El club de los matemáticos

Los congresos internacionales

Guillermo Curbera

El mundo es matemático

© 2011, Guillermo P. Curbera por el texto
© 2011, RBA Coleccionables, S.A.

Realización: EDITEC
Diseño cubierta: Llorenç Martí
Créditos fotográficos: iStockphoto

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio sin permiso del editor.

ISBN: 978-84-473-7441-0
Depósito legal: NA-2697-2011

Impreso y encuadernado en Rodesa, Villatuerta (Navarra)

Impreso en España - *Printed in Spain*

Sumario

Prefacio 7

Capítulo 1. Las almas de la matemática 9

Capítulo 2. La conferencia más importante de todos los tiempos 15
Del sabio aislado al científico en comunidad 16
Primera cita en tierra neutral 21
La conferencia de Hilbert 27
El congreso del Imperio alemán 33
Linces y sicilianos 36
En tierras de Darwin 40

Capítulo 3. Los desastres de la guerra 45
Tiempos de venganza 46
Tiempo de reconciliación 52
Tiempos de sosiego 55
Mujeres en los congresos 60

Capítulo 4. Fields, una herencia maravillosa 63
El premio Nevanlinna 70
El premio Gauss 70

Capítulo 5. Los réditos de la posguerra 71
The American way 72
Tres grandes congresos 76

Capítulo 6. El frío de la Guerra Fría 85
El gran congreso del comunismo 85
Bourbaki en acción 90
Viaje al centro de la contracultura canadiense 95
Interferencias 100

Capítulo 7. De la urbe al orbe 113
Occidente 113

Oriente 128

Capítulo 8. La hipótesis de Riemann 139
Sumas infinitas y números complejos 140
Euclides y Euler, la infinitud de los números primos 145
Gauss y la distribución de los primos 148
Riemann y la función zeta 149
Los ceros de la función zeta 151

Bibliografía 155

Índice analítico 157

Prefacio

¿Podemos prescindir de los matemáticos y seguir teniendo una matemática viva y en crecimiento? La duda puede surgir a la vista de que ya hay tareas propias del investigador matemático que realizan los ordenadores. En concreto, hay resultados matemáticos que han sido probados, pero no por una persona sino por un ordenador (destaca entre ellos el teorema de los cuatro colores, que afirma que para colorear cualquier mapa de forma que regiones adyacentes tengan colores distintos bastan cuatro colores). Más aún, un área activa de investigación matemática es la de la demostración automática de teoremas, donde se busca reducir el complicado proceso de razonamiento que establece la verdad de un hecho matemático a una comprobación por ordenador. En una dirección similar apunta el hecho de que al ser todo resultado matemático y su demostración una cadena, más o menos larga y más o menos complicada, de signos y símbolos, si pusiéramos grandes computadoras a producir todas las posibles secuencias de signos y símbolos, eventualmente irían apareciendo todos los resultados de la matemática y las pruebas de esos resultados.

¿Y las personas? ¿Dónde quedan entonces los matemáticos? El matemático francés Jacques Hadamard escribió (cuando se refugió en Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial huyendo de los nazis; era judío) un ensayo donde indagaba sobre los procedimientos de la invención en matemática, diseccionando el papel de los finos mecanismos mentales de la creatividad matemática. Todavía hoy sigue siendo un libro leído y reeditado. ¿Mandará el curso de la historia ese libro al baúl de los recuerdos, junto con los matemáticos?

La respuesta parece ser, al menos por ahora, que no. Por una parte, porque el desarrollo de la matemática sigue necesitando de la creatividad y de la originalidad del pensamiento humano (la prueba del teorema de los cuatro colores está ideada por una mente matemática; el ordenador se limita a las comprobaciones tediosas). Pero hay otra razón: la matemática tiene un componente colectivo muy intenso. La valoración de la trascendencia de un resultado matemático, la determinación de las líneas de investigación más importantes, son tareas que no se realizan de forma individual. En este sentido, la organización y la vida interna del colectivo de matemáticos investigadores tienen un peso enorme en el desarrollo de esta ciencia.

Este libro presenta una visión de la vida interna de la comunidad matemática internacional. Para ello, seguiremos el curso histórico de los Congresos Internacionales de Matemáticos, que han sido y son unos grandes juegos olímpicos de la

matemática (surgieron casi a la vez que los deportivos: éstos en 1896 y los matemáticos en 1897), que la distinguen de cualquier otra ciencia.

Explicar el porqué de la singularidad de estos congresos requiere cierta indagación en las distintas almas que laten en el interior de la matemática; esto lo hacemos en el primer capítulo del libro. En los siguientes recorremos, al hilo de la historia del mundo, los congresos de antes de la Gran Guerra y los del turbulento periodo de entreguerras. Hacemos un intermedio para tratar, en el capítulo 4, el premio matemático más prestigioso del mundo: la medalla Fields. Retomando el curso de la historia, tratamos los congresos de la posguerra de la Segunda Guerra Mundial, los celebrados durante la Guerra Fría y los de nuestro mundo globalizado actual. Concluimos el libro con un capítulo final más técnico, donde discutimos el considerado como problema matemático pendiente de resolver más importante: la hipótesis de Riemann, que lleva más de 150 años esperando solución y acumula ya, para el matemático que lo resuelva, un bote de un millón de dólares y, sobre todo, la fama universal.

Capítulo 1

Las almas de la matemática

Es cierto que gran parte de las grandes ideas de nuestra ciencia han surgido y han madurado en el silencio del estudio de trabajo; ninguna otra ciencia, salvo quizá la filosofía, presenta un carácter tan eremítico y recluido como la matemática. Y aun así, en el corazón del matemático late la necesidad de comunicar y expresarse a sus colegas. Cada uno de nosotros sabe muy bien, por experiencia personal, lo estimulante que puede ser el intercambio científico.

Estas palabras pueden sorprender a quien no conozca de cerca, personalmente o por otro medio, la experiencia de la creación en matemáticas. Sí se estará de acuerdo, seguramente, en el primer ingrediente: que la matemática es, o parece ser, una actividad recluida, a veces hasta el extremo de la vida del eremita. Esto casa bien con la imagen extendida del matemático como una persona reservada, incluso retraída, aparte de despistada. Es lo que muestra el relato de Tito Livio sobre la toma de Siracusa por el cónsul Marcelo al contar la muerte del más grande matemático de la Antigüedad, Arquímedes, a manos de los legionarios romanos «mientras se inclinaba sobre un dibujo que había hecho sobre la arena». Imaginamos a Arquímedes abstraído en sus elucubraciones, ignorante de la crueldad que le acechaba.

Por el contrario, puede resultar inesperado el otro factor: la necesidad de comunicar, la pasión por el intercambio de ideas a través de las palabras. Como el tenista cuando lanza una pelota y espera, necesita, que ésta vuelva, el matemático, tras crear una idea o atisbar la solución a un problema, necesita mostrarla, exponerla, para recibirla de vuelta, comentada, criticada, alabada. Es en el juicio público donde se certifica la verdad, son los múltiples focos de las miradas de los demás los que nos revelan lo acertado o no de nuestro trabajo.

Quien explicaba tan atinadamente esta dualidad entre reclusión y comunicación que late en el interior del matemático algo debía saber de ello. Era Adolf Hurwitz, matemático alemán afincado en Zúrich, que dedicó su vida, a caballo entre los si-

glos XIX y XX, a la investigación matemática y también, como se verá más adelante, a que floreciese la comunicación entre matemáticos.

Otra dualidad vibra, casi atruena, en el interior de la matemática. El Premio Nobel de física Eugene Wigner publicó en 1960 un conocido artículo, «La irrazonable efectividad de la matemática en las ciencias de la naturaleza», donde discutía el sorprendente fenómeno que declaraba el título del artículo. Partía Eugene Wigner de esta constatación:

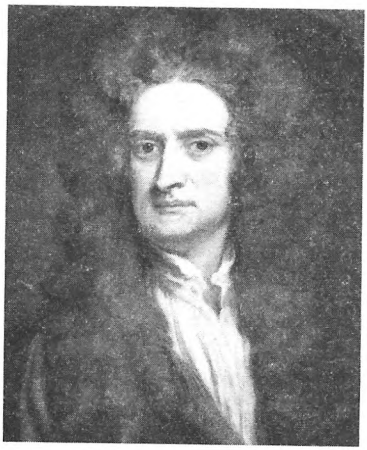
> «La enorme utilidad de la matemática en las ciencias naturales es algo que bordea lo misterioso y para lo cual no hay explicación racional».

Precisemos, lo irrazonable no es que la matemática explique el mundo natural. Hay matemática que está hecha justamente para adaptarse y manejar lo real. Lo difícilmente razonable es que aquella matemática que se ha gestado en la más absoluta de las purezas, libre de toda intención de utilidad y aplicación ulterior, y se ha creado sólo sujeta a sus propias reglas internas de formación y de coherencia, sea capaz, a posteriori, tras su virginal parto, de explicar los fenómenos más mundanos. Se argüirá, con razón, que el matemático nutre su imaginación y ceba sus sueños creadores con la realidad que le rodea, en la que está inmerso. Pero hasta ahí llega su creatividad, pues una vez encendida la mecha de la solución a un problema, las piezas encajan como grandes moléculas de proteínas, sin margen al error o al capricho. Y, ¡sorpresa!, ese resultado acaba desentrañando los hechos más prosaicos, como una onda en un estanque o un torbellino en un torrente.

Ahora bien, el matemático no es único, como no lo eran los héroes griegos: habíalos de los más diversos talantes y con las más diversas intenciones. Así, entre los matemáticos se tienen las actitudes más distintas ante esa realidad que, como un sordo murmullo, no para de recordarnos que, eventualmente, nuestros puros teoremas acabarán sirviendo para dibujar el mundo terreno. No hay que rastrear mucho en las listas de glorias de «nuestra ciencia» para encontrar estas actitudes antitéticas incluso reunidas en las mismas personas: los tres matemáticos más grandes de la historia, Arquímedes, Newton y Gauss, fueron a la par sacerdotes de la más inmaculada de las purezas (recordemos la medida de la esfera por Arquímedes, la creación del cálculo infinitesimal por Newton, la invención de la aritmética modular por Gauss) y, a la vez, entregados artesanos de lo más concreto y aplicado (el estudio de la palanca que hizo Arquímedes, el desvelado de las mareas por Newton, la creación del telégrafo de Gauss).

De nuevo una tensión en el alma de la matemática, esta vez entre lo puro y lo concreto, allanada como la oposición entre la matemática pura y la matemática aplicada.

Arquímedes de Siracusa.



Isaac Newton.

Carl Friedrich Gauss.

Futuro y pasado, otra dualidad interna con mucha fuerza en la matemática. Como toda ciencia, la matemática trabaja mirando al futuro, atisbando las nuevas realidades y los nuevos problemas que surgen según avanza. Pero, a diferencia de gran parte de las ciencias, la matemática tiene muy presente su pasado. No sólo por honrar los trabajos y las personas que nos precedieron, sino, principalmente, porque

el matemático activo sigue ordeñando inspiración de los grandes trabajos del pasado. En otras disciplinas científicas, un artículo con más de diez años, no digamos si tiene treinta, cuarenta o cincuenta años, es inútil, quizás hasta ilegible. Por contra, las bibliotecas de las universidades guardan sin coger polvo las revistas matemáticas antiguas, pues los matemáticos siguen consultando los artículos que contienen. De ahí la especial dedicación y reverencia de la matemática hacia su pasado, porque sigue siendo una fuerza que la impulsa hacia el futuro.

Y aún más dualidades podemos encontrar en el interior de la matemática, entre la especialización a lo concreto y la visión global, con su afán de universalidad; entre el espíritu dionisíaco de la creación y la heurística y el apolíneo que impone el rigor matemático, implacable.

Estas almas opuestas y a la vez inseparablemente emparejadas —reclusión frente a comunicación, lo puro frente a lo aplicado, historia frente a futuro—, anidan en el alma multiforme de la matemática y recorren su historia, aflorando cada vez que detenemos la mirada. Todas ellas se entrelazan para generar en la matemática y en sus practicantes el fuerte sentimiento de formar una comunidad, unida por un pasado poderoso y fertilizada por una imperiosa necesidad de compartir el trabajo. Acostumbrados como estamos a asociar la existencia de una identidad comunitaria con grupos religiosos, políticos o nacionales, nos puede sorprender que se dé, y con tal intensidad, en una comunidad científica.

En este libro proponemos un recorrido para contemplar en acción el espíritu comunitario y las almas contradictorias de la matemática. Para ello seguiremos el curso de los Congresos Internacionales de Matemáticos (más conocidos por su acrónimo en inglés, ICM).

Desde 1897, estos congresos se vienen celebrando, como las Olimpiadas, casi regularmente cada cuatro años, y, como ellas, acogen a lo mejor de la profesión, muestran las mejores marcas y se entregan en ellos los más preciados premios. Congresos científicos, y no científicos, hay muchos, incluso de matemáticas también hay muchos, pero éstos son distintos.

Durante la inauguración del congreso internacional que se celebró en Ámsterdam en 1954, el matemático norteamericano Oswald Veblen explicó:

> «La serie de congresos internacionales está tenuemente hilvanada. No son congresos de matemáticas, ese cuerpo de conocimientos tan altamente organizado, sino congresos de matemáticos, esos individuos más bien caóticos que crean y conservan la matemática».

Oswald Veblen conocía bien el asunto, pues había presidido el congreso anterior, celebrado en la Universidad de Harvard en 1950. Su interpretación no era un ejercicio retórico. Desde su misma concepción, los congresos internacionales de matemáticos han portado el estandarte de las relaciones personales, del intercambio entre personas como factor fundamental que contribuye al desarrollo de la matemática. Además, esto se ha hecho de forma explícita: en el primer congreso, celebrado en Zúrich en 1897, se acordó que el objetivo principal de los congresos sería «promover las relaciones personales entre matemáticos de distintos países». Cierto es que se incluyó también un objetivo de carácter explícitamente científico, pero aparecía en segundo lugar.

Las contribuciones matemáticas presentadas en los congresos internacionales forman un sugerente y colorido caleidoscopio de la matemática del siglo XX. Ocupan la mayor parte de los sesenta hermosos volúmenes de actas que han producido los veintiséis congresos celebrados hasta la fecha. Nada más lejano de nuestro objetivo que adentrarnos en ese densísimo jardín de matemática tan viva como técnica.

El factor humano al que se refería Oswald Veblen hace que los congresos internacionales, aparte de su faceta técnica, tengan también una faceta humana, sociológica o cultural, según se quiera ver, fruto del espíritu de identidad comunitaria de la matemática. Es por ello por lo que los congresos reflejan de una forma tan afinada el mundo, los sucesos políticos y económicos, los hechos científicos y tecnológicos, las costumbres sociales, sus cambios. Esa otra cara de los congresos es la que vamos a recorrer, con un objetivo: mirar y ver.

Podemos mirar y ver cómo funciona una comunidad científica por dentro, cómo toma sus decisiones y arregla sus desacuerdos, cómo premia o castiga. Los nombres de los conferenciantes, los títulos de las conferencias o las listas de las secciones científicas pueden ser largas, a veces hasta tediosas. Pero si miramos, vemos que muestran el paso del tiempo en la matemática; vemos cómo se abandonan unos temas y se escogen otros nuevos; vemos cómo los títulos de las conferencias pierden belleza, se acartonan y plagan de tecnicismos; vemos unas lenguas que dominaban, luego ceden y finalmente desaparecen; vemos cómo las divisiones de la propia matemática —¡tan inmutable!— cambian, avanzan y retroceden, se subdividen. Lo mismo ocurre con los nombres de los matemáticos y las instituciones donde trabajan: algunos los conocemos, otros pueden sonarnos, muchos nos son desconocidos, pero esos nombres dicen cosas de los lugares del mundo donde se hace la matemática, de cómo se desplazan por el mundo los matemáticos, de cómo es la ciencia.

Pero hay más cosas para mirar y para ver. En torno a los congresos internacionales vemos aparecer acontecimientos, ciudades, lugares, lenguas; todo ello nos muestra las glorias y obsesiones de aquellos países, de aquellas generaciones, de aquellas épocas, los cambios que disfrutaron o sufrieron, y nos permite atisbar, a través del filtro de la comunidad matemática, el mundo en que ocurrieron.

Concluyamos esta introducción con un ejemplo que dé consistencia a la explicación anterior. El congreso internacional de 1936 se celebró en Oslo. Entre los actos sociales hubo una fabulosa excursión nocturna en barco por los fiordos de Oslo a la que asistieron unas 700 personas y de la que ha quedado una famosa foto (repleta de celebridades matemáticas del momento, cenando), así como un vívido relato (a cargo de Waldo Dunnington, autor de la conocida biografía *Carl Friedrich Gauss: Titan of Science*):

> «La tarde y noche del jueves 16 de julio se dedicaron a un viaje en barco a través del fiordo de Oslo en el *SS. Stavangerfjord*, la mayor nave de las líneas noruego-americanas. El Príncipe Real y la Princesa participaron en la excursión, y a las seis de la tarde se sirvió un banquete en cuatro de los comedores del barco. Los breves discursos se transmitieron a todos los comedores a través de altavoces, y se interpretó música de Grieg, Sibelius, Strauss y una marcha dedicada al Príncipe Real Olaf. Por la noche hubo baile y juego de cartas, alegres conversaciones y recuerdos, con el restaurante y el bar de a bordo a pleno funcionamiento. El barco atracó en Oslo a la medianoche y los taxis esperaban para llevar a los invitados a sus hoteles».

Miremos ahora congresos más recientes, como el de Berkeley en 1986, el de Berlín en 1998, el de Beijing en 2002 o el de Madrid en 2006. No encontramos estas refinadas fiestas, sino «parties» masivos que se celebran al aire libre y están amenizados con música y cerveza.

¡El mundo ha cambiado! Sí, pero hay algo más allá de la anécdota, del cambio del champán por la cerveza. La enorme distancia que separa estas dos actividades tan distintas es más que el mero paso del tiempo. Los matemáticos han pasado de ser una minoría selecta, socialmente elitista y detentadora exclusiva de un sofisticado saber, a ser un grupo amplio, abierto y móvil de personas altamente especializadas, que por lo demás apenas se distinguen de sus vecinos. Ha cambiado la sociología de los que se dedican a la ciencia.

Capítulo 2

La conferencia más importante de todos los tiempos

Existe, sin duda alguna, la conferencia de matemáticas más importante de la historia, que ha sido, además, la conferencia de matemáticas más influyente de todos los tiempos. La impartió el matemático alemán David Hilbert, de la Universidad de Gotinga, quien era, junto con el francés Henri Poincaré, de la Universidad de la Sorbona en París, el matemático más relevante del momento. Volveremos más adelante sobre su contenido, pero detengámonos en las circunstancias de aquella conferencia. El lugar y el momento: París a comienzos del siglo XX, una calurosa mañana de agosto. La ocasión: el segundo Congreso Internacional de Matemáticos.

Más de un siglo después, los congresos científicos nos resultan ya parte de lo cotidiano, pero no era así a comienzos del siglo XX. Echemos la moviola hacia atrás para rastrear cuándo, de dónde y por qué surgen estos congresos científicos.

David Hilbert.

Henri Poincaré.

Del sabio aislado al científico en comunidad

Hasta el siglo XVIII dedicarse a la ciencia —a la matemática en particular— era, por lo general, una actividad apasionada pero complementaria, que no permitía por sí misma el sustento. La situación cambió con el surgimiento de los poderosos estados modernos, cuyo patronazgo permitió, hacia el final del siglo XVII, la creación de academias científicas. De las primeras fueron la Royal Society de Londres y la Académie Royale des Sciences de París, que se crearon en torno a 1660. Unos años después, en 1700, se creó la Academia de Berlín y en 1724, la Academia de San Petersburgo. Estas instituciones acogieron a los grandes matemáticos del siglo XVIII: Daniel y Nicolaus Bernoulli, Leonhard Euler, Joseph-Louis Lagrange, Jean d'Alembert y muchos otros. Estos sabios trabajaban, por lo general, aislados, comunicándose mediante cartas que cruzaban Europa lentamente.

Y de repente todo cambió. La Revolución francesa trastocó el orden ya caduco del Antiguo Régimen e hizo saltar a Europa de su complacencia. Los profundos cambios políticos, sociales y económicos llegaron, como era de esperar, también hasta la educación y la ciencia. Francia comenzó cerrando todas la universidades, ancladas en la escolástica medieval, y creó un nuevo tipo de institución: la École Polytechnique, que aunaba educación, ciencia y aplicaciones prácticas.

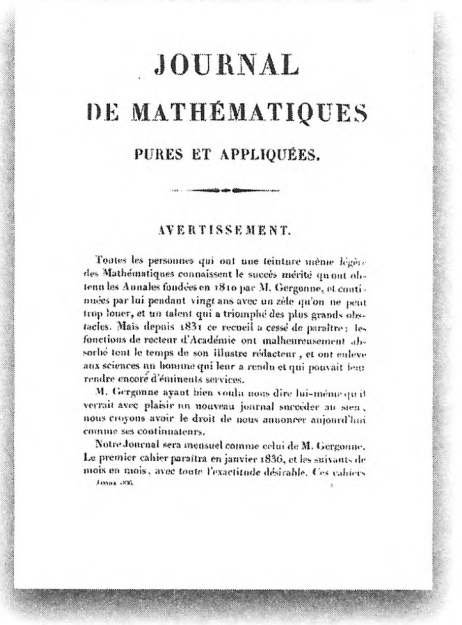
El éxito del nuevo sistema provocó reacciones en toda Europa, y no sólo negativas. Se achacaban las victorias de los ejércitos napoleónicos a la rigurosa formación de sus oficiales. Así, el pensador y político prusiano Wilhelm von Humboldt ideó un nuevo modelo universitario con la creación de la Universidad de Berlín en 1810, modelo que se extendió a otras universidades prusianas y quedó consagrado como el ideal de universidad que todavía mantenemos. La ciencia se trasladó a la universidad, y su desarrollo quedó ligado a la educación superior. Investigar y enseñar eran las nuevas, y obligatorias, tareas de los profesores universitarios, que se convertían así en investigadores. Éstos, a su vez, encontraron en las universidades un lugar donde se les acogió.

