más de una vez con la clase aristocrática; en suma, es todo un caballero, y su esposa toda una señora, y sus hijos no quieren ser menos que los hijos de tal marqués o de tal duque.

En resumen: muchas necesidades, mucha ostentación, la vanidad de la rúbrica que las exigencias sociales le imponen, y, con todo, un miserable presupuesto de ingresos”.

Intentó entonces salir transitoriamente del Cuerpo, abandonando toda posición oficial, pero su deseo se vio truncado por una disposición ministerial que declaraba incompatibles el simultanear la enseñanza privada y la pública. Tampoco colaboraron el director de la Escuela, Calixto Santa Cruz, ni después el director de Obras Públicas, que le negaron el permiso, y él no se atrevió a dejar definitivamente el Cuerpo, solución a la que, por supuesto, podría haberse acogido.

Como compensación por quedarse sin ingresos adicionales, recibió durante los años siguientes algunas comisiones atractivas. En 1860 se le encargó observar, desde el Desierto de las Palmas, en la provincia de Castellón, el eclipse total de



Noticia publicada sobre el eclipse de Sol de 1860

Sol que tuvo lugar el 18 de julio de aquel año, y luego obtener información sobre un túnel que se iba a construir en los Alpes, por debajo del Mont Cenis, de 2.083 metros de altura. La segunda era la más importante, y con ella inició el conocimiento de otros países. Podemos entender el interés que se tenía en esta misión si tenemos en cuenta que a partir de la llegada del tren a Madrid en 1850 se intensificaron las obras relacionadas con los ferrocarriles, entre ellas por supuesto, la construcción de túneles, especialmente en aquellos en los que se tenían que afrontar grandes pendientes. El primero de gran longitud fue aquel para el que se comisionó a Echegaray, el de Mont Cenis, para unir Francia e Italia. Obtener información de máquinas (tuneladoras) que pudiesen facilitar la perforación de túneles era, obviamente, muy deseable.

La historia de la perforación subterránea se remonta a la Antigüedad. Los vestigios más remotos se encuentran en el Alto Egipto, como se denomina a la parte sur de Egipto, y en la

India, donde se construyeron túneles para acceder a templos y tumbas. Más tarde, los romanos prepararon extensas redes de alcantarillado, así como túneles para el abastecimiento de agua a la población o para el riego; el más largo fue uno, de 5.635 metros, que utilizaba el agua del lago Fucino para el riego. A principios del siglo XIX, Napoleón hizo que se construyeran seis túneles para la carretera del Simplón, el más largo de 600 metros. Merece la pena recordar que en 1898 comenzó la construcción de un túnel allí, para unir Italia con Suiza, que finalizó en 1905, con lo que entonces fue el túnel más largo del mundo: 19.825 metros de longitud.

Antes de la iniciativa de Napoleón, en 1798, comenzó la construcción de un túnel bajo el Támesis, pero se abandonó pronto, en 1800, reanudándose los trabajos en 1825. Se terminó en 1843, bajo la dirección de ingeniero de origen francés afinado en Inglaterra Marc Isambard Brunel padre del más famoso ingeniero Isambard Kingdom Brunel, que también trabajó en la construcción del túnel londinense. Estaba, está, formado por dos galerías paralelas de 4,20 y 4,80 metros de diámetro.

La primera de las misiones que le encargó la Escuela, la observación del eclipse de Sol, tuvo la virtud de poner a Echegaray por primera vez en contacto, aunque fuese superficialmente, con algunos astrónomos extranjeros. En el volumen 21 (1860-1861, p. 51) de la revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* se informaba del acontecimiento⁴: “En la reunión del [14 de diciembre de 1860] se mostraron cuatro fotografías del Sol obtenidas en el Desierto de las Palmas de España por M. Monserrat, profesor de Química en la Universidad de Valencia, con el telescopio de Cauchoix del Observatorio del Collegio Romano, llevado por el director, P. Secchi. Las fotografías fueron enviadas al Astrónomo Real por el Señor Aguilar, director del Observatorio de Madrid”.

Las fotografías en cuestión habían sido tomadas no por Antonio Aguilar y Vela (1820-1882), director entonces del Observatorio Astronómico de Madrid, sino por José Monserrat Riutort (1814-1881), quien, efectivamente, hizo que se enviasen copias de fotografías que obtuvo de la corona a observatorios europeos. Montserrat ocupaba la cátedra de Química general de la Universidad de Valencia desde 1847 (la mantuvo hasta su muerte), y como tal también desempeñó algunas funciones en el campo de la medicina, fabricando, por ejemplo, cloroformo que utilizaban los médicos en Valencia, y ácido fénico para combatir la fiebre amarilla. Precisamente fueron sus conocimientos los que le ayudaron en otro de sus intereses, la fotografía, la afición que le llevó a participar en el eclipse.



Vista de París hacia 1860

Como se señalaba en nota de la revista de la Royal Astronomical Society, en las observaciones del eclipse participó el Observatorio del Colegio Romano, y en particular su director, el conocido astrónomo jesuita Angelo Secchi (1818-1878), detalles que Echegaray no mencionaba en sus *Recuerdos*. De hecho, en aquel eclipse los astrónomos españoles actuaron sobre todo como ayudantes de los extranjeros, una situación que hay que entender teniendo en cuenta tanto la inexperiencia de los hispanos como la importancia del eclipse y la buena visibilidad que ofrecía España, como confirma el que estuvieran allí más de treinta expediciones científicas procedentes de once países. Era, además, el primer acontecimiento astronómico importante con el que tuvo que enfrentarse el recién reconstruido, en 1858, Observatorio Astronómico de Madrid.

Es interesante mencionar que otro de los lugares en España desde el que se observó el eclipse fue Rivabellosa, cerca de Miranda de Ebro. Fue éste punto el que eligió para sus observaciones otro distinguido astrónomo y químico británico, famoso por sus trabajos pioneros en fotografía astronómica, Warren de la Rue (1815-1889). Las fotografías que tomó desde allí le condujeron a concluir que las protuberancias que se observaban durante la totalidad eran en realidad de origen solar y no rasgos pasajeros de la atmósfera terrestre o meras ilusiones ópticas debidas al contraste entre luz y oscuridad. De la Rue dedicó la *Bakerian Lecture*, uno de los eventos más prestigiosos de la Royal Society, que pronunció el 10 de abril de 1862, a presentar sus resultados. Como se comprueba en la versión publicada, De la Rue mencionaba que Aguilar le había enviado algunas fotografías tomadas desde el Desierto de las Palmas, que le ayudaron para sus conclusiones⁵.

En la lección inaugural del curso 1923-1924 de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Antonio Vela Herranz

(1865-1927) director del Observatorio Astronómico de Madrid y académico de número de aquella corporación, se refirió al eclipse de 1860 en los siguientes términos⁶:

“Un paso notable [en el desarrollo de la astronomía en España] se dio con motivo del eclipse de 1860, que tuvo lugar en España, y en que por primera vez se obtuvieron fotografías de las protuberancias, en sustitución de los dibujos, variables según la habilidad y manera de apreciar el fenómeno diferentes observadores.

En el Anuario del Observatorio de Madrid para 1861 figura una descripción completa del eclipse, con las fotografías obtenidas por los astrónomos madrileños, por Warren de la Rue y por el Padre Secchi. En aquella ocasión se puso de manifiesto la importancia excepcional de los eclipses para estudiar apariencias portentosas de ciertas regiones solares, que sólo pueden percibirse en estos críticos momentos. En el Desierto de Las Palmas se midió una protuberancia cuya altura medía tres minutos, esto es, diez veces el diámetro de nuestro globo.

Ante fenómeno de tal magnitud no es extraño que los astrónomos trataran de averiguar la naturaleza y particularidades de la atmósfera solar, y como las leyes de Kirchhoff, ya conocidas en aquella época, dieron gran impulso al análisis espectral, cada eclipse total de Sol era esperado con verdadera ansiedad, para poder descifrar, mediante el espectroscopio, la verdadera naturaleza de las protuberancias, cromosfera y corona”.

Una vez terminada su misión con el eclipse, Echegaray y su mujer, que viajó con él (parece que lo hizo siempre que fue al extranjero), tomaron una diligencia para ir a Valencia, donde embarcaron, junto a tres estudiantes de la Escuela, que se les unieron en prácticas, rumbo a Marsella, la primera ciudad francesa que conoció. Allí pasaron dos días completos, saliendo el tercero en tren hacia París. En lo que vio allí, se mezclaban los sentimientos, la admiración y la crítica (*Recuerdos*, tomo II, pp. 90-91):

“No cometeré la torpeza de describir al París de entonces, que era ya muy parecido al de hoy, porque el emperador Napoleón, con sus grandes iniciativas, con su espíritu de soñador y de artista y con sus tendencias socialistas, había reformado el viejo París tradicional, cruzándolo de soberbios bulevares, que son y serán la admiración del mundo, más por su anchura, su línea inmensa, por la luz que los inunda y por la vida que por ellos circula, que por el mérito artístico de la mayor parte de sus edificios [...]”.

Edificios aislados, monumentos grandiosos, templos de piedra, calles de esfinges, masas de arcilla, ladrillos esmaltados, pórticos, columnatas, templos, arcos de triunfo esparcidos por unos y otros Imperios, por unas y otras Repúblicas; pero como notas excepcionales en una masa vulgar, pobre, sin higiene y sin belleza”.

Satisfecha su curiosidad turística, se dedicó a aquello para lo que había sido comisionado: buscar información sobre el túnel que se iba a construir en los Alpes. Carente de recomendaciones, tuvo que recurrir finalmente a la embajada de España, donde (*Recuerdos*, tomo II, p. 94) *“me recibieron cortésmente, me ayudaron en mis investigaciones y se despejó el horizonte, es decir, se ennegreció del todo; porque al fin supe que el Gobierno italiano se había hecho cargo del asunto, que en París no existían ni planos, ni proyectos, ni estudios, ni radicaba en Francia la dirección de la gran obra; que para visitarla era preciso que me trasladase a Turín, y que el Gobierno piemontés me concediera una autorización a fin de visitar los trabajos, los cuales estaban a cargo de tres ingenieros: Grandí, Graton y Somelier”.*

Pero antes de tomar esa senda, Echegaray decidió que él y su esposa visitasen Londres. La impresión que le produjo la gran capital inglesa fue diferente a la de París (*Recuerdos*, tomo II, pp. 101-103):

“París es espléndido, alegre, lleno de vida y de luz en el verano, mas era una ciudad a la manera de otras que yo había visto: muy grande, muy hermosa, lujosísima, resplandeciente, la primera ciudad de mundo, y con todo ello parecida a otras muchas [...] Londres era otra cosa distinta.

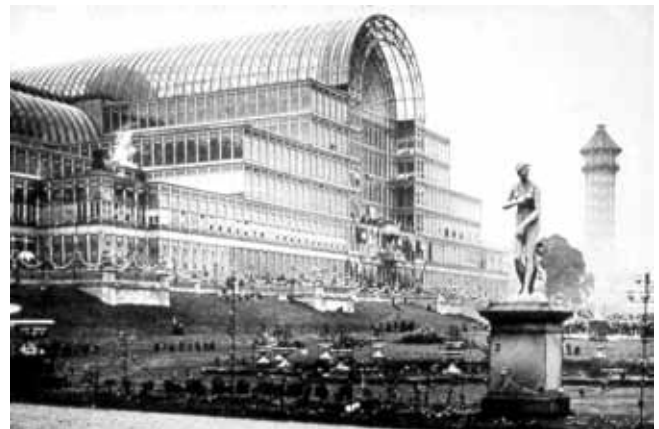
Calles que no concluían nunca y en que alternaban grandes edificios de piedra, ya un frontón griego, ya una columnata, con casas de ladrillo oscuro, ennegrecido por el humo, y con otras casuchas miserables, adornadas de innumerables muestras y anuncios de colores chillones, y de pronto la prolongada verja de un parque.

Algunas calles animadísimas, tanto como las de París; otras, solitarias a las doce del día, como calles de una ciudad muerta [...] El inglés se encastillaba at home, en su casa, y para entrar en ella había que salvar el foso como se salva el de un castillo: echando el puente levadizo.

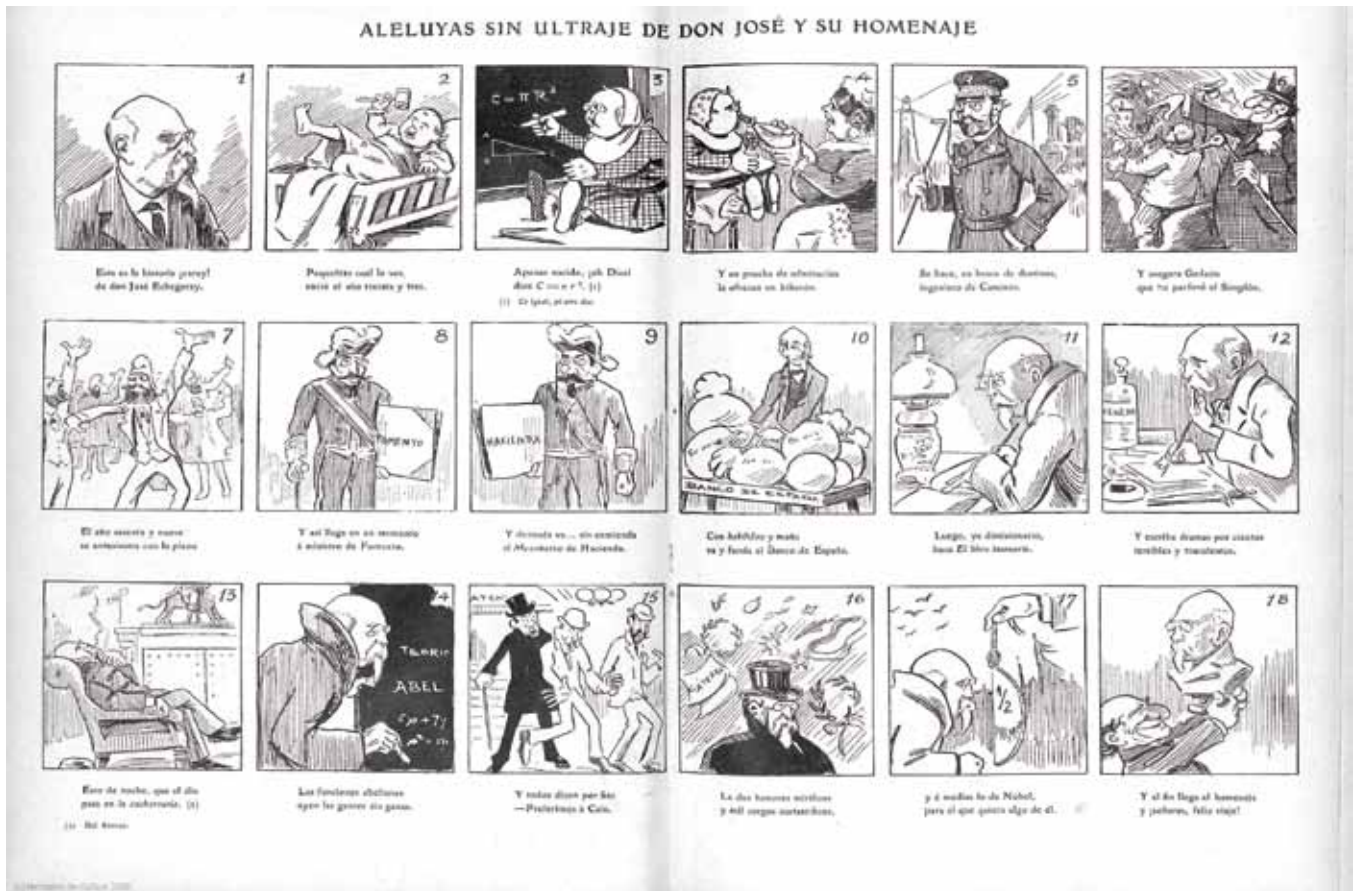
Los tejados eran aún más extraños: estaban llenos de innumerables tubos de chimenea, cubiertos en la parte superior con caperuzas de arcilla de color muy rojo.

Y como todo esto estaba envuelto por a niebla, el foso y el tejado tomaban formas fantásticas, y me figuraba que en los tejados danzaba un enjambre de monos con gorras coloradas”.

Los pocos días que él y su esposa pasaron en Londres los utilizaron como cualquier turista: visitas a la Torre de Londres, a las casas del Parlamento, a la abadía de Westminster, donde –aunque en sus memorias dijo que no lo recordaba, a pesar de ser lo que más le interesaba– vio la tumba de Newton, el Jardín Botánico, el museo de figuras de cera y también el Crystal Palace, la impresionante edificación de hierro fundido y cristal construida al lado de Hyde Park con ocasión de la primera Exposición Universal, la *Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations*, celebrada allí entre el 1 de mayo y el 15 de octubre de 1851⁷. Aquella primera exposición universal tuvo un eco extraordinario –la visitaron 6.039.195 personas–, sentando el precedente que siguieron las sucesivas. La iniciativa procedió del esposo de la reina Victoria, el príncipe Alberto, que era presidente de la Royal Academy of Arts y un apasionado convencido del poder de la ciencia y la tecnología que entonces, era evidente, estaban cambiando el mundo (es obligado, asimismo, recordar la destacada participación de Sir Henry Cole). El Palacio de Cristal en el que tuvo lugar la exposición era una colosal instalación de paredes de cristal sostenida por un entramado de vigas de hierro, construida al efecto. Diseñada por Sir Joseph Paxton, reunió a 13.937 expositores, 7.381 del Reino Unido y de sus colonias y 6.556 extranjeros (de esas naciones, Francia y Alemania fueron las mejor representadas). Los más de 100.000 objetos expuestos estuvieron organizados en seis grupos: (1) Materias primas, (2) Maquinaria, (3) Manufacturas (fábricas textiles), (4) Manufacturas (metálicas, vítreas y cerámicas), (5) Miscelánea, y (6) Bellas Artes.



El Crystal Palace de Londres



“Aleluya sin ultraje de don José y su homenaje”, Gedeón 23-03-1905

La galería en la que se exhibía la maquinaria era la más ruidosa y la que más éxito tuvo; allí, los visitantes podían contemplar, por ejemplo, locomotoras, prensas hidráulicas o grandes máquinas marinas. Una magnífica iniciativa fue la instalación de un telégrafo eléctrico, que conectaba la exposición con Edimburgo y Manchester; recordemos que estamos refiriéndonos a una época en la que la telegrafía estaba cambiando de manera radical el mundo de las comunicaciones. Podemos imaginarnos fácilmente el deslumbramiento que debieron de sentir aquellos visitantes al ver con sus propios ojos las maravillas que sobre todo la tecnología y miles de productos manufacturados ponían a disposición de la humanidad. Muestra distinguida de la fascinación que sintieron los visitantes es lo que escribió en su diario la reina Victoria después de que en una de varias visitas le mostrasen uno de los aparatos telegráficos⁸:

“9 de julio. Fuimos a la Exhibición y asistimos a la demostración y explicación de un telégrafo eléctrico. Es la cosa más

maravillosa y el muchacho que trabaja con ella lo hace con la mayor rapidez y facilidad. Se enviaron mensajes a Manchester, Edimburgo, etc., y las respuestas se recibieron en unos pocos segundos. ¡Verdaderamente maravilloso!”

En el Londres actual se conserva el recuerdo de aquella exposición y del lugar en el que se celebró en una calle, Exhibition Road, en el barrio de South Kensington, a lo largo de la cual se ubican varios museos importantes, el Victoria y Albert, el de la Ciencia y el de Historia Natural, la Royal Geographical Society y el Imperial College. Pero no fue allí donde Echegaray estuvo, ya que después de la exposición el Crystal Palace fue desmontado y trasladado a otro lugar, Sydenham, al sur de Londres, donde estuvo desde 1854 hasta su destrucción por un incendio en 1936.

No obstante su grandiosidad, a Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, p. 104), el “Palacio de Cristal, con ser hermosísimo me pareció menos grandioso de lo que yo me había imaginado”.

De Londres marchó a Turín, pasando por Estrasburgo y Basilea. En Turín, provisto de una carta de presentación del duque de Frías, se entrevistó primero con el general Luigi Federico Menabrea, que desde 1846 era profesor de Construcción y Geometría práctica en la Universidad. El año anterior a la vista de Echegaray, Menabrea había participado en la campaña de Lombardía y en febrero de 1860 había sido elegido senador. Era, pues, un hombre prestigioso e influyente (entre 1861 y 1862 fue ministro de Marina, de 1862 a 1864 de Obras Públicas y entre octubre de 1867 y diciembre de 1869 Primer Ministro del Reino de Italia). Y a pesar de todo –en *Recuerdos Echegaray* únicamente lo mencionaba como “el general Menabrea”–, lo único que pudo hacer por el ingeniero español fue darle una carta de recomendación para los ingenieros que dirigían los trabajos del túnel, advirtiéndole que “a pesar de la carta, encontraría algunas dificultades para el estudio que yo deseaba hacer, porque sobre las perforadoras habían tomado los inventores privilegio de invención [esto es, una patente] en Francia y en Italia, y, además, querían conservar el mayor secreto hasta no comprobar los resultados que esperaban”. Aun así, Echegaray se plantó, acompañado de los estudiantes, en uno de los extremos del túnel, el del lado italiano, en Bardoneche (el extremo francés estaba en Modane). Le recibió un ingeniero, que después de leer la carta de Menabrea le prometió que el día siguiente le mostraría todo lo que deseaba. “*Pero llegó la mañana*”, recordó después Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, p. 114), “y en vez de presentarse a buscarnos el ingeniero en persona, vino uno de sus ayudantes en su nombre, diciéndome que su jefe había tenido que salir apresuradamente la noche anterior; que en su nombre me presentaba las más repetidas excusas, y que él nos guiaría y enseñaría los trabajos de perforación, suministrándonos cuantas noticias pidiésemos”. “*La estratagema*”, añadía, “estaba vista: el ingeniero, no pudiéndose oponerse de frente a la carta del general Menabrea, había apelado a la estratagema de la fuga”.

El ayudante le llevó al túnel, pero únicamente le mostraba los trabajos de perforación que se hacían mediante los procedimientos tradicionales. Veamos lo que sucedió entonces, utilizando una vez más las palabras de Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, pp. 115-116):

“Yo estaba ya nervioso. Traía orden de España de ver las perforadoras, de estudiarlas y de escribir una Memoria sobre la marcha de los trabajos y la manera de funcionar de los mecanismos en cuestión.

Esto último era imposible, porque aún no funcionaban, pero podía, al menos, verlos y estudiarlos, y si no lo conseguía, el viaje era inútil, y el dinero que me habían dado para él se había gastado sin provecho alguno, convirtiéndose mi expedición científica en tournée de puro recreo.

Volví a la carga, saqué el reloj, le hice observar que apremiaba el tiempo y que yo tenía que emprender el regreso inmediatamente; y de tal modo le asedié, que al fin, nos encaminamos al cocherón en que tenían guardadas y ocultas las máquinas. En él entramos; y la verdad es que casi todas estaban desmontadas, y sólo una parecía completa.

Ante ella me planté, y, como la cosa más natural del mundo, saqué un papel y un lápiz para tomar el croquis del aparato. ¡Era mi venganza! Aquí mi acompañante, sin poder dominar su alarma, me detuvo diciéndome que lo sentía mucho, pero que estaba prohibido tomar dibujos de ningún mecanismo de los que habían de emplearse en la perforación.

Yo le manifesté mi asombro, aunque realmente no estaba asombrado, diciéndole que el ingeniero jefe no había puesto reparo de ningún género a que yo examinase y estudiase los nuevos mecanismos.

Pero él insistió, y yo, entonces, guardando el papel y el lápiz, le rogué que fuera a consultar el caso con su jefe inmediato y que yo esperaría la contestación sin insistir en mis propósitos. Así lo hice, y me quedé contemplando la perforadora bajo la vigilancia de dos o tres empleados que allí andaban.

Unos veinte minutos tardó en regresar, y yo aproveché el tiempo en aprender de memoria las diferentes piezas visibles de que la perforadora se componía, empezando por un extremo y acabando por otro.

No hice esfuerzo ninguno para comprender su modo de funcionar, concentrando únicamente mi atención en la forma y sucesión de las piezas [...].

En esto volvió el ayudante, diciéndome que, sin orden superior, le era imposible permitirme sacar el dibujo que pretendía.

Me incliné respetuoso; le di las gracias por sus atenciones; lamenté que el viaje del ingeniero me impidiera despedirme de él, y a toda prisa me fui a la posada.

Mientras enganchaban los caballos, escribí en un papel, por su orden, las piezas que había aprendido de memoria, y con esto tuve ya la seguridad de reconstruir, en canto llegase a Turín, el misterioso aparato, que, en verdad, nada tenía de misterioso, ni nunca me lo había parecido.