Surgieron así cátedras, nuevos puestos académicos, bibliotecas especializadas y seminarios que permitieron la preparación metódica y sistemática de los estudiantes. Al igual que ocurrió con el crecimiento exponencial de la producción industrial, se multiplicaron la ciencia y los científicos, en particular los matemáticos.

Ése fue el momento en que florecieron las revistas científicas específicas de matemáticas. Las primeras revistas científicas habían aparecido durante la Revolución Científica, en la segunda mitad del siglo XVII, publicadas por las academias. Entre

ellas hay varias de renombre: el *Journal des Savants*, que apareció en Francia en 1665 promovido por editores privados; los *Philosophical Transactions* de la Royal Society, fundados en Londres también en 1665, y el *Acta Eruditorum*, editada en Leipzig desde 1682 (donde aparecerían los trabajos del gran matemático Gottfried Leibniz sobre el cálculo diferencial e integral). Durante el siglo XVIII las academias científicas crearon revistas científicas, que incluían trabajos de todas las ciencias en desarrollo. Pero, según fue avanzando el siglo, la necesidad de especialización llevó a la creación, ya al comienzo del siglo XIX, de revistas específicas de cada ciencia.

En matemáticas, las primeras fueron los *Annales de Mathématiques Pures et Appliquées*, fundada por Joseph Diaz Gergonne en 1810; el *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, fundada por August Leopold Crelle en 1826, y el *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, fundada por Joseph-Louis Liouville en 1836. De ellas, la primera desapareció en 1832, pero las otras dos continúan publicándose en la actualidad y mantienen una gran reputación científica.



JOURNAL

DE MATHÉMATIQUES

PURES ET APPLIQUÉES.

AVERTISSEMENT.

Toutes les personnes qui ont une teinture même légère des Mathématiques connaissent le succès mérité qu'ont obtenu les Annales fondées en 1810 par M. Gergonne, et continuées par lui pendant vingt ans avec un zèle qu'on ne peut trop louer, et un talent qui a triomphé des plus grands obstacles. Mais depuis 1831 ce recueil a cessé de paraître; les fonctions de recteur d'Académie ont malheureusement absorbé tout le temps de son illustre rédacteur, et ont enlevé aux sciences un homme qui leur a rendu et qui pouvait leur rendre encore d'éminents services.

M. Gergonne ayant bien voulu nous dire lui-même qu'il verrait avec plaisir un nouveau journal succéder au sien, nous croyons avoir le droit de nous annoncer aujourd'hui comme ses continuateurs.

Notre Journal sera mensuel comme celui de M. Gergonne. Le premier cahier paraîtra en janvier 1836, et les suivants de mois en mois, avec toute l'exactitude désirable. Ces cahiers

La revista de Liouville de 1836.

La segunda mitad del siglo XIX alumbró el nacimiento de las sociedades matemáticas nacionales. Su razón de ser estaba en la necesidad de acoger al creciente número de matemáticos y su constante producción científica en un sistema que

permitiese la comunicación, discusión y evaluación científicas. Para esos propósitos las academias resultaban excesivamente restringidas y elitistas.

La sociedad matemática más antigua es la Sociedad Matemática de Moscú, creada en 1864, cuya revista, *Matematicheskii Sbornik*, se publica desde 1866. Le siguió la Sociedad Matemática de Londres, creada, junto con su revista, *Proceedings of the London Mathematical Society*, en 1865.

Esta sociedad sirvió de modelo a las siguientes: la Sociedad Matemática de Francia y el *Bulletin de la Société Mathématique de France*, creados en 1872; la Sociedad Matemática de Edimburgo, de 1883, y los *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, de 1884; la Sociedad Matemática de Nueva York, que en 1888 fue la predecesora de la Sociedad Matemática Americana, creada en 1894 y que en 1899 publicó por primera vez su afamada revista, *Transactions of the American Mathematical Society*. Esta oleada llegó hasta España, donde, en 1911, se creó la Sociedad Matemática Española.

Un caso que merece mención aparte es el del Círculo Matemático de Palermo, creado, junto con su revista, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, en 1884. Era una peculiar sociedad científica que se distinguía por tener una mayoría de miembros extranjeros, entre ellos los mejores matemáticos del momento. Volveremos a

LAS PRIMERAS SOCIEDADES MATEMÁTICAS Y SUS REVISTAS

— Sociedad Matemática de Moscú (1864) / *Matematicheskii Sbornik* (1866).
— Sociedad Matemática de Londres (1865) / *Proceedings of the London Mathematical Society* (1865).
— Sociedad Matemática de Francia (1872) / *Bulletin de la Société Mathématique de France* (1872).
— Sociedad Matemática de Edimburgo (1883) / *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society* (1884).
— Círculo Matemático de Palermo (1884) / *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* (1884).
— Unión de Matemáticos Alemanes (1890) / *Mathematische Annalen* (1868).
— Sociedad Matemática de Nueva York (1888) / *Bulletin of New York Mathematical Society* (1891).
— Sociedad Matemática Americana (1894) / *Transactions of the American Mathematical Society* (1899).

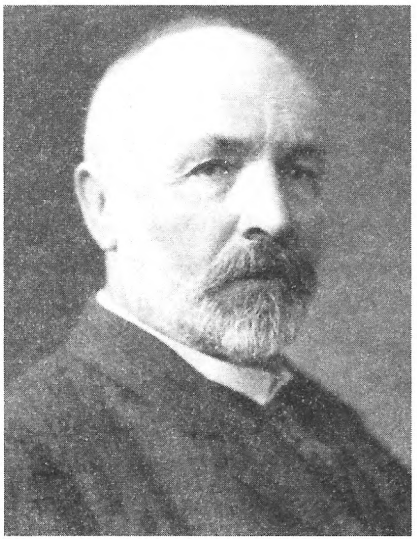
encontrarnos más adelante con su creador, el matemático siciliano y mecenas de la matemática Giovanni Guccia.

Este panorama de nuevos recursos a disposición de los investigadores matemáticos se completó a finales del siglo XIX con la creación de dos revistas que permitían seguir la literatura matemática a través de resúmenes cortos del contenido de los artículos de investigación publicados en las revistas especializadas, cuyo crecimiento comenzaba a hacer difícil de abarcar la nueva matemática que se iba creando. Fueron las revistas de recensiones: el *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*, que comenzó a publicarse en 1868, y el *Répertoire Bibliographique des Sciences Mathématiques*, publicado desde 1885.

El proceso que sumariamente hemos repasado hizo que al final del siglo XIX, gracias a los puestos académicos en las universidades, a las revistas especializadas, a las sociedades matemáticas nacionales y a las revistas de recensiones, la investigación matemática fuese una actividad muy estructurada, profesionalizada e internacionalizada, lo que hoy en día llamaríamos globalizada.

El lector atento se habrá dado cuenta de la falta de un elemento en este repaso histórico. Hemos comentado la creación de las sociedades matemáticas y sus revistas en todos los países que han contribuido a la matemática moderna salvo en uno, y de los grandes: Alemania. Llegado el final del siglo XX, el modelo alemán y la matemática alemana habían adquirido una gran hegemonía en Europa. Una mirada atenta al caso alemán nos ayudará a comprender el último paso necesario en la estructuración internacional de la matemática.

La creación de la Unión de Matemáticos Alemanes, la Deutsche Mathematiker-Vereinigung, se retrasó hasta 1890 (aunque una de las revistas de investigación matemática alemanas más importantes, el *Mathematische Annalen*, se crease en 1868). El espíritu que animó dicha creación provino del matemático alemán (nacido en San Petersburgo) Georg Cantor. Sus investigaciones sobre las series de Fourier llevaron a Cantor a la creación de la moderna teoría de conjuntos. Esta teoría, y sus consecuencias, no fueron aceptadas por importantes e influyentes matemáticos alemanes (liderados por Leopold Kronecker, de la Universidad de Berlín), que veían en las nuevas teorías no una herramienta para plantear y resolver nuevos problemas, sino una amenaza para la solidez de la matemática. Cantor buscaba un foro donde pudiese exponer y defender sus teorías con libertad y sin cortapisas; lo encontró en la Unión de Matemáticos Alemanes. Contó para este propósito con la ayuda de otro gran matemático alemán, Felix Klein, cuyos intereses incluían difundir un nuevo modelo de educación, investigación y organización para la matemática.



Georg Cantor.

Felix Klein.

Tras la creación de la Unión de Matemáticos Alemanes, Cantor se dedicó a promover la celebración de un congreso internacional de matemáticos. Sus objetivos eran los mismos que antes había tenido con la sociedad matemática y formaban parte de su lucha personal en nombre de la libertad científica (suya es la célebre frase que resume una de las características más profundas de la matemática: «La esencia de la matemática radica precisamente en su libertad»). En este empeño se vio acompañado por importantes matemáticos que apoyaron con entusiasmo su idea. Entre ellos, los franceses Charles Hermite y Henri Poincaré.

Un primer ensayo de congreso internacional se celebró en Chicago en 1893, ciudad que aquel año acogía la Exposición Universal Colombina. Matemáticos de la recién creada Universidad de Chicago (entre ellos dos alumnos alemanes de Felix Klein) organizaron una reunión de cinco días en la que se presentaron 44 comunicaciones científicas firmadas por matemáticos de siete países distintos (Alemania, Estados Unidos, Francia, Italia, Austria, Suiza y Rusia), entre los que se encontraban los más importantes del momento. Casi todas las comunicaciones fueron presentadas en ausencia de sus autores, pues de los 45 participantes sólo cuatro provenían de fuera de Estados Unidos. Felix Klein asistió al congreso en calidad de Comisionado Imperial del Ministerio Prusiano de Cultura, e impartió la conferencia inaugural, donde defendió la necesidad de la cooperación internacional entre los matemáticos.

Vista de la Exposición Universal Colombina de Chicago, celebrada en 1893.

Primera cita en tierra neutral

Diversas propuestas circularon entre los matemáticos a finales del siglo XIX sobre las posibles sedes para el primer congreso internacional: se propuso Kazán (en Rusia), Bélgica, París y otras. Al final triunfó la opción más imparcial para aquella Europa fuertemente marcada por las rivalidades nacionales: Zúrich, en la siempre neutral Suiza.

Nunca ha resultado sencillo organizar un congreso internacional, y menos aún si el que se organiza es el primero. Para ello, un selecto grupo de 21 matemáticos de nueve países escribió, en enero de 1897, una carta de invitación dirigida a 2.000 matemáticos del mundo invitándoles a participar. La invitación no se envió por correo directamente, sino que se distribuyó a través de matemáticos de 12 países (Alemania, el Imperio austrohúngaro, Bélgica, Estados Unidos, Francia, Gran Bretaña, Grecia, Holanda, Italia, Portugal, Rusia y Suecia) y de las revistas de investigación matemática.

La cita era del 9 al 11 de agosto de 1897 en la Escuela Politécnica Confederal de Zúrich (prestigiosa institución científica conocida actualmente como el ETH). Este primer congreso contenía las semillas de todo lo que han llegado a ser los congresos internacionales de matemáticos, por lo que nos detendremos con algún detalle en su desarrollo y sus conclusiones.

Para valorar adecuadamente lo que fue aquel primer congreso internacional debemos tener en cuenta que la gran mayoría de los investigadores matemáticos de la época no se conocían personalmente, habían leído los artículos de los demás y, a lo sumo, habían intercambiado cartas sobre resultados científicos. Por ello, los organizadores prepararon la noche anterior a la inauguración del congreso, tras la llegada de los congresistas, una fiesta de bienvenida en la conocida sala de conciertos Tonhalle de Zúrich. Se cuenta en las actas del congreso que «encantados por las estimulantes conversaciones y el alegre sonido de las copas», los participantes mantuvieron la animada reunión hasta la medianoche. Adolf Hurwitz saludó en nombre de los organizadores a los presentes diciendo:

> «Que la fuerza inspiradora de la comunicación personal surja durante estos días, dando numerosas ocasiones para las discusiones científicas. Disfrutemos juntos de la alegre camaradería, sabiendo que estamos aquí presentes representantes de muchos países unidos por los ideales más altos de paz y amistad».

Estas palabras se han convertido en un símbolo del valor de la cooperación matemática internacional y han sido guía de los congresos internacionales.

Adolf Hurwitz.

La primera tarea fue decidir cómo organizar un congreso de esas características, habida cuenta de que se carecía de experiencia en ello. La organización del programa científico que se hizo para la ocasión ha perdurado y es la misma que se usa actualmente. Por una parte, había sesiones plenarias que versaban sobre temas de interés general y cuyas conferencias se impartían por conferenciantes escogidos por invitación y estaban dirigidas a todos los participantes. En este congreso de Zúrich las conferencias plenarias fueron cuatro:

— «Sur les rapports de l'analyse pure et de la physique mathématique», por Henri Poincaré de París.
— «Über die Entwickelung der allgemeinen Theorie der analytischen Funktionen in neuerer Zeit», por Adolf Hurwitz de Zúrich.
— «Logica matematica», por Giuseppe Peano de Turín.
— «Zur Frage des höheren mathematischen Unterrichtes», por Felix Klein de Gotinga.

Por otra parte, los trabajos del congreso se dividían en secciones científicas, en las que se presentaban comunicaciones más cortas que se agrupaban según criterios de afinidad temática. Cinco fueron las secciones en el congreso de Zúrich:

I. Aritmética y álgebra.
II. Análisis y teoría de funciones.
III. Geometría.
IV. Mecánica y física matemática.
V. Historia y bibliografía.

Esta división de la matemática muestra la concepción de la misma y las áreas de trabajo y desarrollo del momento. Entre las comunicaciones presentadas en las secciones encontramos, por ejemplo, una del joven matemático belga Charles de la Vallée Poussin sobre el teorema de los números primos.

El congreso trató con tacto y cuidado la cuestión del equilibrio nacional, que ha sido uno de los grandes peligros y obsesiones de la historia de Europa. No por azar se decidió celebrar el congreso en Suiza, «en el cruce de las largas vías ferroviarias que van de París a Viena y de Berlín a Roma», según se recordó en la ceremonia de apertura. Se percibe también el equilibrio nacional en la cuestión de las lenguas, pues se decidió que las oficiales del congreso fuesen alemán y francés, y que las ac-

tas del congreso se editasen en ambas lenguas. Se admitía también en las conferencias y las intervenciones públicas el uso del inglés y del italiano. El mismo equilibrio nacional se aprecia en la elección de conferenciantes plenarios: un alemán, un francés, un italiano y un suizo (Hurwitz, alemán pero radicado en Suiza).

EL TEOREMA DE LOS NÚMEROS PRIMOS

Debemos a Euclides la primera prueba de la infinitud de los números primos. Pero ¿cómo de infinitos son los primos? Llamemos $\Pi(N)$ al número de primos menores o iguales a N. En el siglo XVIII, el matemático francés Adrien-Marie Legendre y el alemán Carl F. Gauss conjeturaron (Gauss con 15 años) una relación entre $\Pi(N)$ y el cociente $N/\log N$. En 1852, el matemático ruso Pafnuty Lvovich Tchebyshev probó que $\Pi(N)$ debía ser comparable a $N/\log N$. Fue en 1896 cuando el matemático francés Jacques Hadamard y el matemático belga Charles de la Vallée Poussin probaron, de forma simultánea e independiente, que, según N crece, $\Pi(N)/(N/\log N)$ tiende a 1.

Sur la théorie des nombres premiers.

Par

Ch. de la Vallée Poussin à Louvain.

M. de la Vallée Poussin s'est occupé de la fréquence des nombres premiers de différentes formes dans un Mémoire étendu, publié dans les Annales de la Société scientifique de Bruxelles (1896) sous le titre: Recherches analytiques sur la théorie des nombres premiers.

Voici quelques conclusions de ce travail, concernant les nombres premiers d'une forme linéaire primitive $Mx + N$:

1° L'expression

$$\frac{\varphi(M)}{y} \sum_{q_N < y} l q_N,$$

dans laquelle la somme est étendue aux nombres premiers $< y$ et de la forme $Mx + N$, a pour limite l'unité quand y tend vers l'infini.

2° La différence

$$\varphi(M) \sum_{q_N < y} \frac{l q_N}{q_N} - ly$$

tend vers une limite finie et déterminée quand y tend vers l'infini.

3° Le nombre des nombres premiers de la forme $Mx + N$ et $< y$ peut se représenter par l'expression

$$\frac{1 + \varepsilon}{\varphi(M)} \frac{y}{ly}$$

où ε tend vers zéro quand y tend vers l'infini.

On a des conclusions analogues concernant les nombres premiers représentables par une forme quadratique de déterminant négatif $(-\Delta)$.

Comunicación de De la Vallée Poussin de las actas de 1897.

Hubo durante el congreso un espacio relevante para la historia de la matemática, más allá de los trabajos de la sección de historia, en que se rindió tributo a las glorias pasadas de la matemática. Así, se dedicó un largo y florido recuerdo a los grandes matemáticos suizos: los hermanos Jakob, Johann y Daniel Bernoulli, Leonhard Euler y Jakob Steiner, y se discutió sobre la necesidad de publicar las obras completas de Leonhard Euler (entre los asistentes había varios editores importantes: Alfred Ackermann-Teubner de Leipzig, Albert Gauthier-Villars de París, y Ulrico Hoepli de Milán). También se honró a los grandes matemáticos del presente: se hizo un brindis general en honor del gran matemático francés Charles Hermite y se le envió un telegrama.

Había un sentimiento de que la matemática entraba en una nueva era basada en la cooperación internacional. Esto motivó que se hiciera una lista de tareas en que era necesario trabajar por un acuerdo internacional, entre ellas: la unificación de la terminología matemática y de las unidades; acelerar la información sobre las publicaciones (las revistas de recensiones eran muy lentas); crear una clasificación de la matemática que permitiese el trabajo bibliográfico (esto provenía de la velocidad a la que se producían los resultados matemáticos); crear un directorio internacional de matemáticos con direcciones y campos de especialidad de todos ellos (esta idea tuvo que esperar hasta 1958, año en que se creó el primer Directorio Internacional de Matemáticos); se llegó a proponer hacer un diccionario biográfico de matemáticos que incluyese fotografías de los más eminentes.

Las revistas científicas de la época, *Science* entre ellas, informaron a sus lectores sobre el éxito del congreso. El matemático francés y presidente de la Sociedad Matemática de Francia Émile Picard dijo en el banquete de despedida que «el éxito de nuestro primer congreso es una garantía de futuro para la institución recién fundada».

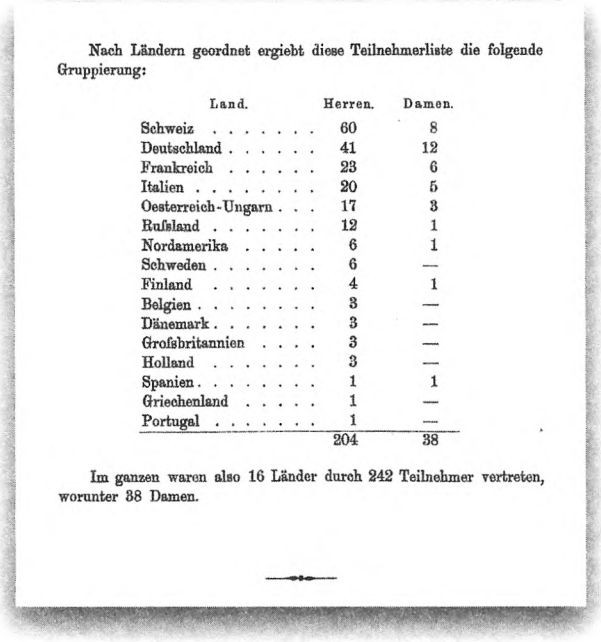
El éxito había sido doble. Por una parte, en asistencia y nivel científico. Asistieron 208 matemáticos de 16 países. Hubo cuatro conferencias plenarias y 30 comunicaciones en las secciones. Participaron muchos de los matemáticos más eminentes del momento, entre ellos, aparte de los ya mencionados, Fredholm, Hausdorff, Lindelöf, Mittag-Leffler, Minkowski, Schönflies, Volterra y muchos otros.

Pero no todo el mundo apoyó el congreso, hubo un cierto boicot: no participó nadie de la Universidad de Berlín. En cierto sentido, este primer congreso internacional era un congreso de los matemáticos de Gotinga, liderados por Felix Klein y Hilbert, y llevaba a cabo los planes de Cantor.

El otro éxito del congreso fue el ambiente en que se desarrolló. Esto se observa muy bien en las «Regulaciones del Congreso» que se aprobaron, donde se esta-

blecía que los dos primeros objetivos de los congresos internacionales de matemáticos eran:

a) Promover las relaciones personales entre matemáticos de distintos países.
b) Mostrar el estado actual de las distintas áreas de las ciencias matemáticas y sus aplicaciones, y discutir problemas de particular importancia.