Nos metimos en el coche, y antes de llegar tenía yo reconstruida la perforadora con bastante aproximación”.

Tal fue el origen del informe que Echegaray compuso, con la ayuda de dos de los estudiantes que le acompañaron, Manuel Pardo y Luis Vasconi. Apareció primero, publicado en 1862 por la Revista de Obras Públicas, con el título de “Idea general sobre el sistema de perforación del túnel de Mont-Cenis”. Posteriormente (1863), la Escuela de Caminos lo editó como una monografía: Memoria sobre los trabajos de perforación del túnel de los Alpes escrita en el año 1860. La vena literaria de su autor se observa desde la primera línea: “Años ha que lucha el Piamonte por conquistar el puesto que en Europa le corresponde, y del que su constancia y su fe en el porvenir, tanto como los talentos y los esfuerzos de sus hijos, le hacen digno”.

Finalmente, después de trece años de trabajos, el túnel de Mont Cenis fue inaugurado el 12 de septiembre de 1871. Tenía, tiene, 12.220 metros de longitud, de los cuales 6.790 metros están en territorio italiano y el resto en el francés. Se construyó para doble vía, con una cota media de 1.300 metros y una máxima de 1.600. La construcción se había iniciado a mano, pero durante la ejecución se emplearon las perforadoras con aire comprimido, utilizando un compresor hidráulico, de las que trataba Echegaray en su memoria. El coste total de la obra fue de 70 millones de liras, en lugar de los 38 millones presupuestados.

Visita a la Exposición Universal de Londres, 1862

En 1862, de nuevo el director de la Escuela de Caminos decidió premiar a Echegaray encargándole una comisión para que visitase, esta vez sin alumnos que le acompañasen, la Exposición Universal que se iba a celebrar en Londres: se inauguró el 1 de mayo de 1862, clausurándose el 15 de noviembre y fue visitada por 6.211.103 personas⁹. Tres meses duró su estancia en la capital británica. Como en su viaje anterior, iba acompañado de su mujer. En *Recuerdos* (tomo II, pp. 143-144) describió lo que hizo allí:

“Iba a estudiar el ramo de ingeniería en la Exposición [...] Me levantaba temprano todos los días, y me iba a pie al palacio de Kensington [...].

En la Exposición permanecía estudiándola y recogiendo datos durante tres o cuatro horas.

Después salía, tomaba un cab, iba a buscar a mi mujer, y nos íbamos a almorzar a un restaurant francés muy bueno y no muy caro, situado en Regent-Street, algo más allá del Cuadrante [...] Al terminar, nos íbamos los dos a la Exposición hasta la caída de la tarde”.

Después de la Exposición de 1851, se habían celebrado otras en Nueva York (1853), París (1855) y luego, la cuarta, la de Londres de 1862 que visitó Echegaray. El edificio que la albergó, situado en una nueva avenida de Londres, donde ahora se halla el Museo de Historia Natural (esto es, en Exhibition Road), era una gigantesca construcción de ladrillo con dos grandes domos de cristal de 76 metros de altura y 18 de diámetro, conectados con una nave de 244 metros de largo y 30 de alto. Aunque más grande que la de 1851, en un aspecto había empeorado: en la de 1851 era patente el ideal de un futuro en el que la paz reinaría entre las diversas naciones, una paz que se vería apoyada por los avances tecnológicos; en la de 1862, después de una década en la que había tenido lugar la Guerra de Crimea, motines en India, conflictos en Lombardía y Sicilia, y en la que acababa de comenzar (1861) la Guerra de Secesión en Estados Unidos, aquel ideal de paz ya no se podía sostenerse¹⁰. Lo único, que ciertamente no era poco, que la Exposición podía ofrecer era el propio desarrollo tecnológico, contemplado, eso sí, más dentro del espíritu de los negocios que del espectáculo y entretenimiento como fue en 1851; de hecho, donde aquel progreso se hacía más patente era en la maquinaria de guerra.

Tampoco ayudó el reciente fallecimiento (de diciembre de 1861) del príncipe Alberto, motivo por el cual la reina Victoria no visitó la exposición.

En cualquier caso, no hay duda de que la visita impresionó a Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, p. 149): “*De los tres meses de la Exposición Universal, que pasé en Londres, más recuerdos conservo que de años y años de vida igual y monótona en Madrid*”. En sus memorias, únicamente mencionó dos instalaciones concretas, ambas de piezas de acero, una prusiana, la fabricación Bessemer, y otra inglesa. El procedimiento Bessemer –nombre debido a su creador, el ingeniero británico Henry Bessemer– fue una de las estrellas de la exposición; introducido en 1856, se trataba del primer proceso de fabricación químico para la fabricación en serie de acero, fundido en lingotes, de buena calidad y con poco coste a partir del arrabio. Al igual que a Echegaray, el proceso Bessemer atrajo

la atención de muchos visitantes industriales, en particular los alemanes que trabajaban en la industria pesada: se adjudican las demostraciones en la exposición de 1862 al rápido crecimiento que siguió en la producción de acero en Alemania. Es interesante ver lo que Echegaray decía sobre el proceso en *Recuerdos* (tomo II, p. 150):

“Una de las instalaciones que más habían llamado mi atención era una instalación prusiana de piezas de acero.

Piezas enormes, limpias, compactas, magníficas, que los que se interesaban por estas materias no sospechaban cómo podían haberse fabricado.

Era la fabricación Bessemer, sobre la cual se guardaba por entonces el más absoluto secreto.

Yo conocía, sin embargo, de una manera bastante completa el sistema de fabricación; porque el conocido profesor español de Química don Magín Bonet, que era hombre estudioso, de mucho mérito, que hablaba perfectamente el alemán, que en Alemania se había educado, y que tenía entusiasmo extraordinario por su ciencia, entusiasmo que a veces le hacía intolerable, había tenido la bondad, pues era buen amigo mío, de explicarme el secreto de la nueva fabricación, sorprendido por él pocos meses antes en una visita que giró a varias fábricas alemanas, y entre otras a la fábrica de Krupp.

Con ser descubrimiento importantísimo y hasta trascendental para la industria, era en el fondo de una sencillez infantil y casi una perogrullada, como son las perogrulladas de esta clase de problemas.

Todo consistía en lanzar una corriente de aire, que quemase el exceso de carbono del hierro fundido, dejando el puramente preciso para que la fundición se convirtiese en acero, con lo cual se podían obtener masas enormes de acero fundido y piezas enormes de esta sustancia”.

Otras grandes atracciones de la exposición fueron parte de la máquina de calcular de Charles Babbage, a la que se le había negado ser expuesta en 1851, y la máquina de hacer hielo de Ferdinand Carré, la precursora del refrigerado doméstico¹¹. Abundaron también, por supuesto, las máquinas eléctricas, entre ellas las relacionadas con la telegrafía.

Sin embargo, en sus memorias Echegaray se detuvo más en una propuesta sorpresa que recibió mientras estaba en Lon-

dres, y que le obligó a viajar a París. Un día, en efecto, recibió un telegrama de Leopoldo Brookman, un discípulo suyo de la Escuela de Caminos, que entonces estaba trabajando para José de Salamanca, el hombre de negocios que amasó una gran fortuna y que también fue diputado y ministro, al que hoy se conoce más como marqués de Salamanca. “Ven inmediatamente. Te necesito para un asunto importante y de mucha urgencia. No admito excusas”, decía la misiva. De lo que se trataba era de una idea que bien se podría calificar de “fantástica”, sino “fantasiosa”. Dejemos que sea el propio Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, p. 180) quien la explique:

“Y el proyecto era este: el paso del Canal de la Mancha por medio de un ferrocarril colosal.

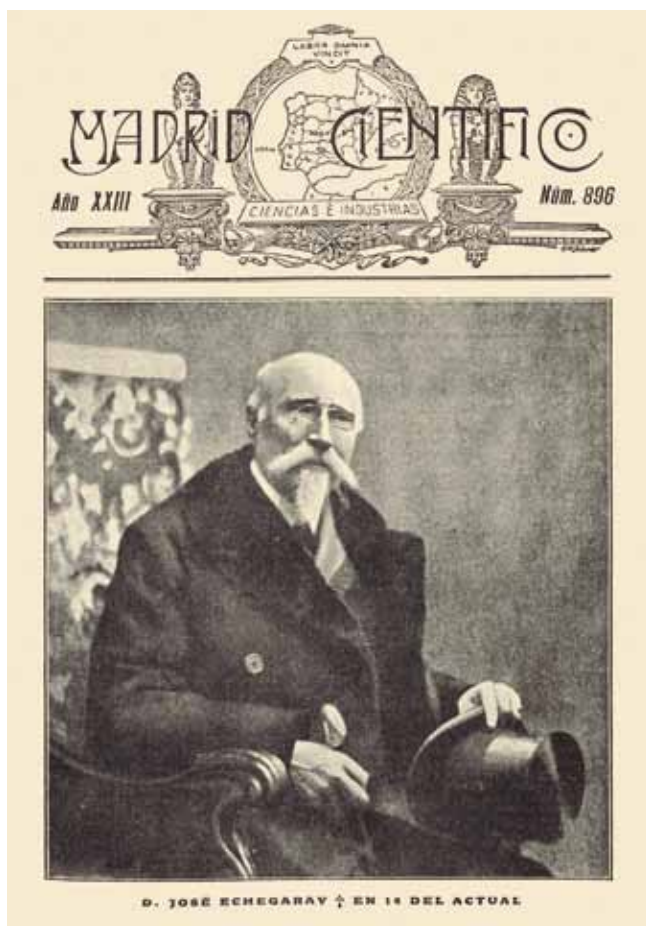
No se trataba de un túnel: tal proyecto ya existía; no pretendía Brookman construir un puente de orilla a orilla, idea que tampoco era nueva. Tratábase de un ferrocarril, como digo, cuya vía robusta, poderosa y de construcción especialísima, había de ir por el fondo del Estrecho, escogiendo naturalmente, la parte de menor profundidad, que resultaba ser de unos cincuenta metros en el centro.

Sobre esta vía correría de una costa a otra, desde Francia a Inglaterra quiero decir, un gran almacén de hierro, una especie de torre a cuya plataforma pasaría el tren que llegaba de Francia, y la torre, movida por enormes hélices, lo transportaría hasta la costa de Inglaterra, y viceversa”.

La idea se la propuso Brookman a Salamanca, y éste, ni corto ni perezoso, al emperador Napoleón III, que contestó que si era técnicamente factible, apoyaría el proyecto. Para preparar el proyecto, que Salamanca exigía terminar en pocos días, Brookman reclamó la ayuda de Echegaray. En cinco días lo prepararon, “un trabajo serio sobre una empresa muy artística, pero que tenía de artística tanto como de quimérica” (*Recuerdos*, tomo II, p. 184). Echegaray egresó entonces a Londres. Más tarde se enteró que Napoleón III recibió la memoria correspondiente (que Echegaray no quiso firmar con Brookman), la envió a una comisión que nombró y que informó negativamente.

Echegaray y las matemáticas (2): geometría

Los estudios matemáticos de Echegaray que mencioné al principio tenían que ver sobre todo con su educación, y aunque muestran detalles importantes de lo que iba conociendo acerca del estado de la matemática, poco ofrecían para ayudar a mejorar el panorama matemático español de la época. Pero tras su entrada en la Academia de Ciencias en 1866, sus aportaciones



a la matemática española cambiaron de cariz, hasta el punto de hacer exclamar a Rey Pastor, tal vez algo exageradamente pero con argumentos: “Para la Matemática española, el siglo XIX comienza en 1865, y comienza con Echegaray”¹².

En realidad, 1865 es mal punto de partida; mucho más adecuado es 1866, el año en que comenzó a publicar en la Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales sus trabajos sobre la geometría superior, que aparecerían en forma de libro el año siguiente con el título de *Introducción a la Geometría superior* (1867)¹³. En esta obra importaba a España el sistema geométrico de Michel Chasles, que por aquellos años gozaba de gran popularidad en Francia y que constituiría más tarde el punto de partida para la “revolución geométrica” operada en España por obra de Eduardo Torroja, a la que también contribuyó, aunque con menos intensidad que Torroja y sus discípulos, el activo catedrático de la Universidad de Zaragoza, Zoel García de Galdeano, y en la que bastantes años más tarde

también participaría el joven Rey Pastor. Sobre la idea que el propio Echegaray tenía de su contribución como iniciador de estos estudios, no queda la menor duda cuando se leen sus palabras: “En España desgraciadamente nunca se ha explicado esta materia, ni jamás se ha contado con ella en nuestros programas de enseñanza”¹⁴.