Nach Ländern geordnet ergiebt diese Teilnehmerliste die folgende Gruppierung:

Land.	Herren.	Damen.
Schweiz	60	8
Deutschland	41	12
Frankreich	23	6
Italien	20	5
Oesterreich-Ungarn	17	3
Rufsland	12	1
Nordamerika	6	1
Schweden	6	—
Finland	4	1
Belgien	3	—
Dänemark	3	—
Grofsbritannien	3	—
Holland	3	—
Spanien	1	1
Griechenland	1	—
Portugal	1	—
	204	38

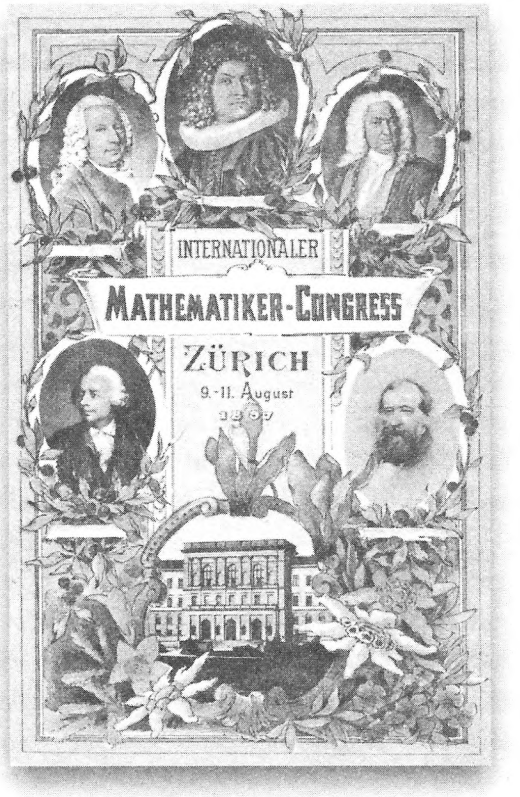
Im ganzen waren also 16 Länder durch 242 Teilnehmer vertreten, worunter 38 Damen.

Participantes por países en 1897.

Ya hemos comentado que el orden en que aparecen estos dos objetivos muestra el valor que se asignaba a las relaciones personales entre matemáticos como motor del desarrollo de la matemática. La alegría que marcó las actividades sociales refleja ese deseo de cuidar y desarrollar las relaciones personales. Entre las diversas excursiones y banquetes organizados para los participantes, y que dieron un gran ambiente de camaradería al congreso, se recuerda en especial el viaje en barco de vapor por el lago de Zúrich hasta el bello pueblo de Rapperswil; la vuelta se acompañó de vinos de Veltheimer y Regensberger de las bodegas de la ciudad de Zúrich, y los participantes encontraron a su vuelta la ciudad iluminada en su honor.

En la sesión de clausura del congreso se discutió sobre el futuro de los congresos internacionales. Se decidió que se sucediesen a intervalos de tres a cinco años y que

al final de cada congreso se designase la sede del siguiente. Se acordó que el siguiente tuviese lugar en París en el año 1900, organizado por la Sociedad Matemática de Francia. Aquí es donde se vio el único atisbo de rivalidad nacional: Felix Klein, presidente en ese momento de la Unión de Matemáticos Alemanes, declaró inmediatamente el interés de su sociedad en organizar el congreso de 1904.



Litografía del congreso de 1897 en Zúrich.

La conferencia de Hilbert

«¿Quién no desearía levantar el velo tras el cual se esconde el futuro y mirar a los próximos avances de nuestra ciencia y a los secretos de su desarrollo en los siglos venideros? ¿Cuáles serán las metas por las que lucharán las principales mentes matemáticas de las próximas generaciones? ¿Qué nuevos métodos y hechos en el amplio y rico campo del pensamiento matemático desvelarán los siglos venideros?

»La historia muestra la continuidad del desarrollo de la ciencia. Sabemos que cada época tiene sus propios problemas, que la siguiente época o bien resuelve o bien aparta por carentes de beneficio y reemplaza por otros nuevos. Si pudiésemos hacernos una idea del posible desarrollo del conocimiento matemático en el futuro inmediato, deberíamos dejar entonces las cuestiones irresueltas y mirar hacia los problemas que la ciencia de hoy señala y cuya solución esperamos del futuro. El día de hoy, en el congreso del cambio de siglo, resulta más que adecuado para el repaso de esos problemas. Pues el fin de una gran época no sólo nos invita a mirar hacia atrás al pasado sino que también nos invita a dirigir nuestros pensamientos al futuro desconocido.»

El congreso de París será recordado siempre por la conferencia de Hilbert. Como podemos ver por el modo en que comenzó, fue una conferencia inusual. En ella Hilbert no presentó la solución a ningún problema. Al contrario, planteó una lista de problemas cuya solución consideraba que determinaría o iluminaría la matemática del siglo XX. En el largo preámbulo de la conferencia, Hilbert trató sobre la naturaleza de los problemas matemáticos y su papel en el desarrollo de la ciencia. Es muy conocida su declaración de fe en el desarrollo de la matemática:

«En matemáticas no hay "ignorabimus"».

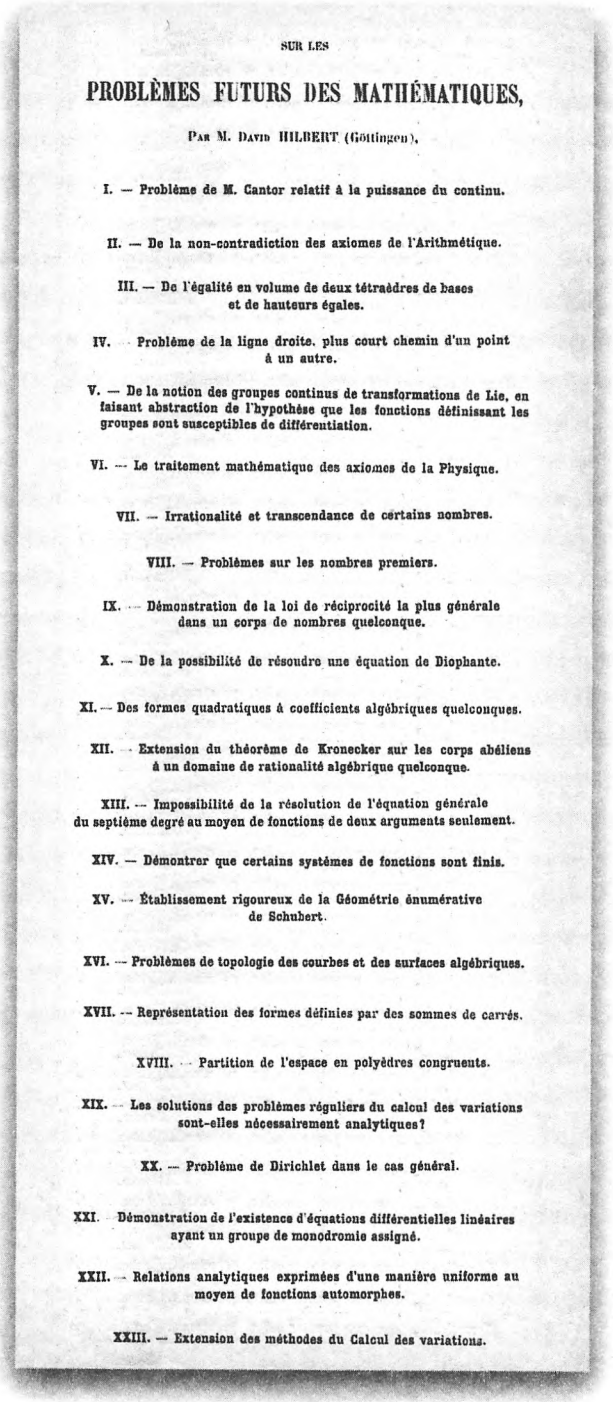
Esto era una respuesta a las tendencias científico-filosóficas que defendían el carácter esencial e inexorable del desconocimiento científico («Ignomarus et ignorabimus», ignoramos e ignoraremos, decía el fisiólogo alemán Emil du Bois-Reymond). Frente a ello, Hilbert declaraba su convicción de que, en matemáticas, todo es explicable.

En su conferencia, titulada en alemán «Mathematische Probleme», aunque se ofreció un resumen impreso en francés con el título «Sur les problèmes futurs des Mathématiques», Hilbert presentó una lista de 23 problemas, de los que por cuestiones de tiempo discutió sólo diez. La fama de estos problemas ha ido creciendo con el tiempo, dando prestigio a toda contribución que ayudase a su solución. No deja de ser una paradoja que la conferencia de Hilbert no fuese una conferencia plenaria, sino que se impartiese en la sección de Historia y Bibliografía. La razón es simple: Hilbert tardó mucho tiempo en preparar la conferencia, discutiendo su contenido con sus colegas Hermann Minkowski y Adolf Hurwitz, de forma que cuando la tuvo preparada ya se había cerrado el programa del congreso.

Los problemas fueron:

I. El problema de Cantor sobre la potencia del continuo.
II. Sobre la no contradicción de los axiomas de la aritmética.
III. Sobre la igualdad en volumen de dos tetraedros de bases y alturas iguales.
IV. Problema de la línea recta, el camino más corto de un punto a otro.
V. Sobre la noción de grupo continuo de transformaciones de Lie, haciendo abstracción de la hipótesis que las funciones que definen los grupos sean susceptibles de diferenciación.
VI. El tratamiento matemático de los axiomas de la física.
VII. Irracionalidad y trascendencia de ciertos números.
VIII. Problemas sobre números primos.
IX. Demostración de la ley de reciprocidad más general en un cuerpo de números cualquiera.
X. Sobre la posibilidad de resolver una ecuación de Diofanto.
XI. Sobre las formas cuadráticas con coeficientes algebraicos cualesquiera.
XII. Extensión de un teorema de Kronecker sobre cuerpos abelianos a un dominio de racionalidad algebraica cualquiera.
XIII. Imposibilidad de la resolución de la ecuación de séptimo grado por medio de funciones de sólo dos argumentos.
XIV. Demostrar que ciertos sistemas de funciones son finitos.
XV. Establecimiento riguroso de la geometría enumerativa de Shubert.
XVI. Problemas de topología de las curvas y superficies algebraicas.
XVII. Representación de las formas definidas mediante la suma de cuadrados.
XVIII. Partición del espacio en poliedros congruentes.
XIX. Las soluciones de los problemas regulares en el cálculo de variaciones ¿son necesariamente analíticas?
XX. El problema de Dirichlet en el caso general.
XXI. Demostración de la existencia de ecuaciones diferenciales lineales con un grupo de monodromía asignado.
XXII. Relaciones analíticas expresadas de manera uniforme por medio de funciones automorfas.
XXIII. Extensión de los métodos del cálculo de variaciones.

En la conferencia, con los diez problemas que presentó, y más adelante, en el artículo con los 23 problemas, Hilbert discutió detalladamente cada tema.



SUR LES

PROBLÈMES FUTURS DES MATHÉMATIQUES,

PAR M. DAVID HILBERT (Göttingen).

I. — Problème de M. Cantor relatif à la puissance du continu.

II. — De la non-contradiction des axiomes de l'Arithmétique.

III. — De l'égalité en volume de deux tétraèdres de bases et de hauteurs égales.

IV. — Problème de la ligne droite, plus court chemin d'un point à un autre.

V. — De la notion des groupes continus de transformations de Lie, en faisant abstraction de l'hypothèse que les fonctions définissant les groupes sont susceptibles de différentiation.

VI. — Le traitement mathématique des axiomes de la Physique.

VII. — Irrationalité et transcendance de certains nombres.

VIII. — Problèmes sur les nombres premiers.

IX. — Démonstration de la loi de réciprocité la plus générale dans un corps de nombres quelconque.

X. — De la possibilité de résoudre une équation de Diophante.

XI. — Des formes quadratiques à coefficients algébriques quelconques.

XII. — Extension du théorème de Kronecker sur les corps abéliens à un domaine de rationalité algébrique quelconque.

XIII. — Impossibilité de la résolution de l'équation générale du septième degré au moyen de fonctions de deux arguments seulement.

XIV. — Démontrer que certains systèmes de fonctions sont finis.

XV. — Établissement rigoureux de la Géométrie énumérative de Schubert.

XVI. — Problèmes de topologie des courbes et des surfaces algébriques.

XVII. — Représentation des formes définies par des sommes de carrés.

XVIII. — Partition de l'espace en polyèdres congruents.

XIX. — Les solutions des problèmes réguliers du calcul des variations sont-elles nécessairement analytiques?

XX. — Problème de Dirichlet dans le cas général.

XXI. — Démonstration de l'existence d'équations différentielles linéaires ayant un groupe de monodromie assigné.

XXII. — Relations analytiques exprimées d'une manière uniforme au moyen de fonctions automorphes.

XXIII. — Extension des méthodes du Calcul des variations.

Los 23 problemas de Hilbert en las actas de 1900.

LOS PROBLEMAS DE HILBERT PENDIENTES

No todos los problemas planteados por Hilbert tienen la misma naturaleza, sino que algunos son precisos y concretos, y otros más bien proponen programas de investigación. En general, se consideran resueltos, total o parcial pero sustancialmente, la mayoría de los problemas susceptibles de ello, pues los hay con cierta imprecisión en la formulación. Sobre los que no están resueltos no hay un consenso completo, debido a diferentes interpretaciones del sentido de las preguntas, pero podemos resumir la situación en que éstos son el VIII y el XVI. El primero de estos, el VIII, nos lo encontraremos en el último capítulo.

Este segundo congreso internacional coincidió con la celebración en París de la Exposición Universal del cambio de siglo, que llegó a congregar más de doscientos congresos científicos en la ciudad. A pesar de las magníficas expectativas iniciales (más de mil matemáticos preinscritos), la asistencia final fue de 250 participantes provenientes de 26 países, sólo una cuarta parte más que en Zúrich. La causa fue posiblemente las alarmantes informaciones, que aparecieron incluso en las revistas científicas, sobre aglomeraciones y extorsión a los visitantes de la Exposición Universal.

Vista general de la Exposición Universal de 1900 celebrada en París.

El programa científico siguió los pasos del diseñado en Zúrich. Las conferencias plenarias fueron cuatro:

— «Sur l'Historiographie des Mathématiques», por Moritz Cantor de Heidelberg.
— «Betti, Brioschi, Casorati, trois analystes italiens et trois manières d'envisager les questions d'analyse», por Vito Volterra de Roma.
— «Sur le rôle de l'intuition et de la logique en Mathématiques», por Henri Poincaré de París.
— «Une page de la vie de Weierstrass», por Gösta Mittag-Leffler de Estocolmo.

Respecto de las secciones, se mantuvieron las mismas que había en el congreso de Zúrich, a las que se añadió una nueva sobre «Enseñanza y métodos». Veremos cómo esta preocupación por la enseñanza acabaría acentuándose en los congresos siguientes.

UN LENGUAJE UNIVERSAL PARA LA CIENCIA

El congreso de 1900 discutió sobre la propuesta de «adoptar un lenguaje universal para la ciencia y el comercio», siguiendo el modelo del esperanto, que se había creado recientemente. La propuesta no tuvo buena acogida, pero el problema subyacente se consideraba un grave riesgo. Como expuso el matemático ruso Alexander Vassilief, a comienzos del siglo XIX para un estudioso era suficiente conocer tres lenguas, latín, inglés y francés, pero advertía que la existencia de veinte o treinta lenguas científicas sería un gran peligro para la ciencia. Se acordó «proponer a las academias y sociedades científicas estudiar los medios adecuados para poner remedio a los peligros derivados de la creciente diversidad de lenguas empleadas en la literatura científica».

La ceremonia de clausura se celebró en el magnífico anfiteatro Richelieu de la Universidad de la Sorbona y estuvo presidida por Poincaré. Se acordó encargar a la Unión de Matemáticos Alemanes la organización del congreso siguiente, en 1904. El segundo congreso había sido un éxito, manteniendo la continuidad de la serie de congresos internacionales, y había alumbrado la lista de 23 problemas de Hilbert.

LUJO Y EXTRAVAGANCIAS EN PARÍS EN 1900

El príncipe Roland Bonaparte, sobrino nieto de Napoleón, que presidía la sección de Historia del congreso internacional de matemáticos y era conocido por su patronazgo de empresas científicas, organizó en su palacio una fiesta que combinó honrar al Sha de Persia, de visita en París, con una velada científica para los participantes en dicho congreso. Una velada extravagante y deliciosa, según las crónicas de sociedad.

El congreso del Imperio alemán

En 1904, el Imperio alemán se hallaba en su apogeo económico, militar, social, cultural y científico. En consonancia con ello, el congreso internacional de matemáticos se celebró en Heidelberg por todo lo alto. No en vano tuvo importantes subsidios del Gobierno imperial, del Káiser y del Archiduque de Baden. Esto permitió un gran esfuerzo anunciador (en 25.000 ejemplares de las principales revistas de investigación matemática del mundo), que tuvo su recompensa: 336 participantes de 20 países, frente a los 208 de Zúrich y los 250 de París.

Nach Ländern geordnet ergibt diese Teilnehmerliste die folgende Gruppierung:

Land	Hauptkarten	Nebenkarten
Deutsches Reich	173	31
Rußland	30	4
Österreich-Ungarn	25	3
Frankreich	24	5
Vereinigte Staaten von Nordamerika	15	4
Dänemark	13	8
Italien	12	2
Schweiz	12	1
Schweden und Norwegen	8	1
Großbritannien	7	1
Niederlande	6	—
Belgien	2	—
Japan	2	—
Rumänien	2	—
Argentinien	1	—
Bulgarien	1	—
Canada	1	—
Griechenland	1	—
Spanien	1	—
	336	60

Im ganzen waren also 19 Länder durch 396 Personen vertreten.

Participantes por países en 1904.

El programa científico se ajustó al modelo del congreso de Zúrich: cuatro conferencias plenarias, una en cada una de las principales lenguas de la matemática, alemán, inglés, francés e italiano:

— «The Mathematical Theory of the Top (Considered Historically)», por Alfred G. Greenhill de Londres.
— «Le problème moderne de l'intégration des équations différentielles», por Paul Painlevé de París.
— «La geometria d'oggidi e i suoi legami coll'analisi», por Corrado Segre de Turín.
— «Riemanns Vorlesungen über die hypergeometrische Reihe und ihre Bedeutung», por Wilhelm Wirtinger de Viena.

El número de conferencias presentadas en las secciones se duplicó respecto de los congresos anteriores, hasta 78, dentro de las secciones usuales, cuyas únicas variaciones sustanciales fueron el cambio de nombre a «Pedagogía» de la sección VI y a «Matemática aplicada» de la sección IV, antes llamada «Mecánica y física matemática».

La mañana del 10 de agosto el congreso vivió una escena de gran intensidad dramática. Estaba prevista la conferencia «La hipótesis del continuo», impartida por el matemático húngaro Julius König, en la que se anunciaba la resolución del primero de los problemas que Hilbert había planteado en el congreso de París. El problema recogía una conjetura planteada por Cantor relativa al tamaño de los conjuntos infinitos. El interés era tal que se cancelaron todas las demás conferencias para que los congresistas pudiesen asistir. En presencia de Hilbert y de Cantor, König demostró que la conjetura de Cantor era falsa. En la discusión posterior, Cantor, en estado de intensa agitación, agradeció públicamente a Dios haberle permitido vivir para ver la refutación de sus errores. La noticia de que algo de gran trascendencia había ocurrido llegó a los periódicos locales, hasta el punto de que Felix Klein tuvo que visitar al Archiduque para informarle de lo sucedido. Poco le duró a Cantor el susto: unas semanas después se descubrió un error indirecto en la prueba de König. La conjetura de Cantor se mantuvo sin resolver completamente hasta 1963.

La aparición explícita de la matemática aplicada muestra una de esas almas de la matemática que cada cierto tiempo aflora con fuerza en los congresos internacionales. La sección de Matemática aplicada organizó una actividad que tuvo un enor-

me éxito y resultó muy animada: la presentación por parte de instituciones académicas y compañías comerciales de diversos «instrumentos y aparatos matemáticos». Se presentaron, entre otros, los siguientes aparatos:

— La calculadora «Triumphator», de Bombicki y Lamm de Berlín.
— Un campilógrafo y un divisor de ángulos, de Chateau Frères, una compañía mecánica de precisión de París.
— El diferenciador Coradi, el integrador Abakanowicz, el «parabológrafo» Payne-Coradi y un analizador armónico de G. Coradi, del Instituto Matemático-Mecánico de Zúrich.
— Un giroscopio (según modelo de Maxwell) y un girostato (según modelo de Lord Kelvin), del Instituto Matemático de Gotinga.
— El hiperboloide de Darboux deformable, de A. Greenhill de Londres.
— Las calculadoras «Brunsviga» y «Addograph», de Grimme, Natalis & Co., de Brunswick.
— Un ciclógrafo y un elipsógrafo, de la Escuela Técnica de Viena.
— El «epidiascopio» y el «episcopio», del taller óptico de Carl Zeiss en Jena.

La presentación se acompañó con demostraciones y charlas explicativas, que incluyeron una conferencia sobre «La geometría de los números» a cargo de Hermann Minkowski usando el epidiascopio.

El único aparato histórico que se mostró era la máquina de calcular que diseñó y construyó Leibniz en 1674 —cuyo funcionamiento sólo tenía un error menor, pero subsanable, relativo a la operación 9.999 + 1, que daba 9.900—, y era comparable con alguna de las calculadoras del momento. Actualmente sólo se conservan dos ejemplares de aquella preciosa máquina, uno en Hanóver y el otro en Múnich.

La parte de recuerdo histórico fue, como siempre, emotiva. Hubo mención especial a matemáticos fallecidos en los últimos años: Arthur Cayley en 1895, Francesco Brioschi en 1897, James Sylvester en 1897, Karl Weierstrass en 1897, Sophus Lie en 1899, Erwin Christoffel en 1900, Charles Hermite en 1901, Lazarus Fuchs en 1902, Luigi Cremona en 1903 y George Salmon en 1904.