En lo relativo a qué obras de Chasles había estudiado Echegaray –y cuándo lo había hecho–, tenemos sus *Recuerdos*, en los que señalaba (tomo 1, p. 285) que había tomado contacto –cuando tenía “veintiocho o treinta años”– con las ideas de Chasles a través de dos de las obras de éste: el *Traité de géométrie supérieure* (1852) y el *Traité des sections coniques* (1865)¹⁵.

La opinión que el propio Echegaray tenía de su *Introducción a la Geometría superior* aparece en esos mismos *Recuerdos* (tomo II, pp. 290-291), donde escribía:

“Trátase de un libro hecho con cariño, y me parece que las teorías están expuestas con suma claridad y por métodos que casi son míos, aunque después y en obras posteriores del extranjero he visto métodos análogos.

Nada tienen de maravilloso, ni exigen esfuerzo alguno, y en rigor están contenidas en las obras clásicas que yo estudiaba; pero de todas maneras me parecen muy apropiadas para la propaganda de la alta Geometría [...].

Mi libro se refería principalmente a los geómetras franceses; por ejemplo, Poncelet y Chasles”.

Jean-Victor Poncelet (1788-1867), su maestro, el gran geómetra y administrador Gaspard Monge (1746-1818), y Michel Chasles (1793-1880), figuran entre los más destacados defensores del valor en la geometría de los métodos sintéticos (empleado, por ejemplo, por Newton) frente a los algebraicos y analíticos que dominaron esa rama de la matemática desde los tiempos de Descartes¹⁶. Es significativo, que estos tres matemáticos estuviesen ligados a la École Polytechnique, cuyo modelo siguió la Escuela de Caminos de Madrid. En realidad, el tipo de enfoque geométrico (íntimamente ligado a la geometría descriptiva) utilizado por, en especial, Monge y Poncelet, tiene elementos que, independientemente de su indudable sofisticación matemática, le hacen natural, o conveniente, a científicos con intereses aplicados. Asimismo, existe una relación directa entre la fama de la École Polytechnique y el hecho de que la geometría, tan desarrollada y enseñada en esa Escuela, gozase en Francia del prestigio de que carecía en Alemania.

Al discutir e introducir este tipo de problemas geométricos, Echegaray estaba tocando una de las áreas de la matemática que más – y, finalmente, de manera más original – se desarrollaron durante todo el siglo XIX; un área en la que, tras el impulso dado por los matemáticos franceses que acabo de citar, los trabajos (basados en planteamientos tanto sintéticos como analíticos, o, incluso, unificadores) de, entre otros, Augustus Möbius, Jacob Steiner, Julius Plücker, Christian von Staudt y Felix Klein, fueron protagonistas principales.

Después de su *Introducción a la Geometría superior*, Echegaray dio un nuevo paso en la introducción de nuevas teorías matemáticas en España con la publicación, en 1868, de su *Memoria sobre la teoría de las determinantes*. Pero no se hacía demasiadas ilusiones con su libro, que se abre con la siguiente “Advertencia”: “Esta Memoria es un arreglo, y casi pudiera decir que una traducción libre de la parte elemental de la excelente obra del profesor Trudi. No conozco libro mejor escrito que el del profesor italiano: claridad, método, exactitud, todo lo reúne, y lo más a que puedo aspirar es a que en mi trabajo se refleje algo de las brillantes cualidades del original”¹⁷.

La teoría de los determinantes, el más inmediato predecesor de la teoría de los invariantes, fue concebida originariamente por Leibniz, mejorada, entre otros, por Vandermonde en el siglo XVIII y por Cauchy en el XIX, y perfeccionada finalmente por Jacobi y Hesse. El libro de Echegaray –en el que aparte de Trudi no se menciona a ningún otro matemático– constituye una exposición muy completa y clara de, como él mismo reconocía, las partes elementales de la teoría de los determinantes, un instrumento tan útil para la física, la matemática y la ingeniería que ya hace mucho tiempo que se estudia en los primeros cursos de esas carreras. Cumplió Echegaray, por consiguiente, una importante función, pero limitándose a lo más esencial; dejando al margen, por ejemplo, los resultados sobre divisores elementales que James Sylvester había obtenido en 1851, y que entroncaban directamente con la teoría de invariantes (en este caso de formas cuadráticas) que sería una de las áreas de investigación matemática preferentes a finales del siglo pasado y comienzos del presente¹⁸.

De hecho, aparentemente sus intenciones eran continuar tratando la teoría de los determinantes, preocupándose, por ejemplo, por sus aplicaciones. Así, un año después de la aparición del libro que acabo de citar, publicó en la *Revista de los Progresos de las Ciencias* un artículo titulado precisamente “Aplicación de las determinantes”, en el que abordaba el tema de la “Resolución de un sistema de ecuaciones lineales”, in-

troduciendo lo que en la actualidad se denomina “Regla de Cramer”. Este artículo estaba pensado como el primero de una serie, pero, por un motivo u otro, el caso es que su propósito inicial no prosperó. Merece la pena citar los primeros párrafos de este trabajo, ya que en ellos Echegaray se extendió algo más acerca de las fuentes de las que se nutría de lo que hizo en la *Memoria sobre la teoría de las determinantes*¹⁹:

“Me propongo en estos artículos dar una sucinta idea de las principales aplicaciones de las determinantes. En cuanto a su teoría puede verse en varias obras elementales, entre las que merecen citarse las siguientes: el Álgebra de Laurent, el Álgebra superior de Serret, el Álgebra superior de Salmon.

También en la Revista de Obras Públicas se halla un extracto de la obra del profesor Trudi [los artículos que forman su Memoria sobre la teoría de las determinantes]. Los primeros capítulos del presente trabajo, son casi la traducción de la segunda parte de dicha obra, incomparable por su método y su claridad; para los restantes he consultado la teoría de las determinantes de Brioschi, y varias publicaciones alemanas.”

Echegaray y las matemáticas (3): la cuadratura del círculo y la teoría de Galois

Una de las facetas de Echegaray que más admiración producen es la de su capacidad de simultanear su afición por las matemáticas con otros intereses. Hemos visto, por ejemplo, como su vida sufrió un cambio radical a partir de 1868 y, no obstante, continuó estudiando y efectuando contribuciones al conocimiento de la matemática en España. Una de esas contribuciones (en realidad, varias, ya que inicialmente fueron artículos en la *Revista de los Progresos de las Ciencias*, volúmenes XXI y XXII) fue la monografía que publicó en 1887: *Disertaciones matemáticas sobre la cuadratura del círculo. El método de Wantzel y la división de la circunferencia en partes iguales*.

Uno de los pocos problemas (que data de al menos los tiempos de Anaxágoras, *circa* 460 a. C.) cuya fama ha traspasado los límites de las matemáticas, digamos profesionales, ha sido el de la cuadratura del círculo; más concretamente, el de si es posible construir, utilizando únicamente un compás y un cartabón, un círculo cuya área sea igual a la de un cubo. Este problema fue el que abordó Echegaray en la publicación que acabo de citar, pero antes de pasar a ese trabajo es conveniente explicar algo de la historia del problema.

Comenzaré refiriéndome a los números racionales (cocientes de números enteros). Los racionales son siempre raíces de

una ecuación lineal del tipo $ax+bx+c=0$, donde a , b y c son enteros. Ahora bien, es obvio que ecuaciones de este tipo son muy poco generales; están también, por ejemplo, los números irracionales, que no son soluciones de esas ecuaciones. Desde Euclides se sabía que las raíces de una ecuación cuadrática, $ax^2+bx+c=0$, donde a , b y c son múltiplos enteros de una longitud dada, se pueden construir geoméricamente con regla y compás (método euclídeo). Por otra parte, están las más generales ecuaciones de la forma $ax^n+bx^{n-1}+\dots+px+q=0$. Las raíces de una ecuación algebraica como ésta, siendo $n>0$, reciben el nombre de “números algebraicos”, y como todo número racional es raíz de una ecuación de ese tipo con $n=1$, surge de manera natural la cuestión de si todo número irracional será o no raíz de una ecuación de esa forma, para algún n mayor o igual que 2. En 1844 Liouville construyó una amplia clase de números reales no algebraicos, contestando de esa manera negativamente a la anterior pregunta. A los números reales no algebraicos se les denomina “números trascendentes”.

Demostrar que un número real concreto, tal como e o π , es trascendente, es muy difícil. Siguiendo el camino abierto por Liouville, Hermite consiguió demostrar en 1873 que e no podía ser raíz de ninguna ecuación polinómica con coeficientes enteros; es decir, que era trascendente. El problema con el número π resultó más difícil. Lambert en 1770 y Legendre en 1794 habían demostrado que π y π^2 son irracionales, pero esta demostración no puso término a la vieja cuestión de la cuadratura del círculo; quedaba por demostrar la trascendencia de π , porque en ese caso π no sería raíz de una ecuación de segundo grado y, por consiguiente, no se podría construir con regla y compás. Fue Ferdinand Lindemann quien, en una memoria publicada en los *Mathematische Annalen* en 1882, bajo el título “Über die Zahl π ” (“Sobre el número π ”), demostró concluyentemente que π era un número trascendente.

Pues bien, cuando se intenta precisar la fecha exacta en que llegó a España la noticia del descubrimiento de la trascendencia de π , o de la imposibilidad de la cuadratura del círculo, se observa que, como señalaba Rey Pastor (1915), antes de 1886 se encomia por todos la *dificultad* de la cuadratura, que se consideraba como “descomunal empresa”. Así, nada menos que en el volumen correspondiente a 1885 del *Anuario de la Academia de Ciencias de Madrid* Miguel Merino afirmaba que, desgraciadamente, no era posible “tomar resolución alguna que aparte la turba de los cuadradores del círculo”, como habían hecho algunas corporaciones extranjeras, teniéndose que resignar “a examinar con paciencia cuantas singularidades se les ocurra presentar”.

Esta era la situación cuando Echegaray publicó un artículo, “Sobre la imposibilidad de la cuadratura del círculo”, en el volumen el XXI, correspondiente a 1886 de la *Revista de los Progresos de las Ciencias*, artículo que abre la obra *Disertaciones matemáticas*. Un dato a tener en cuenta con relación al artículo de Echegaray en que éste no leyó el trabajo de Lindemann: “Como a pesar de mis deseos y de mis esfuerzos”, escribió en la “Advertencia inicial” de su trabajo, “no he podido ver la Memoria original del insigne matemático, he tenido que limitarme a sospechar lo que su demostración podrá ser; aclaración que importa, para que el lector sepa a qué atenerse, y que importa además, porque la materia es un tanto sutil y sobre ella no se ha dicho la última palabra”.

Echegaray supo acerca de la investigación de Lindemann a través del tomo 1 de la 5.ª edición del *Tratado de Geometría* de Rouché y Comberousse²⁰, en el que no aparecía con todo rigor la demostración de Lindemann, de ahí que su contribución fuese realmente una reconstrucción. En medio de sus intensos trabajos literarios de aquellos años, Echegaray daba, de verdad, acaso por primera vez, talla de matemático. A pesar de no haber podido acceder al artículo de Lindemann, no fue la suya una contribución original (jamás fue, repito una vez más, un matemático original, creativo), pero no importa, se había acercado más que nunca a las investigaciones de la matemática de su tiempo. Es comprensible, aunque un tanto exagerado, por consiguiente, que Rey Pastor, que siempre demostró tener una especie de predilección por Echegaray (también por Zoel García de Galdano), exclamase años más tarde: “en todas las regiones de la Ciencia [...] a cada idea o hecho nuevo, corresponde una fecha y un nombre propio; como a cada nueva estrella y a cada cometa, va inseparablemente unido el nombre de su descubridor en los cielos. En la esfera mucho más modesta de la historia científica de un país, le corresponden también dos coordenadas geográficas que determinan su introducción en él; y en este ejemplo, son: una fecha, 1886, y un nombre: Echegaray”²¹.

En lo referente al resto de *Disertaciones matemáticas*, lo más destacable es la explicación que daba Echegaray de algunos teoremas desarrollados por Pierre L. Wantzel en el *Journal de Liouville* en 1837, y que eran necesarios para la demostración de Lindemann.

La siguiente obra matemática importante de Echegaray tuvo como escenario primero una institución a la que el polifacético don José estuvo ligado: el Ateneo Científico y Literario de Madrid. Una de las funciones del Ateneo era la de actuar como Escuela de Estudios Superiores, y fueron muchos los

personajes más prestigiosos de España, en las ciencias, las letras y las artes, que explicaron temas avanzados en sus aulas, especialmente a finales del siglo XIX y comienzos del XX, entre ellos Leopoldo Alas, Adolfo Álvarez Buylla, Gumersindo Azcárate, Ignacio Bolívar, José Canalejas, Manuel Bartolomé Cossío, Joaquín Costa, Zoel García Galdeano, que disertó sobre “Historia de las Matemáticas”, el mismo tema que eligió Eduardo Saavedra, Eduardo Hinojosa, José Marvá, Marcelino Menéndez y Pelayo, Ramón Menéndez Pidal, el propio Moret, Emilia Pardo Bazán, Santiago Ramón y Cajal, José Rodríguez Carracido, José Rodríguez Mourelo y Luis Simarro, aparte de Echegaray. El primer curso que éste desarrolló fue (1896-1897) uno dedicado a la “Resolución de las ecuaciones de grado superior y teoría de Galois”. Aquel curso el interés que despertó la iniciativa fue considerable, registrándose cifras de matrícula muy elevadas: el más numeroso fue el curso de Emilia Pardo Bazán, para el que se apuntaron 825 personas, pero también nos encontramos con que a los cursos de, por ejemplo, Ramón y Cajal, Simarro o Gumersindo de Azcarate asistieron, respectivamente, 221, 167 y 243 alumnos. En cuanto al curso de Echegaray, la matrícula fue 122 (cifra muy alta, dada la temática abordada), y el número de lecciones dictadas, 21²².

Augusto Krahe (1916: 480), que asistió a aquel curso, describió, años más tarde, cómo fue evolucionando la asistencia al mismo²³:

“Con las conferencias tuvo más de una desilusión. A don José, como es de suponer, le gustaba reunir público numeroso y entendido; al principio vio colmados sus deseos. De los numerosos asistentes a sus primeras lecciones tan sólo una mínima parte podía seguir sus explicaciones con fruto; pero el resto de los asistentes, que creían, sin duda de buena fe, que con los recuerdos de lo que estudiaron en la segunda enseñanza y la mágica palabra de Echegaray iban a salir gratis y cómodamente de las conferencias, con más sapiencia en substituciones que el propio Camilo Jordan, se desengañaron pronto y abandonaron al maestro. A éste, si bien le escoció la huida, no le abatió, pues con el mismo brío juvenil que arremetió en la primera lección, dio fin a la última.

A sus conferencias finales asistían ocho o diez personas, entre las cuales estaban León y Ortiz, el general Benítez, Amós Salvador, Octavio de Toledo y el querido amigo Juan V. Alonso”.

El siguiente año (1897-1898) Echegaray continuó con el mismo tema, aunque la cifra de estudiantes con que contó fue ya más razonable, 32, siendo 23 las lecciones dictadas (en general

todos los cursos vieron reducidos drásticamente el número de asistentes). El año siguiente (1898-1899) el interés se apagó considerablemente, y no sólo en número de alumnos, sino también en cursos impartidos, 16 frente a 28 el año anterior. Esa vez Echegaray varió de tema, abordando el de “Estudio de las funciones elípticas” (tuvo 24 alumnos y dio 14 clases), con el que prosiguió el curso siguiente. De hecho, continuó ocupando una cátedra en la Escuela Superior del Ateneo todos los años hasta el curso 1904-1905, en el que eligió el tema de “Ecuaciones diferenciales en general y, en particular, las lineales”. A partir de entonces, sus cursos en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, como –lo veremos más adelante– catedrático de Física matemática, absorberían sus energías didácticas. Pero queda claro, de los anteriores comentarios, que durante unos cuantos años fueron las tribunas del Ateneo las que le permitieron, alejado, por la política primero y el teatro después, desde hacía mucho tiempo de las aulas de la Escuela de Caminos, continuar su labor docente en matemáticas.



Echegaray en la biblioteca de su casa, La Esfera, n.º 5, Madrid 1914

En al menos una ocasión Echegaray se refirió a sus cursos en el Ateneo, mencionando algo del carácter que les quiso dar, así como de su contenido²⁴:

“Hace bastantes años que vengo explicando en el Ateneo de Madrid y en las clases de estudios superiores, una serie de lecciones sobre teorías matemáticas, que son, al mismo tiempo, de altas matemáticas, y de propaganda.

De altas matemáticas, porque en dichas lecciones me ocupo en problemas de orden superior; y de propaganda, porque parto siempre de los conocimientos que pueden adquirir los jóvenes en nuestras Universidades y en nuestras escuelas especiales. Es un trabajo, por decirlo así, de transición, entre lo elemental y lo más elevado de la Ciencia.

En esta serie de cursos, he explicado las materias siguientes: la teoría de las substituciones y los métodos de Galois; las funciones elípticas, desde los trabajos de Legendre hasta los métodos modernos de Weierstrass; la teoría de las funciones abelianas; y en el curso anterior, empecé el estudio de la integración de ecuaciones diferenciales, ocupándome únicamente en el de la ecuación $dy/dx = X(x,y)$ ”.

Los “métodos de Galois” a los que se refería aquí, constituyen una de las mayores aportaciones de Echegaray a la mejora de la matemática en España. Estrictamente, el título de su curso fue de *Resolución de ecuaciones y teoría de Galois*, cuyo contenido publicó en dos volúmenes²⁵.

El problema de la resolución algebraica de ecuaciones figura entre los más antiguos de la matemática. Desde los inicios del álgebra moderna se desarrollaron varios métodos para resolver ecuaciones de hasta cuarto grado (los trabajos de, entre otros, Diofanto, Tartaglia, Cardano, Ferrari, Descartes, Gauss o Vandermonde), pero tales procedimientos, en general aislados entre sí y basados en artificios de cálculo, difícilmente podían ser considerados como constituyentes de una teoría. Más profundas, sino por los problemas que resolvieron en una primera instancia, sí por los caminos que abrieron, fueron las ideas y contribuciones de Lagrange. A lo más que pudo llegar el gran matemático francés fue a argumentar que la solución de ecuaciones generales de grado superior a 4 ($n > 4$) mediante operaciones algebraicas era *probablemente* imposible. No obstante el poco éxito conseguido por Lagrange en respuestas definitivas, el método que empleó iluminó los motivos por los cuales se podía resolver el problema para $n < 4$ y $n = 4$ y no para $n > 4$; tal contribución fue importante para Abel y Galois.

Además, la idea de Lagrange de que se debe considerar el número de valores que toma una función racional cuando se permutan sus variables, conduciría posteriormente a la teoría de los grupos de permutación o sustitución.

Fue Niels Henrik Abel (1802-1829), “el Newton del Norte” como le denominó Echegaray, quien demostró que es imposible resolver algebraicamente, por radicales, las ecuaciones generales de quinto grado. Buscando cuales son las ecuaciones particulares susceptibles de ese tipo de resolución, en 1829 Abel obtuvo, asimismo, una clase de ecuaciones que hoy llevan, a propuesta de Kronecker, su nombre: abelianas²⁶. Los resultados de Abel no fueron sino el preludio de unos descubrimientos más importantes para la teoría de la resolución de ecuaciones, descubrimientos que asentarían esa teoría sobre una base definitiva. Me estoy refiriendo a la obra de Evariste Galois (1811-1832).

Lo que Galois se propuso fue desarrollar la teoría general de las ecuaciones algebraicas que pueden ser resueltas por medio de ecuaciones auxiliares de grado menor. Galois (1846) se dio cuenta, y este es el punto capital de sus investigaciones, de que este difícil problema está regido en cada caso particular por un cierto grupo de sustituciones, en el cual se reflejan las propiedades más importantes de la ecuación algebraica considerada. Este descubrimiento, que los sucesores de Galois, y en particular Camille Jordan (1870), esclarecerían y desarrollarían, tiene consecuencias que afectan a un área más vasta de la matemática que la teoría de resolución de ecuaciones.

De todos estos temas, trató Echegaray en sus cursos. Ahora bien, aunque con la publicación de su curso del Ateneo Echegaray fue el primer español en dedicar una obra que, independientemente de sus limitaciones, desarrollaba de manera sistemática una parte importante de las investigaciones de Galois, no es cierto que antes de él no se hubiese hablado de ellas en España. Frente a la opinión de Rey Pastor, que llegó a decir que “Echegaray trajo las obras de Serret, Salmon, Jordan”, hay indicios suficientes como para pensar que la obra de Galois (y de algunos de los que desarrollaron sus ideas) ya había atraído la atención de matemáticos españoles antes del curso de Echegaray en el Ateneo²⁷. En su breve pero elegante *Las modernas generalizaciones expresadas por el Álgebra Simbólica, las Geometrías no-euclídeas y el concepto de hiper-espacio*, Zoel García de Galdeano, que ya en su Tratado de Álgebra de 1886 y en su Crítica y síntesis del Álgebra de 1888 había citado el teorema de Galois, escribía después de enunciar, una vez más, ese teorema²⁸:

“Y con el fin de no prolongar estas indicaciones hartamente conocidas respecto a la teoría edificada por Lagrange, Abel y Galois sobre las ecuaciones, sólo recordaremos que, establecidas por Abel las condiciones de resolubilidad, Galois llegó a emplear su método de la adjunción sucesiva de raíces de ciertas ecuaciones que, reduciendo el grupo de la ecuación propuesta, conduce a su resolución por medio de radicales.

Nuestro propósito al enumerar estos trabajos reunidos en la obra magistral de M. Camille Jordan, Traité des substitutions et des équations algébriques, y de los que han hecho recientemente elegantes resúmenes los señores Borel y Drach en su Introduction à l'étude de la théorie des nombres et de l'Algèbre supérieure, y el señor Vogt en su obra Leçons sur la résolution algébrique des équations, no es otro que el señalarlos como precedentes de las importantes in-vestigaciones del sabio matemático noruego Herr Sophus Lie [...] a las que deben unirse las del eminente geómetra F. Klein”.

Lo que desde luego está claro es, en mi opinión, que en ningún otro lugar Echegaray llegó a alturas matemáticas comparables. Se enfrentó con una de las teorías más difíciles de la matemática del siglo XIX, con notable retraso, es verdad, pero, y a pesar de las indudables simplificaciones en que incurrió al desarrollar las correspondientes demostraciones, lo hizo con dignidad y dando, al mismo tiempo, una lección de ambición científica a sus, en general, mucho más jóvenes colegas.

Física y química: Tratado elemental de termodinámica, Teoría matemática de la luz y Observaciones y teorías sobre la afinidad química.

Además de a las matemáticas, Echegaray dedicó también atención a la física, campo en el que publicó dos libros. Según el propio Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, p. 289), esas obras eran de “propaganda científica, no de ciencia popular [...] sino de alta ciencia”. La primera fue un *Tratado elemental de termodinámica*, publicado en 23 entregas entre 1868 y 1871 en la Revista de Obras Públicas y más adelante en forma de libro. De esta obra dijo Echegaray (*Recuerdos*, tomo II, p. 289), en unos comentarios preciosos a la hora de estudiar la introducción de la termodinámica en España, que “estaba inspirada en los trabajos más modernos, por entonces, del extranjero, y era materia desconocida en España y que no se enseñaba en ninguna parte, ni en Escuelas especiales, ni en Institutos; por de contado, ni en los libros de Física de entonces, ni en las Universidades tampoco aparecía”.

Con relación a *Teoría matemática de la luz*, publicada en 1871 como libro y en artículos en distintos tomos de la *Revista de*

los Progresos de las Ciencias, diré que allí Echegaray se proponía: “hacer sobre la Teoría matemática de la Luz un trabajo del mismo género que el que hicimos tiempo ha sobre la Geometría superior: es decir, condensar en breves páginas lo más elemental de dicha Teoría, para que pueda servir de introducción al estudio de las obras clásicas, y particularmente a los admirables trabajos de Cauchy”²⁹. Sus tres capítulos estaban dedicados a: “Fórmula de Fourier” (desarrollo de funciones en series trigonométricas), “Teoría de los residuos y aplicaciones” y “Cambio de variables bajo el signo integral y otras cuestiones matemáticas”.

Aunque apareció bastantes años después, mencionaré ahora un pequeño folleto de setenta páginas, titulado *Observaciones y teorías sobre la afinidad química* (1901), es decir uno sobre química. Para ver de qué trataba, lo mejor es citar algunos pasajes extraídos de sus primeras páginas³⁰:

“Aun cuando llegan las ciencias a cierto estado de perfección, se necesitan fuerzas diversas para explicar los hechos naturales.

Para la astronomía se necesita la gravitación. Para la física, la cohesión. La afinidad para la química [...]