La principal rememoración del pasado se dedicó a conmemorar el centenario del nacimiento del gran matemático alemán Carl Gustav Jacob Jacobi (1804-1851) con la primera conferencia plenaria dedicada a su recuerdo, que se distribuyó impresa a todos los participantes y que contó con la presencia de familiares, y la edición de una biografía científica.

TUMBAS DE MATEMÁTICOS

El matemático Hermann Amandus Schwarz informó al congreso sobre la situación de la tumba de Jacobi. Al no poder hacerse cargo su viuda de su mantenimiento, la Academia Prusiana de Ciencias había comprado la propiedad, en la iglesia de la Trinidad de Berlín, y había dignificado el lugar instalando una valla. Se mostraron en el congreso fotografías del estado final de la tumba.

En lo que respecta a publicaciones, se volvió a insistir en la importancia de publicar una edición completa de la obra de Euler, apoyando los esfuerzos de la Carnegie Institution y de las academias de Berlín y San Petersburgo en ese sentido. Felix Klein presentó el primer volumen de un ambicioso proyecto de enciclopedia de todo el conocimiento matemático, la *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften*. A su vez, el matemático francés Jules Molk presentó la versión francesa de la enciclopedia, aclarando —de nuevo afloró la rivalidad francoalemana— que no era una mera traducción de la alemana, sino que muchos artículos estaban reescritos por matemáticos franceses. Se agradeció a las editoriales B.G. Teubner de Leipzig y Gauthier-Villars de París, cuyos responsables asistían al congreso, que apoyaran estas empresas científicas.

De la parte lúdica del congreso se recuerda la magnificencia con que fueron tratados los congresistas. Botón de muestra es la excursión en barco por el río Neckar; a su llegada a Heidelberg se encontraron con los puentes y el castillo decorados con luces y bengalas, y fuegos artificiales dibujando en el cielo el teorema de Pitágoras.

En la sesión de clausura del congreso se constató el éxito y se aceptó con aclamaciones la invitación, presentada por el matemático italiano Vito Volterra, de la sección de matemáticas de la Accademia dei Lincei y del Círculo Matemático de Palermo, para celebrar el congreso siguiente en Roma en 1908.

Linces y sicilianos

«Recordemos la Italia de las repúblicas urbanas y del Renacimiento, con nombres como Fibonacci, Tartaglia, del Ferro, Ferrari y tantos otros, que prepararon la maduración histórica de las nuevas demandas espirituales y sociales del florecer de la ciencia. Tras Fibonacci, dos corrientes aparecieron,

una en los estudios de teoría pura y otra fundada en los estudios aplicados al comercio, en los cuales Italia encontró una renovada fortuna. Ahí surgió la contabilidad de doble entrada de Luca Paciolo y su floreciente escuela de aritmética comercial.»

Así resumía el ministro italiano de Instrucción Pública, durante la inauguración del congreso internacional celebrada en una de las bellas salas del Capitolio, la rica tradición italiana en aplicaciones de la matemática, a la que se unió durante la segunda mitad del siglo XIX el interés por estudiar problemas provenientes de la física. Esta tradición científica combinó perfectamente con el interés del gobierno italiano en el impulso de las aplicaciones de la matemática, por lo que apoyó al congreso no sólo a través del Ministerio de Instrucción Pública, sino también de los Ministerios de Agricultura, Industria y Comercio, de Finanzas y de Fomento. Incluso cuatro compañías de seguros italianas apoyaron financieramente el congreso.

El congreso internacional celebrado en Roma en 1908 pasará a la historia por su énfasis en las aplicaciones de la matemática, pero también, como veremos más adelante, por la atención especial que dedicó a la educación matemática.

El peso de la matemática aplicada y de las aplicaciones de la matemática se aprecia a lo largo de todo el congreso, desde el simple hecho de que estuviese presidido por el físico Pietro Blaserna hasta que entre las conferencias plenarias, que pasaron de cuatro a diez, hubiese tres eminentemente aplicadas:

— «Le partage de l'énergie entre la matière pondérable et l'éther», por Hendrik Antoon Lorentz de Leiden.
— «La théorie du mouvement de la lune; son historie et son état actuel», de Simon Newcomb de Washington.
— «Sur les trajectories des corpuscules électrisés dans le champs d'un aimant élémentaire avec applications aux aurores boréales», por Carl Størmer de Kristiania.

Lorentz había recibido el Premio Nobel de Física en 1902, y Newcomb era un renombrado astrónomo norteamericano. Lo mismo ocurrió en las secciones, donde la parte aplicada se expandió, incluyendo mecánica, física-matemática, geodesia, matemática actuarial y otras aplicaciones varias. Se llegó a escuchar una conferencia sobre la conducción de automóviles y el equilibrado de barcos.

LA MEDALLA GUCCIA

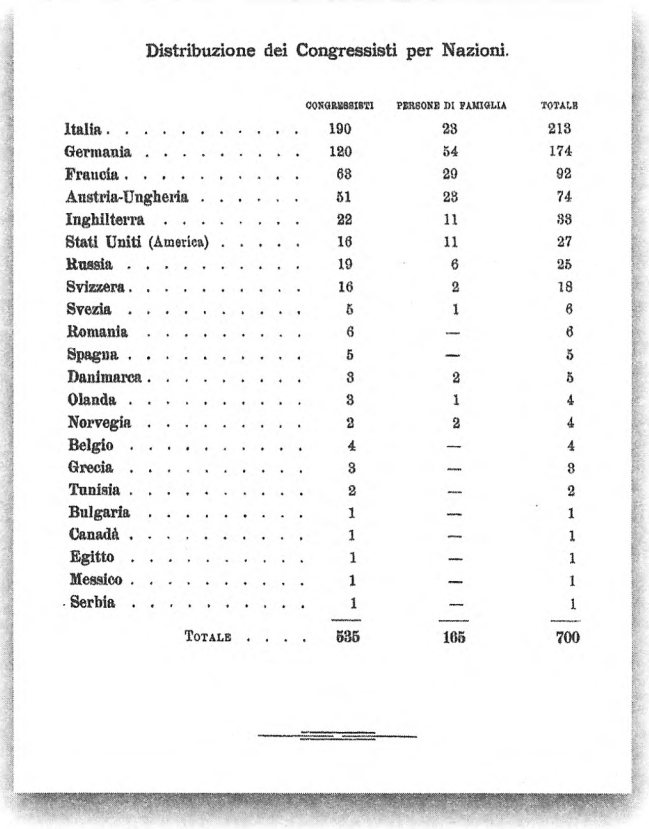
En este congreso apareció el primer premio científico asociado a un congreso internacional. Fue un ofrecimiento especial de una de las instituciones organizadoras del congreso, el Circolo Matematico di Palermo. Se trataba de una medalla de oro y tres mil liras en metálico para premiar un trabajo innovador sobre la teoría de curvas algebraicas. El premio se había anunciado en el anterior congreso en Heidelberg en 1904 y se había nombrado un jurado, formado por Poincaré, Max Noether de Erlangen y Corrado Segre de Turín. Ninguno de los trabajos presentados se consideró merecedor del premio, pero se otorgó a la labor de Francesco Severi de Padua. Fue un premio con corta vida, ya que ésta fue la primera y única vez que se concedió.

Entre los diversos asuntos sobre los que debatió el congreso de Roma destaca el de los programas y los métodos usados para la enseñanza de la matemática en la educación secundaria. Había consenso en su extrema importancia. Se presentaron informes sobre la situación en diversos países (Alemania, Austria, Grecia, Hungría, Inglaterra, Italia, España y Estados Unidos). A propuesta del matemático norteamericano David Eugene Smith, el congreso creó la International Commission on Mathematical Instruction (abreviado como ICMI), que estuvo presidida por Felix Klein hasta su muerte. Esta institución se ha mantenido a lo largo de los años, celebrando su centenario en 2008 (véase http://www.icmihistory.unito.it/). Prueba de la importancia que le concede la comunidad matemática internacional es que ha estado presidida por eminentes matemáticos (Jacques Hadamard, Marshall H. Stone, André Lichnerowicz, Jean-Pierre Kahane), entre ellos el español Miguel de Guzmán en el periodo 1991-1998. Desde 1969 organiza con carácter cuatrienal los ICME (International Congress on Mathematical Education), que congregan a miles de participantes. El octavo congreso de la serie se celebró en Sevilla en 1996.

UN SINDICATO

La euforia internacionalista del congreso motivó la propuesta de estudiar la creación de una asociación internacional de matemáticos. El congreso siguiente, celebrado en Cambridge en 1912, la desechó de un simple plumazo.

El congreso de Roma continuó la senda exitosa de los anteriores. Asistieron 535 matemáticos, se impartieron 10 conferencias plenarias y 127 en las secciones (en Heidelberg, en 1904, fueron 336, 4 y 78). El espíritu de continuidad que animaba los congresos se muestra también en el hecho de que el dinero sobrante de la organización del congreso de Heidelberg se incorporase al presupuesto del congreso de Roma.



Distribuzione dei Congressisti per Nazioni.

	CONGRESSISTI	PERSONE DI FAMIGLIA	TOTALE
Italia	190	23	213
Germania	120	54	174
Francia	63	29	92
Austria-Ungheria	51	23	74
Inghilterra	22	11	33
Stati Uniti (America)	16	11	27
Russia	19	6	25
Svizzera	16	2	18
Svezia	5	1	6
Romania	6	—	6
Spagna	5	—	5
Danimarca	3	2	5
Olanda	3	1	4
Norvegia	2	2	4
Belgio	4	—	4
Grecia	3	—	3
Tunisia	2	—	2
Bulgaria	1	—	1
Canadà	1	—	1
Egitto	1	—	1
Messico	1	—	1
Serbia	1	—	1
TOTALE	535	165	700

Participantes por países en 1908.

De los actos sociales del congreso se recuerda el concierto celebrado en un anfiteatro sobre el mausoleo de Augusto en Roma, pero sobre todo la excursión en tren y carruajes a la Villa Adriana en Tívoli, donde se sirvieron aperitivos y refrescos. Seguidamente los congresistas visitaron las cascadas de la Villa de Este (por cortesía del Archiduque Fernando de Austria, cuyo asesinato precipitaría la Primera Guerra Mundial).

HUELGA DE TIPÓGRAFOS SICILIANOS

Las actas de este congreso son tres grandes volúmenes con más de mil páginas. Estaba previsto que la impresión se hiciera en la Tipografia Matematica di Palermo, a cargo del Circolo Matematico di Palermo. Pero una huelga del combativo gremio de los tipógrafos sicilianos impidió su impresión, que finalmente tuvo que hacerse en Roma, en la imprenta de la otra institución científica organizadora del congreso, la Accademia dei Lincei. Ésta es una legendaria y prestigiosa institución científica fundada en los albores del siglo XVII en Roma. Dedicó su atención, y su aguda mirada —como la de los linces, de ahí su nombre—, a todos los campos de la ciencia. Galileo Galilei fue uno de sus primeros miembros.

En tierras de Darwin

La larga disputa entre los siglos XVII y XVIII en torno a la creación del cálculo infinitesimal que enfrentó a Leibniz y a Newton, y a sus respectivos seguidores, tuvo el efecto colateral de mantener a Gran Bretaña relativamente aislada del resto del continente europeo en lo que a evolución matemática respecta. Una consecuencia indirecta de ello fue que la matemática británica estuvo mucho más volcada hacia las aplicaciones y su relación con otras ciencias de lo que estuvo la matemática continental. Como ya ocurrió en el congreso internacional de Roma en 1908, este sesgo aplicado impregnó el siguiente congreso celebrado en 1912 en Cambridge. La cercanía con las ciencias de la naturaleza se nota, por ejemplo, en que el presidente de honor del congreso fuese el físico Lord Rayleigh, que había recibido el Premio Nobel en 1904 por el descubrimiento del gas argón. Lo mismo ocurrió con las conferencias plenarias, de las que la mitad fueron eminentemente aplicadas, sobre temas que incluso actualmente resultan alejados de la matemática:

— «Periodicities in the Solar System», por Ernest W. Brown de New Haven.
— «The Principles of Instrumental Seismology», por el príncipe B. Galitzin de San Petersburgo.
— «The Dynamics of Radiation», por Sir Joseph Larmor de Cambridge.
— «The Place of Mathematics in Engineering Practice», por Sir W.H. White.

Otro ejemplo paradigmático de la proximidad a las aplicaciones son las visitas organizadas para los participantes en el congreso: en primer lugar al observatorio

astronómico de la universidad, y a continuación a la Cambridge Scientific Instrument Company, especializada en la manufactura de instrumentos científicos de alta precisión. El fundador de esta empresa (que continuó operando hasta 1968) había sido el ingeniero Horace Darwin, uno de los hijos del naturalista Charles Darwin, quien había estudiado en la Universidad de Cambridge. Otro de los hijos de Darwin, George, que presidió el congreso (y también la Royal Astronomical Society), hizo en su discurso de apertura una peculiar reflexión sobre la matemática pura y la aplicada:

> «Pido clemencia para el matemático aplicado y que se miren con comprensión las dificultades en que trabaja. Aunque nuestros métodos carezcan a menudo de elegancia y satisfagan poco nuestro sentido estético, son un intento honesto por desentrañar los secretos del universo en que vivimos».

LOS MATHEMATICAL TRIPOS

El congreso hizo un homenaje a los Mathematical Tripos. Eran éstos unos durísimos exámenes de matemáticas que consistían en decenas y decenas de preguntas que había que responder en sesiones continuas que duraban más de una semana. Obligatorios para todos los estudiantes de Cambridge, sus resultados perduraban para toda la vida en el currículo de los graduados. Como explicó el vicecanciller de la universidad durante la inauguración del congreso, «representan el más antiguo ejemplo en Europa de un examen competitivo que establece un orden basado en el mérito». El nombre parece remontarse al taburete de tres patas en que, en sus orígenes en el siglo XVIII, los estudiantes pasaban el examen.

El congreso saludó la decisión de la Sociedad Suiza de Ciencias de la Naturaleza de comenzar la publicación, «en un estilo magnífico», de las obras completas de Leonhard Euler. Hemos visto que había sido un asunto recurrente en los congresos internacionales anteriores. El proyecto contaba con el apoyo de la Unión de Matemáticos Alemanes, que contribuía con un tercio de sus fondos, y de la Sociedad Matemática Francesa, que compraría 40 ejemplares siempre que los artículos se editasen en su idioma original. Todas las estimaciones sobre la magnitud de la empresa se quedaron cortas: a fecha de hoy, unos cien años después, se han publicado 72 volúmenes de artículos científicos y se sigue trabajando en los diez volúmenes que se estima que serán necesarios para su correspondencia científica (véase http://www.leonhard-euler.ch/).

El congreso de 1912 en Cambridge marcó el punto culminante de los congresos internacionales desde su comienzo en Zúrich en 1897. Participaron 574 matemáticos provenientes de 28 países, con una presencia relativamente alta de los no europeos, 87. Además, el encanto de los edificios medievales que habían albergado a gigantes de la ciencia, de las recepciones en palacios, de los conciertos de órgano y de las invitaciones a tomar té en haciendas nobiliarias cautivó a todos los participantes. Había una sensación clara de que los congresos internacionales tenían un futuro prometedor.

DISTRIBUTION OF MEMBERS ACCORDING TO NATIONALITY

	Members	Members of family	Total
Argentine	5	—	5
Austria	20	3	23
Belgium	5	—	5
Brazil	1	—	1
Bulgaria	1	—	1
Canada	5	—	5
Chili	1	—	1
Denmark	4	2	6
Egypt	2	—	2
France	39	6	45
Germany	53	17	70
Greece	4	1	5
Holland	9	1	10
Hungary	16	3	19
India	3	—	3
Italy	35	6	41
Japan	3	—	3
Mexico	2	—	2
Norway	3	1	4
Portugal	2	1	3
Roumania	4	1	5
Russia	30	10	40
Servia	1	—	1
Spain	25	2	27
Sweden	12	2	14
Switzerland	8	2	10
United Kingdom	221	49	270
United States of America	60	27	87
	574	134	708

Participantes por países en 1912.

El matemático sueco Gösta Mittag-Leffler invitó, en nombre de la Real Academia Sueca de Ciencias y de la redacción de la revista *Acta Mathematica* —la mejor

revista de investigación matemática del mundo—, a los presentes a participar en el congreso de 1916 en Estocolmo. La emoción del momento y las perspectivas de futuro animaron a que se presentasen invitaciones para el congreso de 1920, en Budapest, y de 1924, en Atenas.

MÁS TUMBAS DE MATEMÁTICOS

Un grupo de participantes en el congreso fue al cercano cementerio de Mill Road a honrar la memoria y depositar una corona de flores en la tumba del matemático británico Arthur Cayley. La Universidad de Cambridge, conmovida por el acto, acordó encargar una corona de plata como recuerdo permanente.

Capítulo 3

Los desastres de la guerra

Consideran muchos historiadores que el siglo XX no comienza, y por tanto el siglo XIX no concluye, hasta el estallido en 1914 de la Primera Guerra Mundial, también llamada la Gran Guerra. De ella surgió un mundo nuevo, distinto. Tres grandes imperios se derrumbaron, el alemán, el austrohúngaro y el ruso, y de sus ruinas nació una pléyade de nuevos países, entre ellos la Unión Soviética, con un sistema social inédito. Nunca se habían producido tantos cambios, y tan profundos, en tan corto lapso de tiempo. Pero los cambios fueron traumáticos, como lo fue la propia guerra, y también lo fue la posguerra. El coste de la guerra en vidas humanas, tanto en bajas militares y civiles como en heridos y mutilados, tuvo un tremendo impacto en la vida social.

La ciencia no fue inmune al torbellino de la guerra y al huracán de sus consecuencias, entre ellas el odio. Antes de terminar la contienda los gobiernos aliados habían decidido intervenir en el campo científico, cuya importancia para el desarrollo económico era cada día más evidente. Para ello crearon el International Research Council (IRC, abreviadamente) que formalmente declaraba tener el objetivo de promover la cooperación científica internacional, pero cuya agenda apenas oculta buscaba eliminar la preeminencia que Alemania tenía en muchos campos científicos. Aunque hubiese científicos involucrados en puestos de gestión del IRC, sus miembros no eran científicos, ni asociaciones científicas, ni academias; eran países, es decir, gobiernos.

Algunos matemáticos tuvieron un papel relevante en el IRC, entre ellos el francés Émile Picard, que fue el presidente hasta 1931, y el italiano Vito Volterra, vicepresidente. Pero el interés del IRC en la matemática iba más allá. En la reunión constituyente del IRC de 1919, en Bruselas, se tomaron dos importantes decisiones relativas a la matemática. Durante la guerra, como no podía ser de otro modo, los congresos internacionales quedaron suspendidos, por lo que no se celebró el previsto para 1916 en Estocolmo. El IRC decidió que se abandonase esa propuesta y el siguiente congreso internacional se celebrase en 1920 en Estrasburgo. La elección no era inocua: Alsacia y su capital, Estrasburgo, habían sido disputadas desde tiempo atrás por Alemania y Francia, y acababan de ser «recuperadas» por esta última.

La otra decisión del IRC fue redactar los estatutos de la futura Unión Matemática Internacional (UMI, en sus siglas francesas) con objeto de que se aprobasen y la Unión fuese fundada en el congreso de Estrasburgo.

Tiempos de venganza

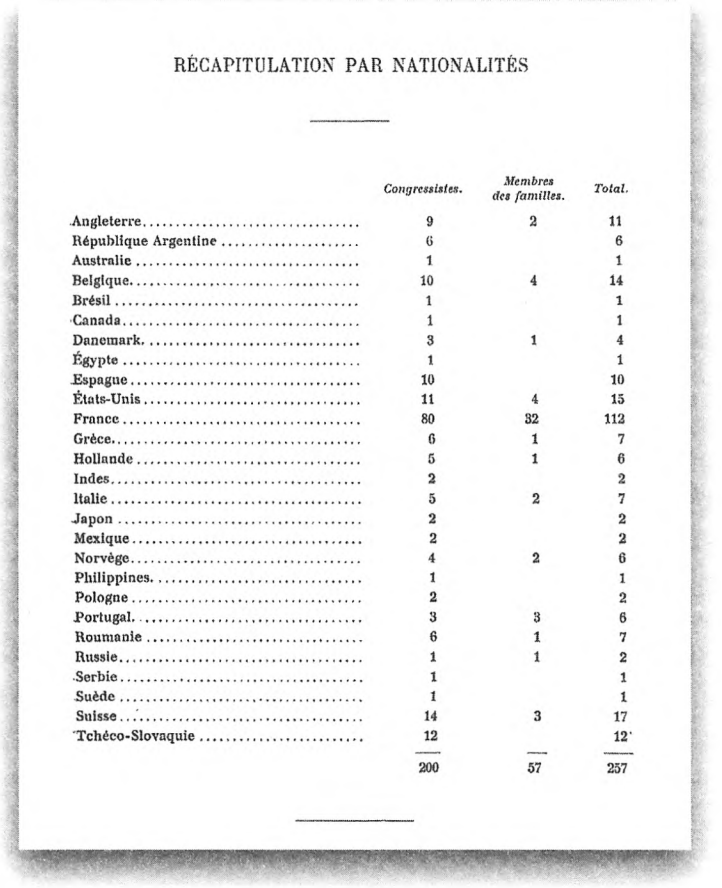
Matemáticamente, el congreso de 1920 en Estrasburgo fue como los anteriores: tuvo un presidente de honor, el octogenario matemático francés Camille Jordan, se presentaron casi 80 comunicaciones en las secciones científicas tradicionales e importantes matemáticos impartieron cinco conferencias plenarias:

— «Questions in Physical Indetermination», por sir Joseph Larmor de Cambridge.
— «Relations between the Theory of Numbers and Other Branches of Mathematics», por Leonard Eugene Dickson de Chicago.
— «Sur les fonctions à variation bornée et les questions qui s'y rattachent», por Charles de la Vallée-Poussin de Lovaina.
— «Sur l'enseignement de la Physique Mathématique e de quelques points d'Analyse», por Vito Volterra de Roma.
— «Sur les équations aux différence finies», por Niels Erik Nørlund de Lund.

Pero, aunque el número de países representados era prácticamente el mismo que en el congreso de Cambridge de 1912, algo había cambiado: asistieron 200 matemáticos, de los cuales, además, 80 eran franceses. Ésta era la cifra más baja desde el comienzo de la serie de congresos internacionales y sería la más baja de toda su historia. ¿Habría quebrado la guerra el entusiasmo que los anteriores congresos suscitaba entre los matemáticos?

La explicación es más sencilla, pero amarga: el congreso se había celebrado bajo las condiciones impuestas por el IRC, que impedía la asistencia a los congresos internacionales de aquellos científicos provenientes de los países de las potencias centrales perdedoras de la guerra: Alemania, el Imperio austrohúngaro, Bulgaria y Turquía. Esto significaba, en matemáticas, vetar a una parte muy sustancial de la comunidad científica, tanto por cualificación como por número. Pero, más aún, como explicó el secretario general del congreso y matemático francés Gabriel Koenigs, el congreso no había sido abierto, es decir, los asistentes se habían escogido y habían recibido una invitación personal, no pudiendo asistir quien no hubiese sido invita-

do personalmente. A lo anterior se unió la negativa a asistir de algunos matemáticos, como el inglés Godfrey Harold Hardy y el sueco Gösta Mittag-Leffler, que se oponían públicamente a esa política de exclusión y clamaban por restablecer las relaciones amistosas entre matemáticos de todos los países. Pero esa actitud en 1920 todavía era minoritaria.



RÉCAPITULATION PAR NATIONALITÉS

	Congressistes.	*Membres des familles.*	*Total.*
Angleterre	9	2	11
République Argentine	6		6
Australie	1		1
Belgique	10	4	14
Brésil	1		1
Canada	1		1
Danemark	3	1	4
Égypte	1		1
Espagne	10		10
États-Unis	11	4	15
France	80	32	112
Grèce	6	1	7
Hollande	5	1	6
Indes	2		2
Italie	5	2	7
Japon	2		2
Mexique	2		2
Norvège	4	2	6
Philippines	1		1
Pologne	2		2
Portugal	3	3	6
Roumanie	6	1	7
Russie	1	1	2
Serbie	1		1
Suède	1		1
Suisse	14	3	17
Tchéco-Slovaquie	12		12
	200	57	257

Participantes por países en 1920.

Estas circunstancias hicieron que el congreso estuviese marcado por un intenso tono posbélico: se prodigaron las visitas a mausoleos militares y campos de batalla, las exaltaciones de la identidad alsaciana en conferencias y conciertos, y las disposiciones y beneficios para aquellos participantes que hubiesen sido oficiales de los ejércitos aliados.

El punto culminante de este ambiente, a veces casi bélico, en que se desarrolló el congreso fue el discurso de clausura del presidente del congreso y presidente del IRC, Émile Picard, quien dijo:

> «Respecto a ciertas relaciones rotas por la tragedia de estos últimos años, nuestros sucesores deberán determinar si un lapso lo suficientemente largo de tiempo y un sincero arrepentimiento podrán permitir continuar aquellas relaciones, y si los que se excluyeron a sí mismos de las naciones civilizadas merecen reingresar de nuevo. Nosotros, demasiado cercanos a los eventos, seguimos asumiendo las sabias palabras del cardenal Mercier durante la guerra: perdonar ciertos crímenes es hacerse cómplice de ellos».

A la hora de juzgar estas durísimas palabras debemos tener en cuenta que la propia familia de Picard quedó completamente destruida por la guerra.

Émile Picard.

La clausura del congreso fue diferente a lo que marcaba la tradición, pues no se presentaron ni discutieron propuestas para la sede del siguiente congreso. La razón es que unos días antes, en una reunión restringida, se había fundado la Unión Matemática Internacional, y en ella se aprobaron los estatutos creados por el IRC y se fijaron los congresos de 1924, en Nueva York, y de 1928, en Bélgica. Los congresistas se limitaron a escuchar la decisión adoptada.

Corta fue la vida de estas imposiciones: según se acercaba el momento del siguiente congreso, quedó claro que la Sociedad Matemática Americana no estaba en condiciones de organizar un congreso en el que se mantuviese la política de exclusión de matemáticos procedentes de las antiguas potencias centrales. Varias razones había para ello: por una parte, los menores efectos que la guerra había tenido en Estados Unidos, lo que reducía la carga emocional de la guerra, y, por otra y de forma principal, la intensa relación científica entre los mundos académicos norteamericano y alemán, pues este último había sido fundamental en la gestación y formación del primero. Estas razones hacían prácticamente imposible conseguir el apoyo financiero necesario para organizar un congreso basado en una política de exclusión.

La continuidad de la serie de los congresos internacionales quedó seriamente comprometida, puesto que el IRC y, por tanto, la Unión Matemática Internacional, no estaban dispuestos a permitir un congreso abierto en que pudiesen participar los matemáticos alemanes. La solución vino *in extremis* de mano del matemático canadiense John Charles Fields, que ofreció organizar un congreso en Toronto en 1924 respetando la política de exclusión.

Los innumerables esfuerzos de Fields dieron su fruto, y el congreso se celebró en agosto de 1924 con una nutrida asistencia: 444 participantes de 28 países, entre los que figuraron novedades históricas, como el Estado Libre de Irlanda (tras su independencia de Gran Bretaña), Checoslovaquia (estado creado en 1918) y varias repúblicas soviéticas (Georgia, Rusia y Ucrania). Aunque dos tercios de los asistentes fuesen de América del Norte, fue todo un éxito conseguir ese número de participantes manteniendo la política de exclusión que impedía asistir a alemanes, austriacos, húngaros y búlgaros.

Siguiendo la tradición científica anglosajona, el congreso tuvo un marcado tono aplicado, como muestra la nueva lista de secciones científicas del congreso, donde destacan aquellas relacionadas con la ingeniería y la industria:

I. Álgebra, teoría de números y análisis.
II. Geometría.
III (a). Mecánica y física.
III (b). Astronomía y geofísica.
IV (a). Ingeniería eléctrica, mecánica, civil y minera.
IV (b). Aeronáutica, arquitectura naval, balística, y radiotelegrafía.
V. Estadística, ciencia actuarial y economía.
VI. Historia, filosofía y didáctica.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION

	A	B	C
Argentine	2	–	1
Australia	–	1	—
Belgium	6	2	–
Canada	107	4	7
Cuba	–	1	—
Czechoslovakia	3	—	—
Denmark	3	1	—
Egypt	—	1	–
France	24	18	3
Georgia	1	–	—
Great Britain	58	13	20
Greece	—	1	—
Holland	4	—	2
Hong Kong	1	—	—
India	2	—	—
Irish Free State	2	—	1
Italy	11	3	1
Japan	—	1	—
Jugoslavia	1	—	—
Malta	1	—	1
Mexico	1	—	—
Norway	5	1	—
Peru	—	1	—
Poland	2	1	—
Portugal	2	1	—
Roumania	1	1	—
Russia	4	10	—
Samoa	1	—	—
Spain	3	1	—
Sweden	3	2	—
Switzerland	4	1	—
Ukraine	1	2	—
United States	191	15	64
	444	82	100

A. Delegates and Members present in Toronto.
B. Corresponding Members.
C. Relatives accompanying those listed under A.

Listado de los participantes por países en el congreso de Toronto de 1924.

La lista de congresistas también muestra ese carácter aplicado e industrial del congreso, con participantes de las empresas Eastman Kodak, General Electric, American Telephone and Telegraph, Marconi y también de los Ministerios de Guerra de Estados Unidos y Francia. Como ocurriera en Cambridge en 1912, la visita organizada por el congreso también abundó en el interés por las aplicaciones y la actividad industrial y económica: se visitó la planta hidroeléctrica de Queenston-Chippawa, situada en el río Niágara y que había sido inaugurada tres años antes.

Científicamente, el congreso fue impecable, con 241 comunicaciones en las secciones y ocho conferencias plenarias (donde curiosamente tenían muy poca presencia las aplicaciones de la matemática):

— «La théorie des groupes et les recherches récentes de géometrie différentielle», por Élie Cartan de París.

— «Outline of the Theory to Date of the Arithmetics of Algebras», por Leonard Eugene Dickson de Chicago.
— «Considérations sur une équation aux dérivées partielles de la physique mathématique», por Jean Le Roux de Rennes.
— «Non-Euclidian Geometry from Non-projective Standpoint», por James Pierpoint de New Haven.
— «Sulle operazioni funzionali lineari», por Salvatore Pincherle de Bolonia.
— «La géometrie algébrique», por Francesco Severi de Roma.
— «Modern Norwegian Researches on the Aurora Borealis», por Carl Størmer de Oslo.
— «Some Characteristics Features of Twentieth-Century Pure Mathematical Research», por William H. Young de Londres.

Este congreso será recordado en lo que concierne a las actividades complementarias por una fabulosa excursión que se organizó para los participantes (y para los miembros de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia reunidos en Toronto), cuyo objeto era «informarse en detalle de las características físicas de Canadá y de sus recursos naturales». La noche del 17 de agosto se partió en tren desde Toronto en un viaje intercontinental hasta Victoria y Vancouver, en el océano Pacífico, retornando el 3 de septiembre; en total, ¡17 días de viaje!

El congreso logró soslayar en gran medida el recuerdo de la guerra, de la que ya habían pasado seis años, pero no lo consiguió completamente. El matemático belga Charles de la Vallée-Poussin ofrendó una corona de flores al monumento a los soldados de la Universidad de Toronto caídos en la guerra, y en su discurso recordó el congreso de 1920, aludiendo a «la liberación de la ciencia de las manos sacrílegas que durante tanto tiempo la habían usado para sus fines criminales».

Pero no fue ése el ambiente general del congreso. Para muchos asistentes de Norteamérica fue una triste sorpresa no encontrar en él a matemáticos alemanes, lo que ocasionó gran malestar y una fuerte respuesta. Las sociedades matemáticas de Estados Unidos, Dinamarca, Gran Bretaña, Holanda, Italia, Noruega y Suecia reclamaron que se acabase con la política de exclusión. Era algo que el IRC no estaba dispuesto a conceder, pero, como consecuencia, se consiguió retirar la invitación para la celebración del congreso de 1928 en Bélgica, que se hubiese llevado a cabo bajo las mismas condiciones que los dos anteriores. Así, por primera vez en la historia de los congresos internacionales, la clausura llegó sin que se decidiera la sede del siguiente congreso.

Tiempo de reconciliación

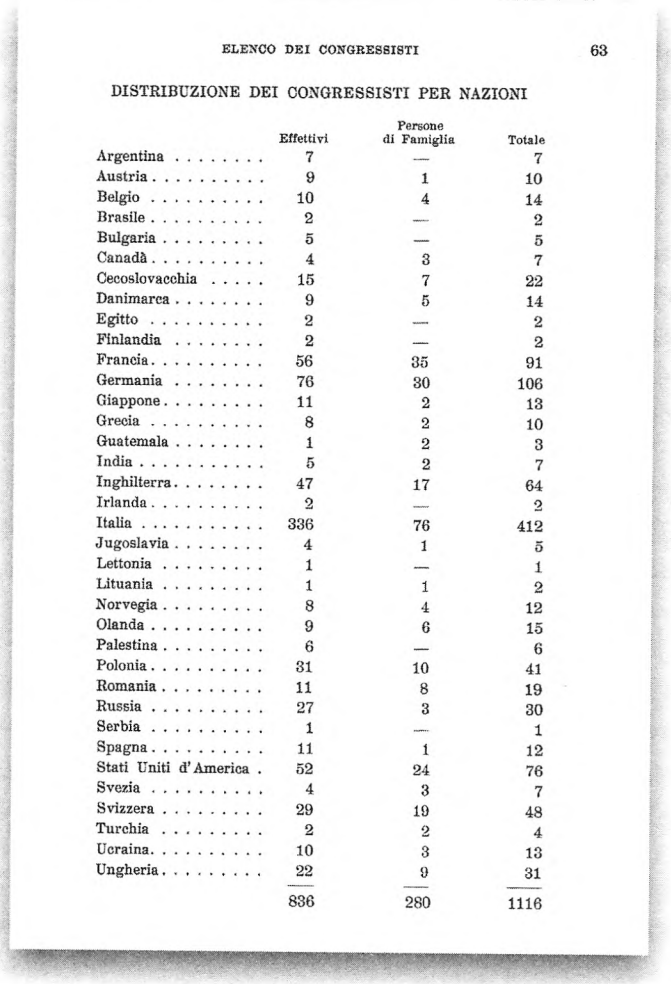
La situación internacional cambió con la firma en 1925 de los Acuerdos de Locarno, en los que las naciones europeas renunciaban al recurso de la guerra para resolver sus diferencias (tal como suena, no es una broma macabra) y la admisión en 1926 de Alemania en la Sociedad de Naciones. Esto motivó que el IRC cambiara sus estatutos e invitara a Alemania a integrarse. La compleja situación interna en Alemania (debido, entre otras razones, a la existencia de varias academias científicas) hizo que la respuesta se demorase. En ese momento la Unión Matemática Internacional decidió convocar el siguiente congreso en Bolonia, de donde provenía el presidente de la Unión, el matemático italiano Salvatore Pincherle. Éste decidió que el congreso sería abierto a todos los matemáticos del mundo y, consecuentemente, se mandaron invitaciones a todas las sociedades matemáticas, incluida la alemana.

La tensión entonces estalló, y por todas partes. En Alemania, el matemático Ludwig Bieberbach —que más adelante sería un ferviente nazi y promotor de la revista *Deutsche Mathematik* (*Matemática Alemana*), que se vanagloriaba de no incluir artículos de matemáticos judíos— encabezó un movimiento para evitar la asistencia alemana al congreso de Bolonia. Frente a él se situó David Hilbert, quien hizo una intensa defensa de la necesidad de asistir. Por parte del IRC, se comunicó que bajo la premisa de la asistencia libre el congreso sería ilegal. El tercer frente fueron gran número de sociedades matemáticas que acordaron no asistir al congreso si la participación no era abierta. En un acto de virtuosismo político-administrativo, Pincherle puso el congreso bajo el patrocinio de la Universidad de Bolonia, en lugar del de la Unión Matemática Internacional, y mantuvo su carácter abierto.

Salvatore Pincherle

Ludwig Bieberbach.

La prueba se superó con amplio éxito: el congreso se inauguró el 3 de septiembre de 1928 en Bolonia con 836 participantes de 36 países; la asistencia superaba en más de un 45% la del congreso de Cambridge de 1912. Más allá de las declaraciones políticas, fue esto lo que acabó con la política de exclusión en el campo de la cooperación internacional en matemáticas.



ELENCO DEI CONGRESSISTI 63

DISTRIBUZIONE DEI CONGRESSISTI PER NAZIONI

	Effettivi	Persone di Famiglia	Totale
Argentina	7	—	7
Austria	9	1	10
Belgio	10	4	14
Brasile	2	—	2
Bulgaria	5	—	5
Canadà	4	3	7
Cecoslovacchia	15	7	22
Danimarca	9	5	14
Egitto	2	—	2
Finlandia	2	—	2
Francia	56	35	91
Germania	76	30	106
Giappone	11	2	13
Grecia	8	2	10
Guatemala	1	2	3
India	5	2	7
Inghilterra	47	17	64
Irlanda	2	—	2
Italia	336	76	412
Jugoslavia	4	1	5
Lettonia	1	—	1
Lituania	1	1	2
Norvegia	8	4	12
Olanda	9	6	15
Palestina	6	—	6
Polonia	31	10	41
Romania	11	8	19
Russia	27	3	30
Serbia	1	—	1
Spagna	11	1	12
Stati Uniti d'America	52	24	76
Svezia	4	3	7
Svizzera	29	19	48
Turchia	2	2	4
Ucraina	10	3	13
Ungheria	22	9	31
	836	280	1116

Participantes por países en 1928.

Simbólicamente, el fin de la política de exclusión tuvo lugar cuando David Hilbert, que encarnaba como pocos matemáticos el espíritu de cooperación internacional, entró en la sala del congreso presidiendo la delegación alemana. Se produjo

un largo silencio, los alemanes no había participado en los congresos desde 1912; de repente, estalló un intenso aplauso. La comunidad matemática internacional se regocijaba de que su voluntad de cooperación hubiera podido eliminar la interferencia política en los congresos científicos. Las palabras de Hilbert en aquellos momentos se han convertido en un símbolo de la universalidad de la matemática:

> «Me alegra mucho que tras un largo y duro periodo todos los matemáticos del mundo estén representados aquí. Así es como debe ser y como es necesario que sea para la prosperidad de nuestra amada ciencia.
>
> »Tengamos en cuenta que nosotros, como matemáticos, estamos en el punto más alto en el cultivo de las ciencias exactas. No tenemos más remedio que asumir esa alta posición, puesto que todos los límites, especialmente los nacionales, son contrarios a la naturaleza de la matemática. Es un error absoluto en nuestra ciencia construir diferencias basadas en personas y razas, y las razones por las que eso se ha hecho son viles.
>
> »La matemática no conoce razas (...). Para la matemática, la totalidad del mundo cultural es un solo país».

Científicamente, el congreso tuvo 16 conferencias plenarias (a cargo, entre otros, de Hilbert, Borel, Castelnuovo, Fréchet, Hadamard, Lusin, Tonelli, Veblen, Volterra y del físico Theodore von Karman) y 419 comunicaciones en las secciones científicas, donde, de nuevo, hubo una expansión de las secciones aplicadas. Apareció por primera vez entre los contenidos de las secciones el cálculo de probabilidades, mostrando la fuerza de un área emergente. Al igual que en Toronto en 1924, se visitó una planta hidroeléctrica, situada entre Riva di Garda y el Lago di Ledro, recién inaugurada.

El recuerdo histórico tuvo su espacio con la presentación de un capítulo recién descubierto del *Álgebra* del matemático renacentista italiano Rafael Bombelli, y con las visitas a la casa de Scipione del Ferro, con la colocación de una placa conmemorativa incluida, a la iglesia de Bonaventura Cavalieri y a Ferrara, donde Copérnico había estudiado derecho canónico.

La sesión de clausura fue espléndida, en el Palazzo Vecchio de Florencia, acompañada de heraldos y trompeteros graciosamente ataviados. El alcalde de la ciudad recordó las glorias que la Toscana había dado a la matemática: Leonardo Fibonacci, Rafael Canacci, Leonardo da Vinci y Galileo Galilei y, al igual que en la Grecia clásica se combinaba el arte con la ciencia, así la Toscana había dado luz a artistas como Botticelli y Rafael. Recordó también las bibliotecas de la región, ricas en

tratados de aritmética, de álgebra y de geometría del final de la Edad Media, escritos para los comerciantes que eran banqueros de los papas y de los reyes y emperadores de Europa. Tras una conferencia del matemático norteamericano George David Birkhoff sobre «Algunos elementos matemáticos del arte», se pasó a una exhibición de manuscritos y libros antiguos de matemáticas de las bibliotecas Nacional de Florencia y Laurenciana; todo un lujo.

El congreso de Bolonia sirvió de exhibición internacional al estado fascista de Benito Mussolini, que le dio gran apoyo. A lo largo de todo el congreso se sintió la presencia de los cargos del Partido Nacional Fascista, de las Casas del Fascio, de los Sindicatos Fascistas. En su discurso de bienvenida, el alcalde de Bolonia bramó: «La Bolonia fascista está orgullosa de ofrecer su hospitalidad y de exhibir lo que ha llegado a ser bajo el impulso vivificador del fascismo».

LAS LENGUAS DEL CONGRESO

Fueron lenguas oficiales del congreso el italiano, el francés, el alemán, el inglés, el español, el latín clásico —de hecho, el Rector de la Universidad de Bolonia dio su discurso en latín— y la interlingua o latín *sine flexione*, una simplificación del latín creada, con voluntad de universalidad, por el matemático italiano Giuseppe Peano.

Tiempos de sosiego

Los congresos de 1932 en Zúrich (por segunda vez) y de 1936 en Oslo transcurrieron en un estado de concordia interna desconocido en los años anteriores, a pesar de que la situación política europea fue enrareciéndose progresivamente. No se pudo evitar el impacto de la tremenda crisis económica que sufrió Europa en aquellos años, ocasionada por la Gran Depresión iniciada en 1929, lo que resulta evidente tanto en los discursos protocolarios como en la austera y modesta organización de los congresos (en 1932, el concierto en la Tonhalle en homenaje a los congresistas sólo se pudo celebrar gracias a donaciones anónimas de ciertos «amantes de la música» de Zúrich).

Se trató con gran tacto todo lo asociado a la controversia suscitada por la política de exclusión. En Zúrich, en 1932, Ludwig Bieberbach fue invitado como conferenciante plenario (altura matemática le sobraba para ello) y se mandó desde el congreso un telegrama a Émile Picard como signo de admiración y respeto, a la vez que se honró nuevamente a David Hilbert recibiéndole a su entrada todo el congreso en pie.