Todavía puede considerarse a la cohesión como una forma de la gravitación universal. Pero la afinidad química se resiste con resistencia invencible a formar parte de otras unidades.

Es que en rigor la afinidad química presenta caracteres, al menos en la apariencia, si no opuestos, totalmente distintos de aquellos que acompañan a la atracción newtoniana. ...[En gravitación a] mayor masa, mayor atracción [...] Nada de esto sucede con la afinidad química: casi pudiéramos decir que sucede lo contrario.

La afinidad no es universal entre todas las sustancias: unas se atraen químicamente, otras no; bien al contrario de lo que sucede en la gravitación [...]

Diríase, pues, dadas estas diferencias radicales entre la atracción newtoniana y la afinidad física, que ambas fuerzas son de naturaleza radicalmente distintas.

Pero ¿lo son en realidad? ¿No habrá medio de ponerlas en relación? Cuando la afinidad acaba, ¿empezará la gravitación y no habrá medio de establecer cierta ley de continuidad entre ambas?”.



En la Real Academia de Ciencias en el 50 aniversario de su ingreso, entregando a Leonardo Torres Quevedo el Premio Echegaray, *Revista Ibérica*, nº 117 (1916)

De manera más explícita, lo que Echegaray se preguntaba era si no sería posible “convertir la química en una mecánica racional de los átomos”. Aunque no se le ocultaba “que el problema es de una dificultad inmensa; que acaso no le ha llegado su tiempo; que tal vez pasarán siglos antes de que aparezca el Newton de la química”, Echegaray se lanzó, con una ingenuidad admirable, a efectuar algunos comentarios sobre el problema: “Como el lector podrá observar, estas breves páginas no tienen la pretensión de explicar matemáticamente ninguno de los grandes problemas de la química, ni aspiramos tampoco a fijar el carácter de la fuerza de afinidad. No son una explicación... sino un conjunto de reflexiones sobre el fenómeno químico en sí mismo. Reflexiones provocadas por esta pregunta: ¿podrá algún día el problema de la química reducirse a un problema de mecánica? Creemos que sí. Y nuestras observaciones tienen una orientación en este sentido”³¹.

No sólo fueron comentarios de orden general los que realizó Echegaray en estas *Observaciones y teorías sobre la afinidad química*, también reflexionó sobre leyes de fuerza del tipo de la que rige la atracción gravitacional en la teoría newtoniana, aunque dejando libre la forma específica de la dependencia de las distancias. Para ello introdujo (Echegaray 1901: 66) “masas (M) de centros ponderables” y “masas (m) de atmósfera de éter”; las M atrayéndose entre sí, las m repeliéndose, y cada M siendo atraída y atrayendo a todas las m. Entre otras aplicaciones de sus ideas, analizó el fenómeno de la electrolisis. Su hipótesis

era que “las atracciones entre el éter y la materia ponderable dependen de potencias superiores de la distancia en el denominador de la fórmula [newtoniana]”, y con ella aspiraba a explicar el fenómeno de la disociación de un electrolito. Con la excepción de dos breves trabajos debidos a Francisco Cebrián (1909) y a Rafael Vilar Fiol (1911), no tengo noticia de que sus ideas suscitasen reacción alguna³². De hecho, el contenido de este opúsculo refleja con claridad el mundo, entre newtoniano y maxwelliano en el que se movía nuestro personaje. La mecánica racional y el electromagnetismo (en el que la interacción mecánica entre carga y éter/campo constituyen elemento básico), eran los pilares del universo físico de Echegaray. Aspiraba a convertir a la química en “una mecánica racional de los átomos”, y creía que todavía podían transcurrir siglos antes de que apareciera “el Newton de la química”. No lo sabía, naturalmente, pero los Newton (los “nuevos”, porque el primero fue Lavoisier) de la química ya habían nacido y, algunos, comenzado a trabajar cuando (que nació precisamente en 1901) escribía aquellas líneas: eran los Planck, Einstein³³, Sommerfeld, Bohr, Heisenberg y Schrödinger, y todos aquellos que construyeron –no en siglos, sino en, escasamente, un cuarto de centuria– la mecánica cuántica, la teoría que haría que, al menos a nivel de primeros principios, la química se pudiese considerar como un apartado de la física³⁴.

Comisionado en el Congreso Internacional de Ferrocarriles celebrado en París en 1900

Ya hemos visto que Echegaray había estado en París en 1860 y 1862, y tuvo que volver en 1873, en circunstancia menos amables. A raíz de la abdicación, en febrero de 1873, de Amadeo de Saboya, a quien el asesinato de Prim había privado de su principal valedor, el poder legal quedó en las Cortes, que se constituyeron en Asamblea Nacional. Esta Asamblea fue la que proclamó, el 11 de febrero de 1873 y por 258 votos contra 32, la Primera República española. Cuando en junio se reunieron las Cortes Constituyentes, con mayoría de republicanos federales, se nombró una comisión permanente de la que también formaba parte Echegaray, que no hacía mucho había ocupado la cartera ministerial de Hacienda (entre el 13 de junio y el 19 de diciembre de 1872). Precisamente por su participación en aquella comisión, se vio obligado, en la confusión y conflictos de aquellos meses y por motivos de seguridad, a abandonar España. Marchó a París, en donde permaneció seis meses, en los que escribió un drama que más tarde tendría gran éxito: *El libro talonario*.

En 1900, Echegaray viajó de nuevo a París, esta vez comisionado por el Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y

Obras Públicas (hasta hacía poco, simplemente Ministerio de Fomento) para asistir como delegado de ese centro al congreso que se celebró allí entre los días 20 y 29 de septiembre, como parte de las actividades desarrolladas durante la gran Exposición Universal que se celebró allí. Era la quinta que había albergado la capital francesa, tras las de 1855, 1867, 1878 y 1889, y la que dispuso de un mayor espacio (113 hectáreas, con un anexo en el Bosque de Vincennes de 111 hectáreas), con instalaciones que iban desde la École Militaire hasta el Trocadéro, donde la torre Eiffel sobrevivía de la exposición de 1889; hubo casi 100 pabellones franceses y 75 extranjeros., que acogieron alrededor de 83.000 exhibiciones, con las de temas de electricidad figurando entre las más visitadas. Inaugurada el 15 de mayo, cerró sus puertas el 12 de noviembre, después de que la visitasen 50.860.801 personas.

Junto a Mariano Carderera y Alfredo Mendizábal, Echegaray preparó un informe de aquel congreso, una extensa memoria publicada bajo el título de *Congreso Internacional de Ferrocarriles celebrado en París en el año de 1900* (Biblioteca de la Revista de Obras Públicas, Madrid 1901), en la que también se incluían las memorias de otros dos congresos celebrados allí, uno dedicado a los tranvías y otro a la electricidad. De una forma más accesible y general, Echegaray se refirió al congreso de Ferrocarriles en uno de los muchos artículos de divulgación que publicó durante toda su vida³⁵. Veamos algo de lo que escribió allí³⁶:

“Entre los muchos Congresos que se han celebrado en París con motivo de la Exposición Universal, el Congreso internacional de ferrocarriles, Congreso al que han acudido más de 1.400 individuos, sin contar las esposas, hermanas, hijos o próximos parientes de los congresistas o congregados, recibiendo todos simpática y espléndida hospitalidad del Gobierno francés, y siendo obsequiados en los nueve días del Congreso con fiestas, banquetes, recepciones y con gran número de visitas científicas o artísticas [...]”

El congreso internacional de ferrocarriles cuenta ya algunos años de existencia, y ha prestado grandes servicios a esta inmensa industria que se extiende por cerca de 800.000 kilómetros, que representa casi 200.000 millones de francos, y que da ocupación a unos 5 millones de hombres [...]”

La primera sesión, o, por mejor decir, la primera reunión, se verificó en Bruselas en 1885; la segunda, en Milán en 1887; la tercera, en París en 1889; la cuarta, en San Petersburgo en 1892; la quinta, en Londres en 1895; acaba de reunirse el

Congreso de París, habiendo empezado sus tareas el 20 de Septiembre y habiendo terminado el día 29 de mismo mes.

Tratase, pues, de una importantísima Asociación, en que están representadas todas las grandes fuerzas de la industria ferroviaria, a saber: la alta ciencia teórica, la ciencia práctica y experimental, ejercitándose sobre centenares de miles de kilómetros, y además un capital inmenso, que también se mide por centenares de miles de millones de francos”.

Y continuaba explicando la meticulosa y larga preparación (dos años) que habían exigido los informes presentados, así como los asuntos sobre los que éstos trataron, anunciando que el próximo congreso debía celebrarse en Washington.

Catedrático de Física matemática de la Universidad Central

Por lo que ya hemos visto, queda claro que junto a las matemáticas la física interesó mucho a Echegaray. Desde luego, y al igual que en matemáticas, pero en este caso de manera todavía más acusada, fue simplemente un expositor de teorías desarrolladas por científicos extranjeros; él nunca contribuyó con investigaciones propias. Más aún, en física fue plenamente un hombre del siglo XIX, pero del siglo XIX que sólo con dificultad, pocas veces y de manera incompleta, pudo ver más allá de la imagen clásica, newtoniana (a lo sumo electromagnética) de la naturaleza. Si recurrimos como patrón de medida al temporal, entonces sus trabajos en física se pueden dividir en dos fases: la primera llega hasta 1905, año en que fue nombrado catedrático de Física matemática de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, cubriendo la segunda el período que va desde 1905 hasta su muerte, en 1916.

La historia de la cátedra de Física matemática se remonta a 1858. En efecto, una asignatura con ese nombre formaba parte del programa general de estudios de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales que se aprobó por R.D. el 11 de septiembre de aquel año, y con el que se desarrollaba la creación de esa Facultad el año anterior (la ley Moyano). En concreto, la Física matemática era una de las dos asignaturas (la otra era la Astronomía física y de observación) que debían cursar los licenciados en Ciencias Exactas que aspirasen al doctorado³⁷. La situación cambió con el tristemente célebre ministro de Fomento, Manuel de Orovio. En un decreto debido a él, aparecido en octubre de 1866, se reducían a dos las secciones de la Facultad de Ciencias³⁸: Ciencias Físico-Matemáticas y Químicas, y Ciencias Naturales, y desaparecían las asignaturas Tratado de fluidos imponderables (correspondiente a

la licenciatura de Ciencias Físicas) y Física matemática”. Fue en 1870, con Echegaray de ministro de Fomento, cuando se volvió a incorporar la Física matemática a los programas de estudios del doctorado. En tanto que la Instrucción Pública era competencia del Ministerio de Fomento, hay que concluir que tal “recreación” fue obra de Echegaray.

Cuando la cátedra de Física matemática, correspondiente al doctorado de Ciencias Exactas³⁹, salió a oposición en 1870, Echegaray fue nombrado, a propuesta de la Facultad de Ciencias, vocal del Tribunal. Al constituirse éste fue elegido presidente. Hubo un solo opositor: Francisco de Paula Rojas. Tras efectuarse la oposición, el 1 de julio de 1871 se verificó la votación. Votaron en favor del opositor los tres primeros vocales y en contra los otros tres; sería Echegaray, con su voto afirmativo, quien adjudicaría la cátedra a Rojas. En 1905, al pedir la jubilación Rojas, el Gobierno, con el apoyo de la Real Academia de Ciencias, ofreció la cátedra de Física matemática a Echegaray, con una remuneración compatible con cualquier otra clase de haberes (téngase en cuenta que el año anterior Echegaray había recibido el premio Nobel de Literatura, y que constantemente estaba recibiendo homenajes de la España oficial; una manifestación de estos homenajes fue el que ese mismo año de 1905 volvería a ser, cediendo a los insistentes ruegos de Eugenio Montero Ríos, ministro de Hacienda).

“En el mes de mayo de 1905”, recordó Antonio Vela, “tuve el honor de acompañar al señor Rojas en su visita al señor Echegaray para acordar con éste la campaña que había de comenzar el curso próximo. Reunidos en el saloncillo del teatro español, don José nos indicó que estaba dispuesto a explicar la asignatura desde el próximo otoño, pero no a intervenir en exámenes, grados ni acto alguno que tuviera carácter administrativo. Su plan consistía en explicar una lección cada semana, publicándola inmediatamente y repartiéndola entre los alumnos y personas que asistiesen a las conferencias⁴⁰. Sería el propio Vela, por entonces profesor auxiliar de la Facultad de Ciencias, quien se encargó de redactar y explicar el programa oficial, y de cuanto se relacionaba con la validez académica de los estudios; semejante arreglo se mantuvo hasta la muerte de Echegaray, con la única variante de la sustitución de Vela –cuando éste “tuvo que dedicar su tiempo a otras atenciones de la enseñanza”– por Pedro Carrasco, quien en 1918 obtendría, por oposición, la cátedra que habían ocupado Rojas y Echegaray (la mantuvo hasta la Guerra Civil).