Verteilung der Kongressmitglieder auf die Staaten

	Teilnehmer	Begleiter
Ägypten	5	2
Afrika	2	1
Belgien	7	1
Bulgarien	3	1
Canada	2	—
China	3	3
Dänemark	6	2
Deutschland	118	24
England	37	12
Finnland	3	—
Frankreich	69	20
Griechenland	5	—
Holland	16	1
Japan	3	1
Indien	2	—
Irland	4	2
Italien	64	17
Jugoslavien	4	—
Übertrag	353	87

	Teilnehmer	Begleiter
Übertrag	353	87
Lettland	1	1
Mexiko	1	—
Norwegen	9	5
Österreich	10	—
Palästina	2	—
Persien	1	—
Polen	20	2
Portugal	2	1
Rumänien	7	5
Russland	10	2
Schweden	5	2
Schweiz	144	41
Spanien	10	—
Tschechoslowakei	12	1
Türkei	2	—
Ungarn	12	3
U. S. A.	66	36
Total	667	186

36

RÉPARTITION DES MEMBRES DU CONGRÈS PAR DIFFÉRENTS PAYS

	Participants:	Personnes adhérentes:
L'Union Sud-Africaine	2	1
Algérie	1	—
Allemagne	35	2
Australie	1	—
Autriche	10	2
Belgique	9	3
Bulgarie	2	—
Canada	7	6
Chine	1	—
Danemark	22	5
Égypte	3	—
Espagne	8	—
Esthonie	1	—
États-Unis	86	56
Finlande	8	1
France	28	13
Grande-Bretagne	48	18
Grèce	4	—
A transporter	276	107

	Participants:	Personnes adhérentes:
Transporté	276	107
Hongrie	5	1
Inde	3	—
Iran	2	1
Irlande	6	3
Islande	1	—
Italie	5	2
Japon	4	—
Lettonie	3	1
Norvège	59	25
Pays-Bas	15	4
Palestine	5	1
Pologne	25	4
Roumanie	9	6
Suède	26	10
Suisse	20	11
Tchécoslovaquie	10	3
U. R. S. S.	11	—
Yougoslavie	2	3
Total	487	182

Listados de los participantes por países en 1932 (arriba) y en 1936.

El matemático alemán Hermann Weyl escenificó esta reconciliación tratando en uno de sus discursos un tema menor, pero bastante delicado. Los primeros congresos, desde 1897 a 1912, se habían ido numerando de forma natural. Así, el de Cambridge en 1912 fue el V Congreso Internacional de Matemáticos. La disrupción ocasionada por la Gran Guerra y la imposición de la política de exclusión hizo que los congresos de Estrasburgo en 1920 y de Toronto en 1924 no estuviesen abiertos a todos los matemáticos. Por ello, parte de la comunidad matemática no los consideró dentro de la serie de los congresos internacionales. Ejemplo de ello es que las actas del congreso de Bolonia se refieren al VI Congreso Internacional de Matemáticos. Desde luego, no era así como lo entendían los defensores de la Unión Matemática Internacional y del IRC, principalmente franceses y belgas. Hermann Weyl explicó que el congreso al que se asistía, el de Zúrich en 1932, era el número N, donde lo único que los fundamentos axiomáticos permitían determinar era que N estaba entre 7 y 9 (7 si no se aceptaban los congresos de Estrasburgo y Toronto, y 9 en caso de aceptarse). La solución propuesta por Weyl se aceptó, y desde entonces los congresos no se numeran.

Se pueden apreciar signos de cambio en los programas científicos de estos dos congresos. Las conferencias plenarias fueron un número alto que permitía mostrar la creciente diversidad de la comunidad matemática: 20 en Zúrich (entre otros por Carathéodory, Julia, Carleman, Cartan, Bieberbach, Morse, Noether, Bohr, Severi, Nevanlinna, Riesz, Sierpinski, Bernstein, y el físico cuántico Wolfgang Pauli) y 19 en Oslo (entre otros por Cartan, Siegel, Veblen, Birkhoff, Ahlfors, Van der Corput, Banach, Fréchet, Wiener). Pero es en la lista de secciones científicas donde se aprecian cambios que estaban ocurriendo en la matemática en creación:

I. Álgebra y teoría de números.
II. Análisis.
III. Geometría y topología.
IV. Cálculo de probabilidades, estadística matemática, matemática actuarial y econometría.
V. Física matemática, astronomía y geofísica.
VI. Mecánica racional y aplicada.
VII. Lógica, filosofía e historia.
VIII. Pedagogía.

Vemos en la lista que están presentes nuevas áreas matemáticas, como la topología. En esta misma dirección de especialización progresiva, el matemático esta-

dounidense Solomon Lefschetz, de Princeton, informó en el congreso de Oslo de 1936 sobre los preparativos para la celebración, «si las circunstancias lo permitían», de un congreso sobre topología en Varsovia en 1939. Posiblemente hubiera sido uno de los primeros congresos dedicado a un área específica, pero no se celebró debido a la situación política.

En lo que respecta a la parte de recuerdos históricos, en el congreso de Oslo se homenajeó al gran matemático noruego Sophus Lie y se descubrió un enorme busto suyo, costeado por un grupo de donantes anónimos, busto que todavía puede contemplarse en la Universidad de Oslo.

La participación fue alta, sin llegar a las cotas del congreso de Bolonia de 1928: 667 en 1932 en Zúrich y 487 en 1936 en Oslo. En este último congreso se comenzaba a notar la tensión política que recorría Europa. Es interesante observar los cambios en la participación de matemáticos de la Unión Soviética: mientras que en 1928 fueron 27, en 1932 sólo 10, y en 1936 fueron 11, pero en este último casi ninguno de ellos, ni siquiera los conferenciantes plenarios invitados, llegaron a asistir al congreso; las purgas estalinistas estaban en pleno auge. Otro caso interesante es el de Italia, con tan sólo cinco participantes apuntados en 1936, la mayoría de los cuales tampoco asistió. La razón era la protesta noruega frente a la invasión de Abisinia por Mussolini, que provocó la prohibición por parte del gobierno italiano de asistir al congreso. El de Oslo envió un mensaje de apoyo a Vito Volterra, que había sido expulsado de la universidad por no jurar fidelidad al régimen de Mussolini.

Vito Volterra.

En los congresos de 1932 en Zúrich y 1936 en Oslo tuvo lugar un importante acontecimiento para la matemática: se instituyó y concedió por primer vez una medalla que es el galardón más importante de la investigación matemática. Durante la sesión de apertura del congreso de 1932 se presentó la propuesta del matemático canadiense John Charles Fields, que había organizado el congreso de Toronto en 1924, de crear un premio científico para matemáticos jóvenes. Fields había fallecido unos meses antes, por lo que la propuesta fue transmitida por su colega y amigo John L. Synge. La cuestión de los premios ha sido siempre controvertida en matemáticas, pues siempre ha habido y hay quienes cuestionaban su utilidad. Se decidió considerar el tema a lo largo del congreso. A la vista de su carácter internacional, a la clausura se aprobó lo siguiente:

> «El Congreso Internacional de Matemáticos celebrado en Zúrich acepta con agradecimiento la oferta hecha por el fallecido profesor Fields de dos medallas para ser concedidas a dos matemáticos en intervalos de cuatro años en los congresos internacionales».

Se nombró un comité de cinco matemáticos para la concesión de la medalla en el siguiente congreso.

Durante la ceremonia de apertura del congreso de 1936 en Oslo, celebrada en un salón de la universidad decorado con murales del pintor Edvard Munch y en presencia del rey Haakon VII de Noruega, se concedieron las dos primeras medallas al finlandés Lars V. Ahlfors y al estadounidense Jesse Douglas. El matemático griego Constantin Carathéodory explicó las razones del premio aludiendo al trabajo de Ahlfors sobre funciones meromorfas y al de Douglas para resolver el problema de Plateau. A la clausura del congreso se nombró la comisión encargada de conceder las medallas en el siguiente congreso.

Desde entonces, la concesión de las medallas (a las que todavía no hemos dado nombre, eso lo haremos en el capítulo siguiente) se ha convertido en el momento más emocionante de los congresos internacionales. Durante meses circulan rumores con listas de candidatos y premiados, lo que queda desvelado el día de la inauguración del congreso.

El congreso de Oslo concluyó con la invitación de la Sociedad Matemática Americana para celebrar el siguiente congreso en 1940 en Estados Unidos, posiblemente en Nueva York o en algún otro lugar de la costa atlántica. Se aprobó por aclamación.

Lars V. Ahlfors (izquierda) y Jesse Douglas, los dos primeros matemáticos que recibieron la medalla propuesta por John Charles Fields.

Mujeres en los congresos

En los cuarenta años en que transcurrieron los primeros diez congresos internacionales la participación de las mujeres fue, como correspondía al mundo en que se celebraron los congresos, baja.

En Zúrich, en 1897, fueron cuatro las mujeres de 208 participantes; en concreto, la Dra. Fräulein Iginia Massarini de Roma, la profa. Frau Vera von Schiff de San Petersburgo, la profa. Fräulein Charlotte Angas Scott (que fue la primera británica que consiguió un doctorado en matemáticas y en 1905 fue vicepresidenta de la Sociedad Matemática Americana) de Pensilvania y la Dra. Frau Charlotte Wedell de Gotinga.

En París, en 1900, fueron seis las mujeres participantes sobre un total de 250. Provenían de Berlín, Copenhague, Nueva York, Moscú, Pensilvania y San Petersburgo (las dos últimas habían asistido también al congreso de 1897). En Heidelberg, a pesar de que la participación subió a 336, sólo hubo dos mujeres, ambas rusas. En 1908, en Roma, de 535 participantes sólo diez fueron mujeres. Aquí se pudo haber dado la primera comunicación a cargo de una mujer en un congreso internacional, por la Dra. Laura Pisati —el título de su conferencia era «Essay on a Synthetic Theory for Complex Variable Functions»—. Desafortunadamente, ocho días antes falleció.

El congreso de Cambridge en 1912 marcó el cambio de tendencia: participaron 38 mujeres (sobre un total de 574 participantes), de ellas 30 británicas, y Miss H.P. Hudson presentó la comunicación, «On Binodes and Nodal Curves», la primera a cargo de una mujer en un congreso internacional. En 1928, en Bolonia, fueron 72 las mujeres sobre un total de 836 participantes.

En el congreso de Zúrich de 1932, la matemática alemana Emmy Noether impartió la primera conferencia plenaria a cargo de una mujer, «Hyperkomplexe Grössen und Darstellungstheorie in arithmetischer Auffassung». El siguiente caso similar tuvo que esperar 58 años, hasta 1990, en el congreso internacional de Kyoto; mucho tiempo y un camino muy largo. Es de reseñar que al congreso de 1932 la Federación Internacional de Mujeres Universitarias y la Asociación Americana de Mujeres Universitarias mandaron delegaciones oficiales.

Emmy Noether.

Capítulo 4

Fields, una herencia maravillosa

Ya hemos desvelado el nombre de la medalla, pero el suspense no era un artificio. Cuando John Charles Fields propuso la creación de la medalla, proceso que repasaremos a continuación, insistió en que debía tener el carácter más internacional e impersonal posible, no estando asociada a ninguna persona, país o institución, salvo a los congresos internacionales. El homenaje póstumo de sus colegas poniendo su nombre a la medalla frustró su intención.

John Charles Fields fue el esforzado e incansable organizador del congreso internacional celebrado en Toronto en 1924. Siete años después, en febrero de 1931, el comité organizador del congreso, tras concluir la publicación de las actas, logró cerrar las cuentas. Quedaron 2.700 dólares canadienses sin gastar, que Fields propuso apartar para crear un premio consistente en dos medallas que se concedieran en los congresos internacionales. Un año de intenso trabajo después, Fields había conseguido la aprobación de su idea por las principales sociedades matemáticas del mundo, había encargado el diseño de la medalla a un escultor y buscaba el apoyo al proyecto del primer ministro de Canadá (no lo consiguió y, de hecho, el Canadá oficial ha dado la espalda al premio durante muchos años).

Quedaba por conseguir la aprobación del congreso internacional, que se iba a celebrar en septiembre de 1932 en Zúrich, para lo que Fields confiaba en su prestigio y en los apoyos que había ido recabando. Pero cuatro meses antes de la cita sufrió un grave ataque al corazón. En su lecho de muerte, apenas balbuceando, según contaron los testigos, dio instrucciones a su abogado para dedicar la práctica totalidad de sus bienes, que ascendía a 47.000 dólares canadienses, al premio que quería instituir, y encargó a su amigo John L. Synge la tarea de presentar la propuesta en el congreso de Zúrich. El resto lo sabemos, pues el citado congreso aprobó la propuesta, eso sí, tras una cierta resistencia. Premios científicos ha habido desde antiguo, pues nada más cercano al meollo intelectual y emocional de la creación científica que el reto. Institucionalizados, los premios existen al menos desde el siglo XVIII, creados por academias y sociedades científicas. Pero en matemáticas

siempre ha habido un cierto recelo. El matemático francés Alain Connes, que recibió la medalla Fields en el congreso celebrado en Varsovia en 1982-1983, explicaba que:

> «La utilidad de los premios es un asunto delicado. En principio, la medalla Fields es un acicate para la investigación. Pero si atrae mucha publicidad, puede tener efectos negativos. Jean-Paul Sartre, cuando recibió el Premio Nobel de Literatura, dijo que recibir un premio es como el beso de la muerte, puesto que si no se asimila bien puede anular a la persona. Desafortunadamente, en algunos casos es cierto».

Un ejemplo conocido del rechazo a los premios es el de Alexander Grothendieck, que recibió la medalla Fields en el congreso de Moscú de 1966, aunque no la recogió personalmente. Grothendieck recibió años más tarde un prestigioso y cuantioso premio de la Academia Sueca de Ciencias, que rechazó en carta abierta explicando que su salario era más que suficiente para sus necesidades materiales y que no aprobaba el continuo y grave declive de la ética de la comunidad científica.

Un breve apunte sobre John Charles Fields. Había nacido en 1863 en Ontario, Canadá, en una familia de origen escocés e irlandés. Estudió matemáticas en la Universidad de Toronto y, puesto que en aquella época no era posible obtener un doctorado en matemáticas en Canadá, hizo su doctorado en la Universidad John Hopkins de Estados Unidos. En 1892 se marchó a Europa, donde, gracias a «su vida sencilla y a sus hábitos abstemios», estuvo diez años asistiendo a cursos avanzados en las universidades de París, Berlín y Gotinga, impartidos por los grandes matemáticos del momento. Después regresó a la Universidad de Toronto. La experiencia europea, junto con su amistad con Mittag-Leffler, marcaron su interés por la cooperación internacional en matemáticas, que afloró en la organización del congreso internacional de Toronto en 1924 y en la creación de la medalla que lleva su nombre.

La medalla Fields fue el primer premio en matemáticas abierto a todo el mundo, sin restricción de área o nacionalidad. Se concede cada cuatro años con motivo del congreso internacional de matemáticos por «logros sobresalientes» en matemáticas. Los premiados son escogidos por un comité internacional, nombrado cada cuatro años, que permanece en secreto hasta el momento de la concesión. Es el premio internacional más prestigioso de la matemática.

John Charles Fields. Arriba, anverso y reverso de la medalla que lleva su nombre.

EL PREMIO NOBEL DE MATEMÁTICAS

No hay una explicación clara y convincente de por qué Alfred Nobel excluyó la matemática al establecer los premios asociados a su legado. Los matemáticos suecos Lars Gårding y Lars Hörmander (este último, medalla Fields en 1962) han clasificado las versiones existentes sobre este hecho. Por una parte, está la franco-norteamericana, según la cual el matemático Gösta Mittag-Leffler habría tenido un romance con la esposa de Nobel; por otra, la versión sueca, que lo atribuye a la rivalidad entre Nobel y Mittag-Leffler. Concluyen Gårding y Hörmander que ambas versiones son falsas, pues Nobel nunca se casó y apenas tuvo contacto con Mittag-Leffler.

El premio consiste en una medalla de oro y una cantidad (modesta) en metálico. La medalla muestra en su anverso el busto de Arquímedes con una inscripción latina del escritor romano Manilio: «Transcenderse a uno mismo y dominar el mundo». Sobre el retrato de Arquímedes, el escultor que hizo la medalla (el canadiense Robert Tait McKenzie) dijo:

> «Siento una cierta complacencia al haber dado al mundo matemático una versión de Arquímedes en que no está decrépito, calvo y miope, sino que tiene la bella presencia y el porte seguro del hombre que desafió el poder de Roma».

En el reverso de la medalla se lee en latín «Matemáticos congregados de todo el mundo, la conceden (esta medalla) por sus notables escritos». Detrás hay una esfera inscrita en un cilindro, representando el dibujo que, según Cicerón y Plutarco, Arquímedes hizo grabar sobre su tumba y que representa el método por el que calculó el volumen de la esfera. El nombre del galardonado se graba en el canto de la medalla. Curiosamente, la medalla tiene un error «matemático»: debería aparecer en numerales romanos la fecha en que se troqueló la medalla, 1933, pero por trastoque de una «M» por una «N», figura, en cambio, «MCNXXXIII».

En 1936, y en cada uno de los congresos siguientes hasta 1962, se concedieron dos medallas. En el de 1966 se concedieron cuatro, para así poder reflejar con mayor precisión el vasto desarrollo de la matemática cada cuatro años, gracias al apoyo financiero de un donante anónimo. Desde entonces se conceden en cada congreso entre dos y cuatro medallas, según el juicio del comité que las otorga (como veremos más adelante, la «austeridad» de los matemáticos ha hecho que en varias ocasiones se hayan concedido menos de cuatro medallas).

La cantidad económica del premio fue, desde el comienzo, de 1.500 dólares canadienses (lo que posiblemente no cubría ni siquiera el coste del desplazamiento al congreso para recogerlo). El congreso de 1974 fue de nuevo en Canadá, en Vancouver esta vez, y destinó el remanente económico al fondo para las medallas. Desde entonces la cantidad ha ido incrementándose hasta llegar en la actualidad a los 15.000 dólares canadienses.

Hemos evitado hasta el momento la mayor peculiaridad de la medalla Fields de entre todos los premios científicos que se conceden en el mundo: para recibirla hay que ser menor de cuarenta años. El origen de esta restricción está en el memorando que Fields redactó al crear el premio, donde establecía las condiciones, y

entre las cuales explicaba que «al conceder las medallas se debe tener en cuenta que aunque se hace en reconocimiento del trabajo realizado, también debe servir de acicate para logros futuros por parte de los galardonados». Esto se interpretó desde el comienzo como una alusión a matemáticos jóvenes, y finalmente se plasmó en la norma de los cuarenta años. Tras este requisito late la convicción de que los problemas matemáticos realmente difíciles sólo los puede resolver la potencia y creatividad de una mente joven.

Respecto de los resultados matemáticos que han merecido la medalla Fields, la diversidad es enorme. Son adecuadas en este sentido las palabras del matemático alemán Heinz Hopf, que presidió el comité de concesión de las medallas Fields en 1958:

> «La gran variedad dentro de la matemática se debe no sólo a la multiplicidad de ramas de la matemática, sino también a la diversidad de las tareas que afronta un matemático de cualquier especialidad. Una tarea fundamental es resolver problemas pendientes; otra, abrir el camino a nuevos desarrollos».

ANDREW WILES Y LA MEDALLA FIELDS

El último teorema de Fermat es una sencilla conjetura que planteó el matemático francés Pierre Fermat en torno a 1637: la ecuación $x^n+y^n=z^n$ no tiene soluciones enteras positivas no triviales (salvo las de ceros y unos) cuando n es un número natural mayor o igual que 3 (para $n=2$ sí hay soluciones, las ternas pitagóricas, 3, 4, 5, por ejemplo). Fermat escribió su conjetura en un margen del libro *Aritmética* del matemático griego Diofanto de Alejandría, añadiendo que la escasez de espacio le impedía incluir la prueba. Desde entonces, matemáticos de todo el mundo intentaron resolver la conjetura, obteniendo únicamente resultados parciales.

En el congreso internacional de 1994, el matemático inglés Andrew Wiles dio una conferencia mostrando una prueba de la conjetura, pero aclarando que «uno de los pasos del argumento no está completo», por lo que la resolución no era segura. Tras el congreso, unas semanas más tarde, logró la prueba completa, que pudo mostrar en el siguiente congreso internacional, en 1998. Para entonces, Wiles tenía ya 45 años, por lo que no pudo recibir la medalla Fields, a pesar de que el problema que había resuelto había estado pendiente de solución durante más de 350 años. Se le entregó una placa de plata conmemorativa.

MATEMÁTICOS QUE HAN RECIBIDO LA MEDALLA FIELDS

Se detalla el año en que se recibe la medalla, el nombre del galardonado, su país de nacimiento (aunque en la actualidad ya no exista) y su edad el 1 de enero del año en que recibió la medalla.

Año	Nombre del galardonado	País	Edad
1936	Lars V. Ahlfors	Finlandia	29
	Jesse Douglas	EE UU	38
1950	Laurent Schwartz	Francia	34
	Atle Selberg	Noruega	32
1954	Kunihiko Kodaira	Japón	38
	Jean-Pierre Serre	Francia	27
1958	Klaus F. Roth	Alemania	32
	René Thom	Francia	34
1962	Lars Hörmander	Suecia	30
	John W. Milnor	EE UU	30
1966	Michael F. Atiyah	Gran Bretaña	36
	Paul J. Cohen	EE UU	31
	Alexander Grothendieck	Alemania	37
	Stephen Smale	EE UU	35
1970	Alan Baker	Gran Bretaña	30
	Heisuke Hironaka	Japón	38
	Sergéi Novikov	URSS	31
	John G. Thompson	EE UU	37
1974	Enrico Bombieri	Italia	33
	David B. Mumford	Gran Bretaña	36
1978	Pierre René Deligne	Bélgica	33
	Charles L. Fefferman	EE UU	28
	Gregori A. Margulis	URSS	31
	Daniel G. Quillen	EE UU	37

1982-1983	Alain Connes	Francia	34
	William P. Thurston	EE UU	35
	Shing-Tung Yau	China	32
1986	Simon K. Donaldson	Gran Bretaña	28
	Gerd Faltings	Alemania	31
	Michael H. Freedman	EE UU	34
1990	Vladimir Drinfeld	URSS	35
	Vaughan F. R. Jones	Nueva Zelanda	37
	Shigefumi Mori	Japón	38
	Edward Witten	EE UU	38
1994	Jean Bourgain	Bélgica	39
	Pierre-Louis Lions	Francia	37
	Jean-Christophe Yoccoz	Francia	36
	Efim Zelmanov	URSS	38
1998	Richard E. Borcherds	Sudáfrica	38
	W. Timothy Gowers	Gran Bretaña	34
	Maxim Kontsevich	URSS	33
	Curtis T. McMullen	EE UU	39
2002	Laurent Lafforgue	Francia	35
	Vladimir Voevodsky	URSS	35
2006	Andrei Okounkov	URSS	36
	Grigori Perelman	URSS	39
	Terence Tao	Australia	30
	Wendelin Werner	Alemania	37
2010	Elon Lindenstrauss	Israel	39
	Ngô Bào Châu	Vietnam	37
	Stanislav Smirnov	URSS	39
	Cédric Villani	Francia	36

El premio Nevanlinna

En 1982 se instituyó el premio Nevanlinna en honor del matemático finlandés Rolf Nevanlinna. Se concede, en condiciones similares a la medalla Fields, por resultados sobresalientes en los aspectos matemáticos de las ciencias de la información (computación, complejidad, programación, criptografía, álgebra computacional, etcétera).

El premio Gauss

Desde el congreso internacional celebrado en Madrid en 2006 se concede el premio Gauss con ocasión de la celebración de los congresos internacionales. El premio se creó «para resaltar ante el mundo el hecho fundamental de que la matemática es actualmente una de las fuerzas motrices de las tecnologías modernas». Se concede a científicos cuya investigación matemática haya tenido impacto fuera de la matemática, tanto en la tecnología, los negocios, o simplemente en la vida diaria de las personas. Se asocia al matemático alemán Carl Friedrich Gauss, que a lo largo de su vida combinó magistralmente la esencia abstracta de la matemática pura con el trabajo práctico de las aplicaciones. Dado que las aplicaciones de la matemática requieren a menudo un lapso largo de tiempo, este premio no tiene límite de edad.

Capítulo 5

Los réditos

La invasión de Polonia en sep
sionó el estallido de la Segun
congreso internacional que es
en Estados Unidos. Tras casi
afrontar de nuevo, como 27 a
cuencias de la guerra en atroc
lo imaginable.

Las lecciones derivadas de
terior posguerra sirvieron pa
mática Americana insistió de
congreso internacional mient
en el sentido de que pueda as
nacionalidad u origen geográ

Estaba pendiente a su vez
el congreso de Oslo de 1936,
futuro, se dio la Unión por d
científica internacional de to
este caso, abandonada por la
la guerra se comenzó a traba
de la anterior y estuviese libe
se Marshall H. Stone llevó a
máticas del mundo. El asunt
de los matemáticos alemanes
guerra, holocausto judío inc
exclusiones.

Todas estas intenciones y
vocase el congreso internac
Massachusetts, y a la vez una
va York, para constituir una
siglas inglesas).

Capítulo 5

Los réditos de la posguerra

La invasión de Polonia en septiembre de 1939 por el Tercer Reich de Hitler ocasionó el estallido de la Segunda Guerra Mundial y, por tanto, la cancelación del congreso internacional que estaba previsto para comienzos de septiembre de 1940 en Estados Unidos. Tras casi seis años de devastadora guerra, en 1945 se volvía a afrontar de nuevo, como 27 años antes, una posguerra, aunque esta vez las consecuencias de la guerra en atrocidades, muertes y destrucción excedían los límites de lo imaginable.

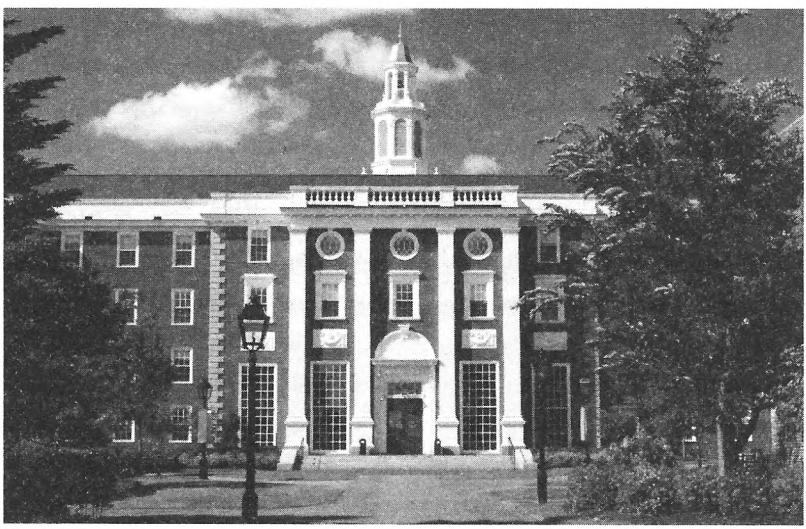
Las lecciones derivadas del desafortunado curso que tuvo para la ciencia la anterior posguerra sirvieron para afrontar ésta de otra forma. Así, la Sociedad Matemática Americana insistió desde el comienzo en que «no debe celebrarse ningún congreso internacional mientras el encuentro no sea auténticamente internacional, en el sentido de que pueda asistir cualquier matemático independientemente de su nacionalidad u origen geográfico».

Estaba pendiente a su vez la cuestión de la Unión Matemática Internacional. En el congreso de Oslo de 1936, al no llegarse a ninguna conclusión unánime sobre su futuro, se dio la Unión por disuelta. Es notable observar que ésta es la única unión científica internacional de todas las creadas tras la Gran Guerra que desapareció, en este caso, abandonada por la comunidad matemática a causa de su sectarismo. Tras la guerra se comenzó a trabajar para crear una nueva unión que no fuese reedición de la anterior y estuviese libre de sus cargas históricas. El matemático estadounidense Marshall H. Stone llevó a cabo consultas con gran parte de las sociedades matemáticas del mundo. El asunto más delicado era, obviamente, la participación o no de los matemáticos alemanes y japoneses. A pesar de las graves consecuencias de la guerra, holocausto judío incluido, el acuerdo fue general: esta vez no podía haber exclusiones.

Todas estas intenciones y acciones condujeron a que en agosto de 1950 se convocase el congreso internacional en la Universidad de Harvard, en Cambridge, Massachusetts, y a la vez una convención en la Universidad de Columbia, en Nueva York, para constituir una nueva Unión Matemática Internacional (IMU en sus siglas inglesas).

The American way

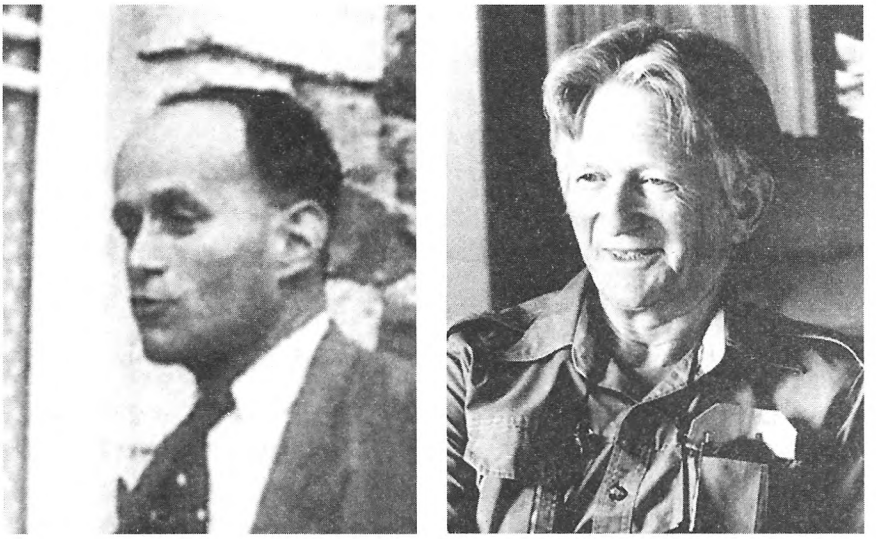
Tras catorce años sin congresos internacionales, el congreso de Harvard de 1950 arrancó con un gran ímpetu y un intenso programa científico. Hubo 14 conferencias plenarias (la mayor parte de ellas en inglés) en los tres primeros días, con nombres nuevos (Beurling, Hopf, Bochner, Gödel, Whitney, Hodge, Davenport, Schwartz) y temas novedosos, como, por ejemplo, «Distributions and Principal Applications». En las secciones científicas, análogas a las de los dos congresos anteriores, se presentaron 374 comunicaciones cortas. Aparte de ello, cada responsable de sección tuvo la oportunidad de realizar una invitación a dos o tres matemáticos relevantes para que dirigieran conferencias especiales dentro de las secciones; hubo 22 de estas conferencias. Por último, siguiendo el modelo de los novedosos congresos específicos de área que ya comentamos —uno de topología en Moscú y otro de probabilidad en Zúrich—, se organizaron cuatro encuentros especiales sobre áreas que experimentaban «vigorosos avances», álgebra, matemática aplicada, topología y análisis, en los que se impartieron ocho conferencias, seguidas de una discusión abierta. Excelente programa, pero seguramente agotador.



La Universidad de Harvard.

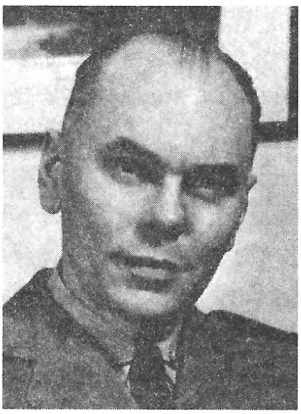
Durante la inauguración se celebró, por segunda vez en la historia, la ceremonia de entrega de las medallas Fields. Los galardonados fueron el matemático francés

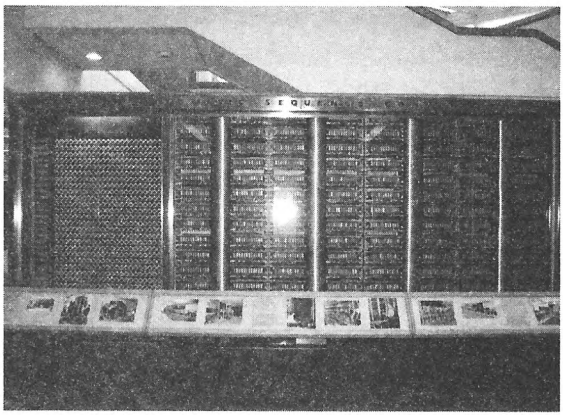
Laurent Schwartz, de la Universidad de Nancy, y el matemático noruego Atle Selberg, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. El presidente del comité Fields, encargado de conceder las medallas, el matemático danés Harald Bohr (hermano del Premio Nobel de Física Niels Bohr), explicó el trabajo de Schwartz y sus «nuevas ideas en su pureza y su generalidad» sobre la teoría de distribuciones, recordando las palabras de Felix Klein: «En nuestra ciencia a menudo se consiguen nuevos progresos cuando se aplican nuevos métodos a viejos problemas». Respecto del trabajo de Selberg sobre la función zeta de Riemann y una prueba elemental del teorema de los números primos, Bohr recordó las palabras del matemático inglés G.H. Hardy: «No se conoce ninguna prueba elemental del teorema de los números primos y uno se puede preguntar si es razonable esperar que la haya».



Laurent Schwartz (izquierda) y Atle Selberg, los dos ganadores de las medallas Fields otorgadas en el congreso de 1950.

En un fino equilibrio entre el pasado y el futuro, el congreso, por una parte, nombró a tres presidentes de honor: Guido Castelnuovo, de la Accademia dei Lincei en Roma, Jacques Hadamard, del Collège de France en París, y Charles de la Vallée-Poussin de la Universidad de Lovaina en Bélgica; entre los tres sumaban 254 años de edad. Por otra, programó una conferencia del comandante Howard Aiken, diseñador de la serie de computadoras electromecánicas Harvard Mark, construidas en colaboración con la empresa IBM.





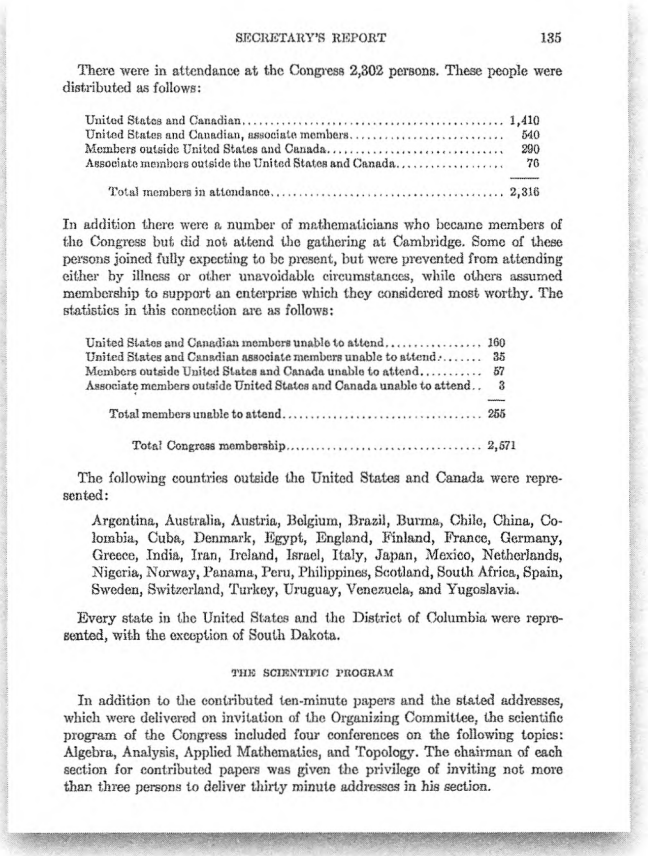
El comandante Howard Aiken y la computadora Harvard Mark.

En cierto sentido, al que nos hemos referido al comienzo del libro, el congreso inauguró un nuevo modelo, que se puede apreciar en algo tan lateral como son los actos sociales. Por una parte, la oferta musical a escoger por los participantes fue excelente en calidad y variedad: un concierto del Busch String Quartet, un concierto de órgano en la capilla de la Universidad de Boston, un concierto de baladas por el cantante folk Richard Dyer-Bennet y un recital por la soprano Helen Traubel. Por otra parte, se organizó el primer *beer party* de los congresos internacionales.

Todo se combinó para que el congreso fuera un autentico éxito que insuflara nueva energía a los congresos internacionales. Hubo 1.700 participantes, lo que doblaba la cifra más alta de los congresos celebrados antes de la guerra, aunque muchos provenían de Norteamérica. Esto, a pesar de los esfuerzos de los organizadores para facilitar la asistencia a los extranjeros, que incluyeron el recurso directo al presidente Truman para conseguir los visados de Jacques Hadamard (presidente honorario del congreso, que a sus 84 años seguía teniendo la marca de sus simpatías comunistas) y de Laurent Schwartz (medallista Fields y declarado trotskista).

Caso aparte en asistencia fueron los matemáticos de la Unión Soviética. El presidente de la Academia de la URSS mandó al congreso el siguiente cablegrama:

> «La Academia de Ciencias de la URSS agradece amable invitación a científicos soviéticos para asistir Congreso Internacional de Matemáticos a celebrar en Cambridge. Los matemáticos soviéticos muy ocupados con su trabajo regular no pueden asistir al congreso. Deseamos éxito en las actividades del congreso».



SECRETARY'S REPORT 135

There were in attendance at the Congress 2,302 persons. These people were distributed as follows:

United States and Canadian	1,410
United States and Canadian, associate members	540
Members outside United States and Canada	290
Associate members outside the United States and Canada	76
Total members in attendance	2,316

In addition there were a number of mathematicians who became members of the Congress but did not attend the gathering at Cambridge. Some of these persons joined fully expecting to be present, but were prevented from attending either by illness or other unavoidable circumstances, while others assumed membership to support an enterprise which they considered most worthy. The statistics in this connection are as follows:

United States and Canadian members unable to attend	160
United States and Canadian associate members unable to attend	35
Members outside United States and Canada unable to attend	57
Associate members outside United States and Canada unable to attend	3
Total members unable to attend	255
Total Congress membership	2,571

The following countries outside the United States and Canada were represented:

Argentina, Australia, Austria, Belgium, Brazil, Burma, Chile, China, Colombia, Cuba, Denmark, Egypt, England, Finland, France, Germany, Greece, India, Iran, Ireland, Israel, Italy, Japan, Mexico, Netherlands, Nigeria, Norway, Panama, Peru, Philippines, Scotland, South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, Uruguay, Venezuela, and Yugoslavia.

Every state in the United States and the District of Columbia were represented, with the exception of South Dakota.

THE SCIENTIFIC PROGRAM

In addition to the contributed ten-minute papers and the stated addresses, which were delivered on invitation of the Organizing Committee, the scientific program of the Congress included four conferences on the following topics: Algebra, Analysis, Applied Mathematics, and Topology. The chairman of each section for contributed papers was given the privilege of inviting not more than three persons to deliver thirty minute addresses in his section.

Participantes en el congreso de 1950 en Cambridge.

El congreso reflejó con claridad el nuevo modelo económico y social de la posguerra. Aunque el apoyo financiero provino mayoritariamente de la Carnegie Corporation, la Rockefeller Foundation, las sociedades matemáticas americanas y las universidades del entorno (Harvard, Boston, MIT, Princeton, Yale), hubo importantes contribuciones por parte de empresas de todo tipo (Ford, General Motors, Shell, Standard Oil, General Electric, Bell, Eastman Kodak, United Fruit, etcétera).

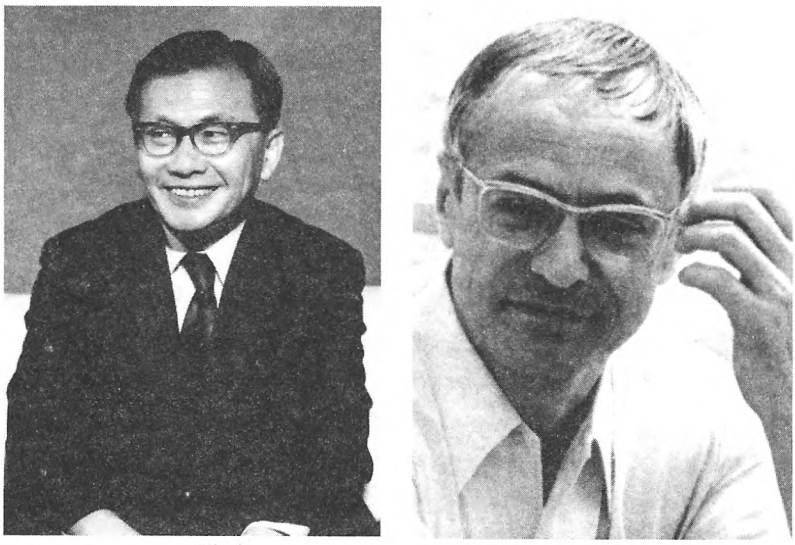
El *baby boom* fue patente también hasta en los propios anuncios del congreso, que informaban sobre las «medidas especiales para el cuidado de niños», hecho que se aprecia en las fotos del evento. Y un auténtico anuncio del *American way of life* fue ofrecido por los organizadores, que recomendaron que «los matemáticos americanos que puedan colaboren poniendo sus automóviles a disposición del comité de actos sociales para los viajes fuera de Cambridge».

Tres grandes congresos

Los congresos internacionales siguientes fueron los de Ámsterdam en 1954, Edimburgo en 1958 y Estocolmo en 1962. Continuando con el éxito del primer congreso de posguerra en Harvard, en ellos quedaron fijadas las bases para el modelo definitivo de los congresos internacionales. Se aprecia en ellos un estilo clásico pero sobrio, propio de la Europa de posguerra.

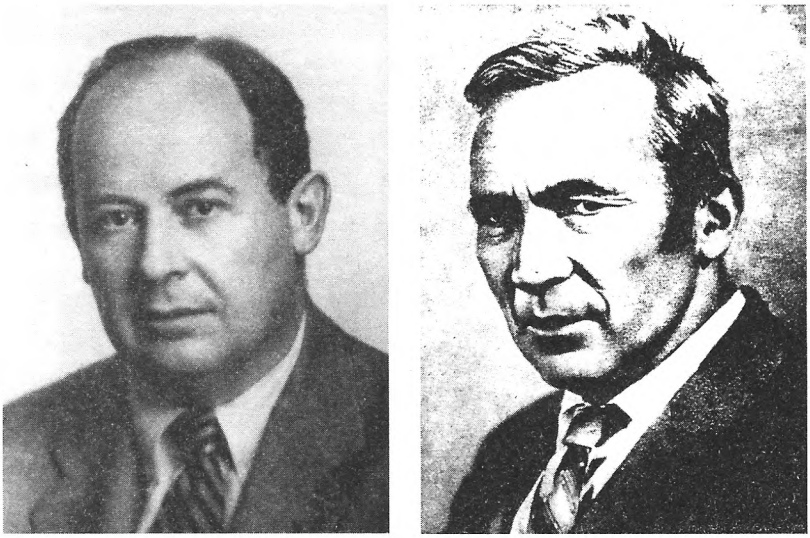
El congreso de Ámsterdam se inauguró en una sala llena de banderas nacionales en el Concertgebouw, la espléndida sala de conciertos de la ciudad. Tras un discurso de Jan A. Schouten, presidente de la sociedad holandesa de matemáticos, la Wiskundig Genootschap, en holandés, inglés, francés, alemán, italiano, sueco y ruso, se pasó a un interludio musical consistente en música de Chopin para piano y, a continuación, llegó el esperado momento de la concesión de las medallas Fields.