Una vez catedrático de Física matemática, Echegaray no se contentó con el nombramiento, sino que desde el año académ-

mico 1905-1906 –tenía entonces 73 años– hasta el 1914-1915 desarrolló un curso sobre esa materia en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Madrid. Alonso Peña Boeuf, que asistió al curso, recordó la actuación de Echegaray en los siguientes términos⁴¹:

“Con un entusiasmo rarísimo a su edad, y con un optimismo admirable, pensaba acometer la enorme empresa de escribir una Enciclopedia de la física matemática, y seguramente lo hubiera logrado si diez años antes hubiera podido comenzar [...] En los diez cursos que explicó en esta cátedra sólo pudo abarcar las teorías de la Elasticidad, los torbellinos y parte de la teoría de los gases; pero es que para llegar a la Electricidad y Magnetismo, que, a pesar de su deseo, no pudo desarrollar, había que ir ‘armado de todas armas’, como él decía con singular gracejo, y en esa preparación invirtió una gran parte del tiempo, dedicando primero un curso de gran amenidad sobre el concepto de la Física matemática y sus relaciones con la experimental, y, después, varias conferencias de iniciación puramente matemática, en la que desarrolló la teoría potencial, las ecuaciones canónicas de Hamilton y las generales de Lagrange y la teoría vectorial. Y aún le quedaban rezagados, por no haberlos podido encajar en ningún curso, el principio de Dirichlet y los polinomios de Legendre y la teoría de cuaternios y cálculo simbólico.

A principios de cada curso repetía los conceptos fundamentales del anterior, y, atribuyendo el autor a pesadez senil esta insistencia, se criticaba a sí mismo. Pero no era así, pues cada vez que repetía un concepto presentaba de tal modo sus facetas y su fecundidad que, lejos de producir cansancio, daba mayor relieve e interés al asunto.

Aun tratándose de una cátedra de gran altura científica, siempre daba a sus explicaciones y posteriores publicaciones el carácter de simpatía que fue su característica más principal”.

Del curso desarrollado por Echegaray tengo que decir que a pesar de su indudable interés y de que constituyó el esfuerzo docente más importante realizado en física matemática en España, por los datos que conozco no parece que cambiase radicalmente la situación en que se encontraba esa rama de la física y de la matemática en nuestro país; la física que se hizo en España durante la primera mitad del siglo XX fue, a lo sumo y sobre todo, física experimental. Lo que Echegaray perseguía con su curso, aparece en las primeras páginas de la primera lección del curso correspondiente al año 1910-1911, el sexto que dictaba. Decía allí:

“El objetivo final de mis tareas [es] publicar una Enciclopedia de Física matemática, que [abarque]: 1.º las principales teorías de la Física matemática clásica, las de Cauchy, Poisson, Fourier, Lamé, Ampère, Helmholtz, Gauss, Weber, Fresnel, y para no hacer interminable esta lista, la de todos los grandes maestros que a la creación de la Física matemática dedicaron sus esfuerzos en los dos primeros tercios del siglo XIX; y 2.º las principales teorías modernas y modernísimas de esta misma ciencia, es decir, de la Física matemática, que es a la que yo debo consagrar mis trabajos en esta clase que desempeño.

Las teorías modernas y modernísimas, repito, las que han creado Maxwell, Hertz, Poincaré, Duhem, Lorentz, Larmor, Heaviside, Lord Kelvin, J. J. Thomson, Carnot, Gibbs, y aquí también la lista es interminable...

Toda una enciclopedia.

¡Una enciclopedia de Física matemática clásica y moderna! [...]

Quiero, o querría, y hasta donde pueda llegaré, publicar una Enciclopedia de Física matemática; pero no con la pretensión de agotar la Ciencia, que hoy es inmensa, sino de ir exponiendo las principales teorías, de ir despejando el camino y haciendo posible o, por lo menos, más fácil a mis alumnos el estudio de las memorias originales, o de las grandes obras de los maestros.

Esto que yo llamo Enciclopedia, dándole nombre sobrado ambicioso, no pasa de ser un trabajo de propaganda, o si se quiere, de preparación, para ir extendiendo en España, en la medida de mis fuerzas, el estudio y la afición al estudio de las altas cuestiones de una de las ciencias más admirables que haya podido crear el ingenio humano”.

Sería imposible, sin embargo, analizar aquí de manera medianamente completa los diez tomos publicados (4.412 páginas) de este curso, un auténtico monumento a la física del siglo XIX, a una física que pretendió dar acomodo en su estructura y principios a la avalancha de nuevos fenómenos que desde finales del XIX se venían observando, pero que, finalmente, perdió, clara e irrevocablemente, la partida frente a una física nueva, la de la relatividad y la mecánica cuántica. Lo que está claro, es que al igual que en matemáticas, EcheGARAY mostraba sus conocimientos de la ciencia, de la física matemática (o teórica) en este caso, que se había producido, a veces que se estaba produciendo, fuera de las fronteras españolas.

El último viaje: participante en el Congreso Internacional de Matemáticos (Cambridge 1912)

Además de contribuir a introducir en España resultados obtenidos en el extranjero tanto en matemáticas como en física y en ingeniería, EcheGARAY contribuyó al desarrollo de la ciencia española de otras formas; una de ellas fue asumiendo la presidencia de dos sociedades científicas que se crearon al despuntar el siglo XX. La primera de éstas fue su elección de presidente de la Sociedad Española de Física y Química, fundada en 1903. Cito del acta fundacional que recogía lo tratado en la sesión de constitución celebrada el 23 de enero de 1903 en el decanato de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central:

“Reunidas las personas que respondieron a las invitaciones que se habían repartido, firmadas por los Sres. D. Francisco de Paula Rojas, D. José Rodríguez Carracido y D. Ignacio González Martí, el Sr. Carracido expuso el objeto de la reunión, que no era sino ponerse de acuerdo para constituir la Sociedad



Caricatura de José EcheGARAY

Española de Física y Química, destinada a fomentar el estudio de estas ciencias y publicar los trabajos a ellas referentes efectuados por los que se adhieran a la idea.

Conformes todos los presentes, se acordó declarar constituida la Sociedad y a continuación el Sr. González Martí leyó un proyecto de Reglamento, el cual fue aprobado después de admitirse dos enmiendas de los Sres. D. Baldomero Binet y D. Blas Cabrera, para que designasen las personas que habían de constituir la Junta Directiva, y puestos de acuerdo los señores que la formaban, formularon la siguiente propuesta, que fue aceptada por unanimidad:

Presidente, Excmo. Sr. D. José Echegaray; Vicepresidentes, Excmos. Sres. D. Gabriel de la Puerta y D. Francisco de Paula Rojas; Tesorero, Sr. D. Eduardo Lozano; Vocales, Sres. D. José Rodríguez Carracido, D. Eugenio Piñerua, D. Eduardo Mier y D. Federico de la Fuente; Secretarios, Sres. D. Ignacio González Martí y D. José Rodríguez Mourelo.

Se acordó encargar a la Junta Directiva de lo referente a trabajos de propaganda y de preparación para la primera sesión científica y se levantó la sesión.

Firmado: José Echegaray”.

La Sociedad Española de Física y Química, Real Sociedad no mucho después, ayudó no poco a la institucionalización de la física y la química españolas, especialmente gracias a la publicación de una revista propia, los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, cuyo primer número apareció muy poco después de fundada la Sociedad, en marzo de 1903. En aquel número se informaba que se había celebrado una sesión el 23 de marzo, reunión que presidió Echegaray. La siguiente (sesión abril) ya no la presidió Echegaray sino Juan Fages; sin duda, entendió que ya había cumplido su función de ayudar a poner en marcha la nueva Sociedad, y de hecho, en 1904 la presidencia pasó a Gabriel de la Puerta, aunque también hay que tener en cuenta que el cargo cambiaba de ocupante anualmente.

Más continuada fue la presidencia que asumió cuando se fundó, en 1911, la Sociedad Matemática Española. Dejemos que sea Rey Pastor quien lo explique⁴²:

“Pocos hombres capaces y mucha la tarea por hacer, cada uno debía multiplicarse en las más diversas faenas; y el mismo Ingeniero que sabía elevarse a las más altas especulaciones

abstractas de la Matemática más pura, y sacudir el sentimiento romántico de las multitudes con fuertes emociones y pronunciar discursos eficaces en el Parlamento, candente de pasiones políticas (tal el famoso de la ‘trenza incombustible’ como lo apodaba con perversa intención su gran antagonista Menéndez y Pelayo), sabía también descender a las minucias de la administración, cuando, cargado de gloria y de años, fue nombrado Director de la Tabacalera, a modo de jubilación; cargo que él convirtió, con su ejemplar dedicación y prodigioso dinamismo, en modelo para todos.

De su lujoso despacho de Presidente hubo de sacarlo en un atardecer del año 1911 el firmante de este artículo, entonces imberbe muchacho, para fundar en la vieja Universidad la ‘Sociedad Matemática Española’. Mucho más viejo, pero mucho más entusiasta que ninguno, presidió con tal habilidad la memorable sesión, que en una hora se aprobaron Estatutos, se nombró Junta directiva, y, en fogoso discurso, estimuló a la juventud al cultivo de la Matemática pura, ‘amor de mis amores –dijo–, que las necesidades de la vida y la fuerza mayor de los acontecimientos me hicieron abandonar’. Y sembrada la semilla, reintegramos, ya de noche, al glorioso octogenario a la oficina, para completar su jornada de trabajo”.

En este caso, Echegaray mantuvo a presidencia de la Sociedad hasta su muerte; entonces le sucedió, apropiadamente, Zoel García de Galdeano, que mantuvo el cargo hasta 1920, año en que fue sucedido por otro grande la ciencia y la técnica hispana, Leonardo Torres Quevedo.

El año siguiente a haber asumido la presidencia de la Sociedad Matemática Española, Echegaray viajó a Inglaterra para participar en el Quinto Congreso Internacional de Matemáticos que se celebró en Cambridge entre el 22 y el 28 de agosto. Formó parte de una nutrida delegación de matemáticos españoles, 25, la séptima más numerosa, tras las del Reino Unido (221), Estados Unidos (60), Alemania (53), Francia (39), Italia (35) y Rusia (30), de un total de 574 participantes⁴³. El número de españoles que asistieron no se correspondía con la potencia de la matemática hispana, pero sí revela el dinamismo de su comunidad, más concretamente, la actividad de la nueva Sociedad Matemática; al anterior congreso, celebrado en Roma en 1908, asistieron tres profesores de la Facultad de Ciencias de Zaragoza, Zoel García de Galdeano, José Álvarez Ude y Antonio Rius Casas, más Esteban Terradas, entonces un muy joven catedrático de la Universidad de Barcelona, y Jorge Torner de la Fuente, profesor de la Escuela de Montes de El Escorial. En un informe que publicó en 1912 en la *Revista de la Sociedad Matemática*

Española, Octavio de Toledo recalcó la diferencia existente con el pasado en la delegación española a Cambridge⁴⁴:

“Si nuestros lectores recuerdan el número de españoles inscritos y asistentes a los cuatro primeros Congresos y comparan con el del V, habrán observado la existencia de la SOCIEDAD MATEMÁTICA ESPAÑOLA, al poner en relación y comunicación a cuantos de estas ciencias nos ocupamos en nuestro país, ha permitido una unidad de acción y de conjunto que antes no era posible”.

Entre los españoles que estuvieron en el congreso de Cambridge los destacados, esto es, aquellos que dejaron alguna marca en la matemática hispana, fueron: José Álvarez Ude (Zaragoza), J. M. Castellarnau (Madrid), Laur Clariana i Ricard (Barcelona), Zoel García de Galdeano (Zaragoza), Patricio Peñaver (Sevilla), José Agustín Pérez del Pulgar (I.C.A.I., Madrid), José Antonio Sánchez Pérez (Madrid), Esteban Terradas (Barcelona), Octavio de Toledo (Madrid), Eduardo Torroja (Madrid) y Miguel Vegas (Madrid)⁴⁵. De todos los españoles presentes en Cambridge,

Terradas (1913) fue el único en presentar una comunicación, “Sur le mouvement d’un fil”. Fue el segundo español en hacer esto en la historia de estos congresos; el primero había sido García de Galdeano, pero sus aportaciones –en los congresos de Zúrich, París y Roma– habían versado sobre cuestiones didácticas o metodológicas.

Lo que interesa destacar ahora es que Echegaray fue un mero asistente al congreso, así como en la preparación, no exenta de conflictos, de la participación de la delegación española. Afortunadamente, eran otros los tiempos para la matemática hispana y ya existían matemáticos informados de lo que se hacía en otros países, matemáticos, algunos de ellos, que también realizaban contribuciones, modestas, al avance de su disciplina. No obstante, aunque fuese “un mero participante”, un simple “observador” al congreso de Cambridge, su propia asistencia a él muestra que la ambición, la curiosidad y el deseo de saber de José Echegaray, continuaban vivos. Fue, qué duda cabe, un verdadero ingeniero e científico cosmopolita hasta el final de sus días. **ROP**

Hoyo 15

PUERTA DE HIERRO

Exclusivas viviendas unifamiliares de diseño con jardín y piscina privada frente al campo de golf



Obras iniciadas | Bonificación si reserva antes de 2017

Más información:

91 431 31 31

Promueve
 **DELTA**
 Desarrollamos tu proyecto

Comercializa
 **Knight Frank**

Notas

(1) José Echegaray, *Recuerdos*, 3 tomos (Ruiz Hermanos Editores, Madrid). tomo II, p. 74. Otro tanto, por cierto, sucedía en literatura, como señalaba inmediatamente (ibidem, p. 76): “V́ctor Hugo, Lamartine, Dumas padre, Dumas hijo, Federico Soulié, Balzac, Eugenio Sue y otros innumerables escritores, todos franceses, formaban los dioses mayores y menores de mi Olimpo literario”.

(2) Hay que tener en cuenta además que, aparentemente, Echegaray no sabía alemán (afirmación de Tomás Rodríguez Bachiller en Thomas F. Glick, “In Memoriam. Tomás Rodríguez Bachiller (1899-1980)”, *Dynamis*, 2, 403-409 (1982).

(3) Julio Rey Pastor, “Discurso inaugural”, *Actas V Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, tomo I, pp. 7-25 (Madrid 1915), p. 14.

(4) Citado en Pedro Ruiz-Castell, *Astronomy and Astrophysics in Spain (1850-1914)* (Cambridge Scholars Publishing, Newcastle 2008), p. 50.

(5) Warren de la Rue, “On the Total Solar Eclipse of July, 18th, observed at Rivabellosa, near Miranda de Ebro, in Spain”, *Philosophical Transactions of the Royal Society* 152, 333-416 (1862), p. 414.

(6) Antonio Vela, *Los eclipses a través del tiempo* (Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid 1923), pp. 23-24.

(7) Entre la abundante bibliografía acerca de esta Exposición, se pueden consultar John E. Findling, ed., *Historical Dictionary of World’s Fairs and Expositions, 1851-1988* (Greenwood Press, Nueva York 1990) y K. G. Beauchamp, *Exhibiting Electricity* (The Institution of Electrical Engineers, Stevenage 1997). Por su interés histórico, consultar también Charles Babbage, *The Exposition of 1851. Views of the Industry, the Science, and the Government of England* (John Murray, Londres 1851).

(8) Citado en Beauchamp, *Exhibiting Electricity*, op. cit., p. 84.

(9) Ver, por ejemplo, Findling, ed., *Historical Dictionary of World’s Fairs and Expositions* y Beauchamp, *Exhibiting Electricity*, op. cit.

(10) Finalmente, Estados Unidos participó, pero en el último momento y con pocos materiales, quedando ubicada en una pequeña esquina.

(11) En el capítulo X (“The Exhibition of 1862”) de *Passages from the Life of a Philosopher* (Longman, Green, Longman, Roberts, & Green, Londres 1864), Charles Babbage explicó las circunstancias que rodearon a la exhibición de su, incompleta, máquina de calcular (Difference Engine), haciendo hincapié varias veces en el, para él, sorprendente hecho de que el gobierno británico suspendiese el apoyo económico para la construcción de la máquina, por lo que no pudo ser completada. Su versión de por qué no se permitió exponerla en la Exhibición de 1851, aparece en el capítulo XIII (“Calculating machines”) de Babbage, *The Exposition of 1851*, op. cit.

(12) Rey Pastor, “Discurso inaugural”, *Actas V Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, op. cit., p. 15.

(13) Dada la irregular secuencia de publicación de la *Revista de los Progresos de las Ciencias*, los artículos sobre la “Introducción a la Geometría superior” aparecieron entre 1866 y 1869.

(14) José Echegaray, *Introducción a la Geometría superior* (Madrid 1867), p. 3.

(15) Muy probablemente, también leyó el *Aperçu historique sur l’origine et le développement des méthodes en géométrie* (1837), obra que logró gran popularidad.

(16) Las obras más representativas de estos géómetras (Chasles, ya mencionado, aparte) son: el *Traité de géométrie descriptive* (1799) de Monge y el *Traité des propriétés projectives des figures* (1822) de Poncelet.

(17) Se refiere a Nicola Trudi, *Teoria de’ determinanti e loro applicazioni* (Nápoles 1862).

(18) Recuérdense, en este sentido, los nombres de Cayley, el mismo Sylvester, Gordan, Clebsch o Max Noether.

(19) José Echegaray, “Aplicación de las determinantes”, *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* XVIII, 312-333 (1869).

(20) Este es el título que daba Echegaray en las *Disertaciones*, el título real es el de *Leçons de Geometrie*.

(21) Rey Pastor, “Discurso inaugural”, *Actas V Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, op. cit., pp. 11-12.

(22) Francisco Villacorta Baños (1985), *El Ateneo de Madrid (1885-1912)* (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid 1985), p. 289.

(23) Augusto Krahe, “Echegaray matemático. Recuerdos anecdóticos”, *Madrid Científico*, XXIII, 479-480 (1916), p. 480.

(24) José Echegaray, “Notas sobre ecuaciones diferenciales”, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1, 137-152 (1904), p. 137.

(25) José Echegaray, *Resolución de ecuaciones y teoría de Galois* (Madrid 1897) y *Lecciones sobre resolución de ecuaciones y teoría de Galois* (Madrid 1898-1902). Partes del contenido de curso de Echegaray aparecieron también, en resúmenes preparados por M. Luitña, alumno de la Escuela de Caminos, en la *Revista de Obras Públicas* (“Conferencias del Sr. Echegaray en el Ateneo de Madrid”), XLIV, tomo I, 4-5, 45-49, 146-148, 392-395, 422-425, 490-492, 517-518, 547-551 (1897); *ibid.* tomo II: 103-105, 132-133, 182-183, 394-396 (1897); XLV, 479-480, 555-556 (1898); XLVI, 4-6 (1899). No me ocuparé aquí de los cursos, menos novedosos, que dictó sobre “Funciones elípticas” e “Integración de ecuaciones diferenciales”.

(26) José Echegaray, "El Newton del Norte (Abel)", en *Ciencia Popular* (Madrid 1905), pp. 461-486. El término "resolver por radicales" aparece constantemente al estudiar las aportaciones de Abel y Galois. He aquí la definición que dio de él Echegaray (Resolución de ecuaciones y teoría de Galois, 1897, pp. 13-14) en su curso del Ateneo: "Se sabe, y está demostrado, que sólo para las ecuaciones de los cuatro primeros grados puede expresarse el valor de x en función algebraica de los coeficientes; es decir, por medio de una función que sólo contenga aquellas operaciones que consisten en sumas, restas, multiplicaciones, divisiones, potencias y raíces de índice entero; lo cual se expresa abreviadamente, diciendo que las ecuaciones superiores al cuarto grado no pueden resolverse por radicales, en el caso general".

(27) Julio Rey Pastor, "Echegaray, científico", *España*, año II, n.º 87 (21 de septiembre 1916), pp. 10-11.

(28) Zoel García de Galdeano, *Las modernas generalizaciones expresadas por el álgebra simbólica, las geometrías noeuclídeas y el concepto de hiper-espacio* (Madrid 1896), pp. 48-49.

(29) José Echegaray, *Teoría matemática de la luz* (Madrid 1871), "Advertencia inicial".

(30) José Echegaray, *Observaciones y teorías sobre la afinidad química* (Madrid 1901).

(31) *Ibidem*, pp. 10, 12.

(32) Francisco Cebrián, "Disolución y electrolisis según las teorías de D. José Echegaray", *Actas I Congreso Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, tomo III, pp. 139-141 (Madrid 1909) y Rafael Vilar Fiol, "Explicación del equilibrio químico según las teorías de Echegaray", en *Actas II Congreso Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, tomo IV, pp. 69-81 (Madrid 1911).

(33) El mismo año que Echegaray publicaba las *Observaciones...*, aparecía el primer artículo científico del joven Einstein (1901), y es curioso –anecdótico realmente– que en él el futuro creador de la teoría de la relatividad se planteaba un problema en el fondo similar al que estaba considerando Echegaray: Einstein, todavía profundamente influido por la imagen mecánica del mundo, quería estudiar el fenómeno de la capilaridad en base a fuerzas intermoleculares que obedeciesen a leyes del tipo de las gravitacionales newtonianas. Entre las múltiples diferencias que separan a Echegaray de Einstein, se encuentra el que éste evolucionó rápidamente (en 1905 ya estaba manejando los cuantos de radiación de Planck), algo que no sucedió con el español.

(34) Los nombres que Echegaray citaba en *Observaciones...* eran van't Hoff, Berthollet y Gibbs.

(35) En *Recuerdos*, Echegaray (tomo II, pp. 279-280) se refirió a su actividad divulgadora en los siguientes términos: "Si mal no recuerdo, empecé por entonces [finales de la década de 1860] una labor que hoy todavía prosigo, infatigable, constante, y si

no se tratase de obra tan modesta, diría que cada vez con más entusiasmo. Me refiero a la serie de artículos que hace más de treinta y seis años que empecé a publicar con el fin de ir popularizando las ciencias matemáticas y físico-matemáticas en nuestra patria. Se cuentan ya estos artículos por centenares, y mejor dijera que por miles. Sólo para el *Diario de la Marina* hace más de treinta años que escribo dos crónicas mensuales, de donde resultan veinticuatro al año, o sea setecientos veinte en el periódico indicado. Constituyen un gran conjunto de teorías modernas y una crónica año por año, y aun mes por mes, de los descubrimientos e invenciones más importantes en la Física, a veces en la Química, en la Industria y en el Arte de la Construcción. He escrito también mucho para diversos periódicos de América y del Extranjero."

(36) José Echegaray, "Congresos internacionales", en *Ciencia Popular*, op. cit., pp. 35-45; cita en pp. 40-41.

(37) Al ser una asignatura de doctorado, y sólo poderse cursar éste en Madrid, la Física matemática estaba limitada, como asignatura, a la capital del Reino. En la época a la que me estoy refiriendo, ocupó esta cátedra Gumersindo Vicuña, autor, entre otras obras, de una *Introducción a la teoría matemática de la electricidad* (1883).

(38) Hasta entonces eran tres: Exactas, Físicas y Naturales.

(39) Más tarde, a partir del Plan del ministro Eduardo Chao de 1873, pasó a la Facultad de Física y Química, primero, y a la sección de Ciencias Físico-Matemáticas después; aquí es donde la encontró Echegaray.

(40) Antonio Vela, "Don José Echegaray y la cultura física en España", *Madrid Científico*, XXIII, 481-482 (1916), p. 481.

(41) Alonso Peña Boeuf, "Echegaray, matemático", *Revista de Obras Públicas* 80 210-212 (1916), p. 212.

(42) Julio Rey Pastor, *La matemática y la Escuela de Caminos*", *Revista de Obras Públicas* 101, 16-18 (1953), p. 18.

(43) Ver las actas del congreso: E. W. Hobson y A. E. H. Love, eds., *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, 2 vols. (Cambridge University Press, Cambridge 1913), tomo I, pp. 10-28.

(44) Citado en Antoni Roca i Rosell y José Manuel Sánchez Ron Esteban Terradas (1883-1950). *Ciencia y técnica en la España contemporánea* (INTA/Ediciones del Serbal, Barcelona-Madrid 1990), p. 186.

(45) La lista completa de participantes aparece en Hobson y Love, eds., *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, op. cit., tomo I, pp. 10-27), aunque en ella no aparece Octavio de Toledo, que sí asistió. Cecilio Jiménez Rueda (Madrid), que aparece en la lista, no participó, por existir "enfermos de cuidado en su familia"; Roca i Rosell y Sánchez Ron, Esteban Terradas (1883-1950), op. cit., p. 186.