El presidente del comité Fields, el matemático alemán Hermann Weyl, desveló los nombres de los premiados: el matemático japonés Kunihiko Kodaira, de la Universidad de Princeton, y el francés Jean-Pierre Serre, del Collège de France. Según explicó Weyl, Kodaira había conseguido «logros sobresalientes en la teoría de integrales armónicas y numerosas aplicaciones... al estudio de variedades algebraicas». Respecto de Serre, destacó sus contribuciones a la teoría de la homotopía de esferas y «la abundancia de sus resultados sorprendentemente numéricos».



Kunihiko Kodaira (izquierda) y Jean-Pierre Serre.

El contenido matemático del congreso se repartió en 20 conferencias plenarias de una hora, 42 conferencias de media asociadas a las secciones y 496 comunicaciones cortas dentro de las secciones. Las dos conferencias plenarias de inauguración y clausura del congreso estuvieron a cargo de dos renombrados matemáticos: el estadounidense John von Neumann, que habló sobre «Unsolved Problems in Mathematics», y el soviético Andréi Nikoleyevich Kolmogorov, que trato de la «Théorie générale des systèmes dynamiques et mécanique classique».



John von Neumann y Andréi Nikoleyevich Kolmogorov.

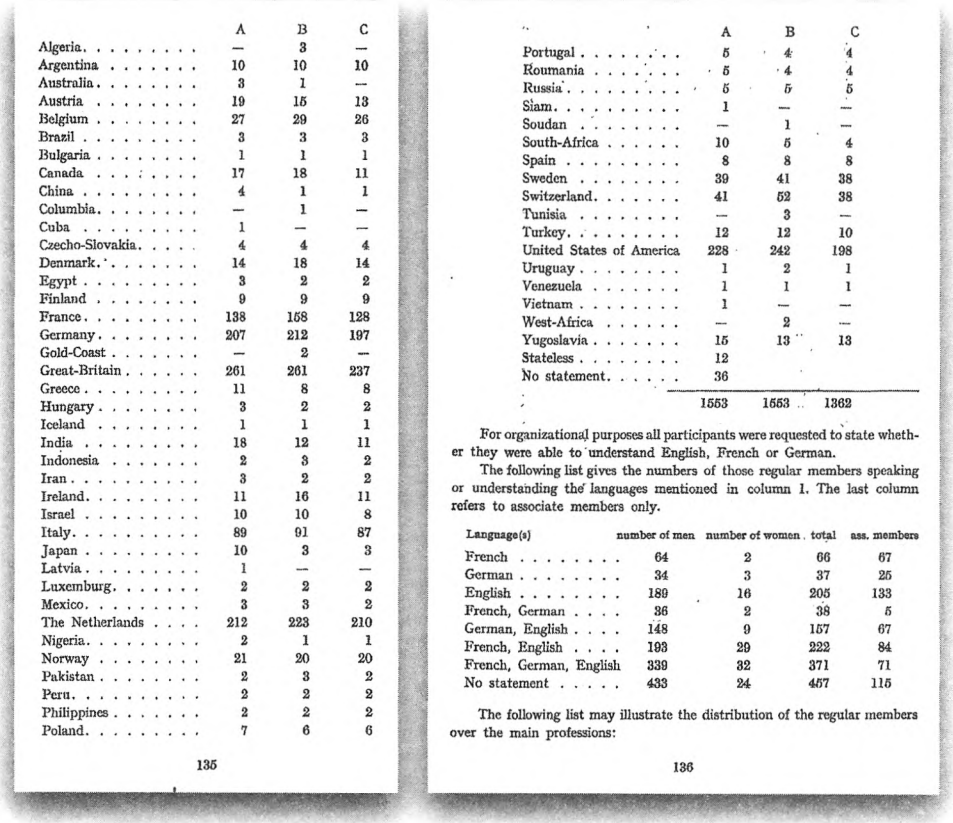
Se organizaron también, en conexión con el congreso internacional, tres simposios específicos sobre «Procesos estocásticos», «Geometría algebraica» e «Interpretación matemática de sistemas formales». La intendencia necesaria para acomodar tanta matemática requirió un curioso sistema en cada aula: mediante un semáforo se informaba al conferenciante de que le quedaban sólo dos minutos de tiempo (color amarillo) o que ya había concluido su tiempo y debía terminar (color rojo).

Por primera vez en un congreso internacional hubo una demostración del uso de diversos «aparatos electrónicos»:

— Las calculadoras 604 y 626 de IBM.
— La computadora electrónica ARRA, construida en el Centro Matemático de Ámsterdam.

— La computadora electrónica «Miracle», construida por Ferranti y perteneciente a los Royal Shell Research Laboratories (B.P.M.) de Ámsterdam.

El contrapunto a estas demostraciones lo puso el prodigioso calculista Win Klein, conocido como Pascal, que hizo una demostración de sus habilidades durante una velada en el jardín zoológico de Ámsterdam Natura Artis Magistra al tiempo que sus cálculos se iban verificando simultáneamente con una calculadora electrónica.



	A	B	C
Algeria	—	3	—
Argentina	10	10	10
Australia	3	1	—
Austria	19	15	13
Belgium	27	29	26
Brazil	3	3	3
Bulgaria	1	1	1
Canada	17	18	11
China	4	1	1
Columbia	—	1	—
Cuba	1	—	—
Czecho-Slovakia	4	4	4
Denmark	14	18	14
Egypt	3	2	2
Finland	9	9	9
France	138	158	128
Germany	207	212	197
Gold-Coast	—	2	—
Great-Britain	261	261	237
Greece	11	8	8
Hungary	3	2	2
Iceland	1	1	1
India	18	12	11
Indonesia	2	3	2
Iran	3	2	2
Ireland	11	16	11
Israel	10	10	8
Italy	89	91	87
Japan	10	3	3
Latvia	1	—	—
Luxemburg	2	2	2
Mexico	3	3	2
The Netherlands	212	223	210
Nigeria	2	1	1
Norway	21	20	20
Pakistan	2	3	2
Peru	2	2	2
Philippines	2	2	2
Poland	7	6	6

135

	A	B	C
Portugal	5	4	4
Roumania	5	4	4
Russia	5	5	5
Siam	1	—	—
Soudan	—	1	—
South-Africa	10	5	4
Spain	8	8	8
Sweden	39	41	38
Switzerland	41	52	38
Tunisia	—	3	—
Turkey	12	12	10
United States of America	228	242	198
Uruguay	1	2	1
Venezuela	1	1	1
Vietnam	1	—	—
West-Africa	—	2	—
Yugoslavia	15	13	13
Stateless	12		
No statement	36		
	1553	1553	1362

For organizational purposes all participants were requested to state whether they were able to understand English, French or German.

The following list gives the numbers of those regular members speaking or understanding the languages mentioned in column 1. The last column refers to associate members only.

Language(s)	number of men	number of women	total	ass. members
French	64	2	66	67
German	34	3	37	25
English	189	16	205	133
French, German	36	2	38	5
German, English	148	9	157	67
French, English	193	29	222	84
French, German, English	339	32	371	71
No statement	433	24	457	115

The following list may illustrate the distribution of the regular members over the main professions:

136

Participantes por países en 1954.

La vertiente cultural del congreso (aparte de fabulosos conciertos en el Concertgebouw) tuvo su punto estelar en la primera gran exposición del artista holandés Maurits Cornelis Escher, organizada por el congreso internacional y el Museo Stedelijk Museum de Ámsterdam a la vista de que la obra de Escher «muestra muchas tendencias matemáticas y está conectada de forma sorprendente con el pensa-

UN PAÑO DE PRIMOS COMPLEJOS

Con motivo del congreso de 1954, la compañía Van Dissel & Zn tejió unos paños de lino con un diseño del matemático holandés Balthasar van der Pol mostrando los números primos gaussianos del plano complejo. Se vendieron durante el congreso y todavía se pueden adquirir en la tienda de Van Dissel & Zn en Eindhoven.

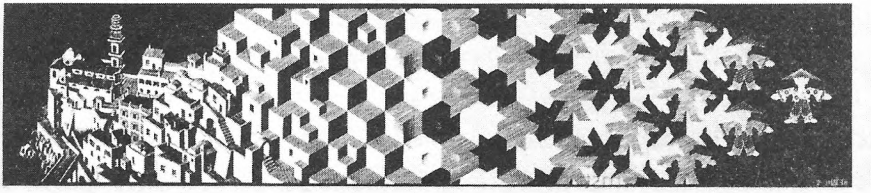
miento matemático». La exposición fue un éxito tanto de público como por las relaciones que el artista labró con importantes científicos, como el geómetra canadiense H.S.M. Coxeter y el físico Roger Penrose.

En el catálogo de la exposición, el matemático holandés Nicolaas Govert de Bruijn hizo un intento de explicar la atracción que siente el matemático ante la obra de Escher:

> «Probablemente los matemáticos no estarán interesados sólo en los motivos geométricos, el mismo espíritu de juego que aparece constantemente en matemáticas y que para muchos matemáticos es el encanto propio de su campo, será un elemento más importante. Disfrutarán intensamente los miembros del congreso al reconocer sus propias ideas, interpretadas por medios muy distintos de los que acostumbran».

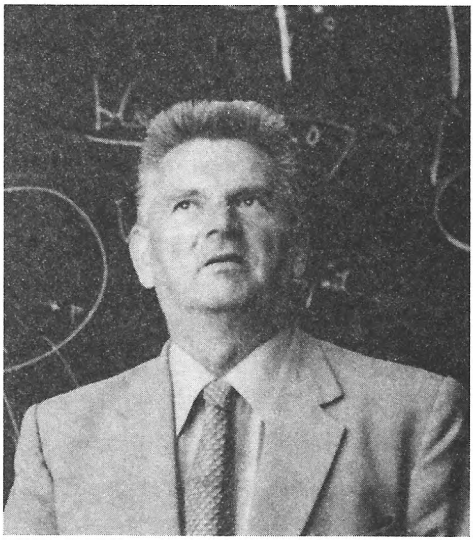
MAURITS CORNELIS ESCHER (1898-1972)

M.C. Escher visitó el palacio de la Alhambra de Granada y la mezquita de Córdoba en las décadas de 1920 y 1930. Quedó fascinado por los mosaicos de los artesanos islámicos medievales. Mantuvo correspondencia con el matemático húngaro George Pólya con relación a los grupos de simetría del plano, que pueden apreciarse en los mosaicos. Abajo, *Metamorphosis I* (1937).



El congreso de 1958 se inauguró en el sólido MacEwan Hall de la Universidad de Edimburgo con un recuerdo al matemático inglés sir Edmund Whittaker y con un mensaje desde el Palacio de Buckingham del Príncipe de Edimburgo, patrón del congreso.

A continuación se entregaron las medallas Fields, que recayeron en el matemático alemán Klaus Friedrich Roth, de la Universidad de Londres, y en el francés René Thom, de la Universidad de Estrasburgo. La complejidad de los temas involucrados animó un cambio en el protocolo de entrega de las medallas, de manera que fueron especialistas en cada área los que glosaron para el congreso los trabajos de Roth (resolver «el principal problema de aproximación de números algebraicos por racionales») y de Thom (creador de la teoría del cobordismo, que «ha influenciado fuertemente en la topología y, a través de la topología, en otras ramas de la matemática»).



Klaus Roth (izquierda) y René Thom, los dos matemáticos galardonados con la medalla Fields en 1958.

Hubo 19 conferencias plenarias de una hora, 37 de media hora en las secciones y 604 comunicaciones cortas en las secciones. La lista de secciones científicas del congreso había sufrido importantes cambios respecto de la de congresos anteriores, para adaptarse a las nuevas áreas en que se investigaba:

I. Lógica y fundamentos.
II (a). Álgebra.
II (b). Teoría de números.
III (a). Análisis clásico.
III (b). Análisis funcional.
IV. Topología.
V (a). Geometría algebraica.
V (b). Geometría diferencial.
VI. Probabilidad y estadística.
VII (a). Matemática aplicada.
VII (b). Física matemática.
VII (c). Análisis numérico.
VIII. Historia y educación.

Entre las comunicaciones de la sección VIII de Historia y educación encontramos una sobre «Teaching Mathematics on Television».

Una importante novedad del congreso de Edimburgo fue la participación de la URSS. Los matemáticos soviéticos habían estado ausentes de los congresos internacionales desde 1932, sólo con una tímida presencia en Ámsterdam en 1954. Pero la muerte de Stalin en 1953 y el subsiguiente proceso de desestalinización permitieron un cambio. En 1957, la Unión Soviética, y también otros países socialistas, se adhirieron a la Unión Matemática Internacional, que se había fundado en 1951 con diez países (Alemania, Austria, Dinamarca, Francia, Gran Bretaña, Grecia, Holanda, Italia, Japón y Noruega), a los que se fueron sumando posteriormente muchos más. Esto hizo que en el congreso de Edimburgo hubiese una delegación soviética algo más adecuada a la potencia matemática del país, 35 matemáticos en este caso. Tres de ellos dieron conferencias plenarias:

— «Modern Development of Surface Theory», por A.D. Alexandrov.
— «On Some Mathematical Problems of Quantum Field Theory», por N.N. Bogolyubov y V.S. Vladimirov.
— «Optimal Processes of Regulation», por L.S. Pontryagin.

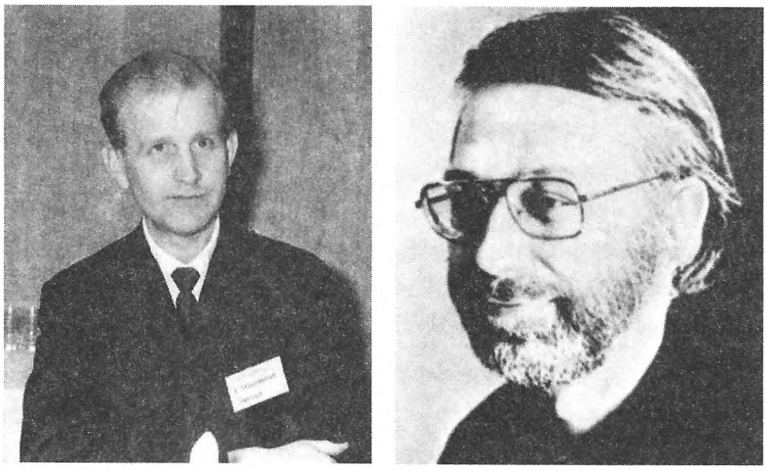
El sabor local del congreso lo dio la velada, con canciones y bailes escoceses, y el viaje en vapor por el río Clyde, alrededor de la isla de Bute, hasta Gourock. La presencia soviética en el congreso ocasionó sus chanzas; así, el matemático húngaro

afincado en Estados Unidos Paul Halmos recordaba: «Creo que no todos los de la excursión por el Clyde eran soviéticos».

En 1912 el matemático sueco Gösta Mittag-Leffler propuso y consiguió que se aceptase la celebración del congreso internacional de matemáticos en Estocolmo en 1916; la guerra lo impidió. En 1962, cuarenta y seis años después, el sueño de Gösta Mittag-Leffler se hizo realidad.

Que se celebrase el congreso en Suecia fue una solución *in extremis* al problema que surgió al final del congreso de Edimburgo al haber diversas propuestas que competían por la sede para 1962, entre ellas una de la Universidad Hebrea de Jerusalén. Desde el punto de vista de solvencia matemática, Israel era un país más que cualificado para organizar un congreso internacional, pero la situación política generada por el conflicto palestino-israelí lo hacía muy difícil.

La inauguración fue, como en los congresos anteriores de este periodo, grandiosa, en el Konserthuset de Estocolmo con la presencia del rey Gustavo VI Adolfo de Suecia y con orquesta incluida. Fue el Rey quien entregó personalmente las medallas Fields a los galardonados, que fueron el matemático sueco Lars Hörmander, de la Universidad de Estocolmo, por sus «sobresalientes trabajos sobre ecuaciones en derivadas parciales», y el matemático estadounidense John Milnor, de la Universidad de Princeton, por sus contribuciones a la topología diferencial, «cuya vitalidad se debe en gran medida a los estupendos resultados de Milnor».



Las medallas Fields de 1962 recayeron en el sueco Lars Hörmander (izquierda) y en el estadounidense John Milnor.

El programa científico seguía en constante aumento en cuanto al número de contribuciones: 16 conferencias plenarias, 57 conferencias en las secciones y 745 comunicaciones cortas, lo que seguía creando grandes dificultades de intendencia.

Una mirada a los títulos de las conferencias plenarias nos permite ver cómo habían cambiado las cosas desde los primeros congresos, donde los títulos eran claramente descriptivos y simples, y hasta en ocasiones poéticos.; frente a ello, ahora eran mucho más técnicos:

— «Teichmüller Spaces», por L.V. Ahlfors.
— «Arithmetic Properties of Linear Algebraic Groups», por A. Borel.
— «Logic, Arithmetic and Automata», por A. Church.
— «Markov Processes and Problems in Analysis», por E.B. Dynkin.
— «Homotopy and Cohomology Theory», por B. Eckmann.
— «Automorphic Funtions and the Theory of Representations», por I.M. Gelfand.
— «Die Bedeutung des Levischen Problems für die analytische und algebräische Geometrie», por H. Grauert.
— «Problems of Stability and Error Propagation in the Numerical Integration of Ordinary Differential Equations», por P. Henrici.
— «Transformés de Fourier des fonctions sommables», por J.-P. Kahane.
— «Topological Manifolds and Smooth Manifolds», por J. Milnor.
— «Geometrical Topology», por M.H.A. Newmann.
— «Some Aspects of Linear and Nonlinear Partial Differential Equations», por L. Nirenberg.
— «Algebraic Number Fields», por I.R. Safarevich.
— «Discontinuous Groups and Harmonic Analysis», por A. Selberg.
— «Géometrie algébraique», por J.-P. Serre.
— «Groupes simples et géometries asocies», por J. Tits.

Una de las actividades complementarias interesantes del congreso fue la conferencia del matemático soviético Sergei Lvovich Sobolev sobre el uso de computadores electrónicos en la Universidad de Novosibirsk, en Siberia, en el intento de descifrar la escritura maya.

Al congreso de Estocolmo asistieron 2.107 matemáticos. Como dijeron sus organizadores, había sido «sin ninguna duda el mayor grupo de personas reunido en la historia del mundo para hablar de investigación matemática». Provenían de 57

países, y si se añadían los acompañantes, se llegaba a 3.091 personas. Esto generó un debate en la comunidad matemática internacional sobre si se podían seguir organizando estos congresos a la vista del ritmo de crecimiento en la asistencia y las enormes dificultades organizativas asociadas.

DIRECTORIO MUNDIAL DE MATEMÁTICOS

En el congreso de Estocolmo se presentó el World Directory of Mathematicians, una vieja idea expresada por primera vez en el congreso de Zúrich en 1897. No fue tarea fácil editar un libro con el nombre, dirección, puesto y área de interés de todos los matemáticos en activo del mundo. Lo realizó la Unión Matemática Internacional con ayuda del Instituto Tata de Investigación Fundamental de Bombay. Se fue actualizando cada cuatros años hasta 2002.

El matemático escocés William Vallance Douglas Hodge había sentenciado este debate cuando en la clausura del congreso de Edimburgo de 1958, del que era presidente, dijo:

> «A través de la elección de conferenciantes invitados y a través de la gran cantidad de comunicaciones de otros miembros, el congreso ha presentado una imagen de la matemática hoy y de sus direcciones. Pero los congresos internacionales tienen otro objetivo, que creo es igual de importante, el de promover la camaradería entre matemáticos de todos los países. Esta camaradería tiene sus raíces en nuestro común amor por nuestra ciencia, a cuyo crecimiento todos tratamos de contribuir. Es la responsabilidad de cada generación cuidar que esta camaradería se mantenga y refuerce, y se extienda a la nueva generación».

Capítulo 6

El frío de la Guerra Fría

El comienzo de la participación de la URSS en Edimburgo en 1958 abrió el camino a la incorporación de la vasta y potente comunidad matemática soviética a los congresos internacionales. La celebración, en 1966, del congreso internacional en Moscú fue un hito que marcó un punto de cambio en el curso de los congresos. El nuevo mundo alumbrado tras la Segunda Guerra Mundial se hizo patente en ellos, que pasaron de ser selectas reuniones de sabios privilegiados a masivos encuentros de científicos. También dio comienzo el periodo en el que la larga sombra de la Guerra Fría se hizo sentir sobre la cooperación científica internacional.

El gran congreso del comunismo

Los viajes espaciales de Yuri Gagarin y Valentina Tereshkova eran la prueba fehaciente del poder y largo futuro de la ciencia y del comunismo soviéticos. La celebración del congreso internacional en Moscú en 1966 permitía un escaparate perfecto para el sistema soviético. Así se hizo saber al mundo durante la rueda de prensa que se celebró cada uno de los once días del congreso, algo completamente novedoso.

El congreso desbordó todas las previsiones de asistencia: hubo 5.600 preinscripciones, de las cuales 4.280 se materializaron en participantes efectivos, de los que 1.470 fueron soviéticos. No es fácil recrear la emoción que podía sentir una comunidad científica que llevaba más de treinta años aislada imaginando el contacto con miles de matemáticos occidentales. Matemáticos soviéticos que eran jóvenes en aquel momento todavía hoy recuerdan aquella excitación.

Simétricamente, visitar «el otro lado del Telón de Acero» y conocer a las grandes escuelas matemáticas soviéticas atrajo a muchos matemáticos occidentales. En cuanto a asistencia, destacaron por países los 725 estadounidenses, los 398 alemanes (entre alemanes de la República Federal, de la República Democrática y de Berlín Oeste), los 286 británicos y los 280 franceses.

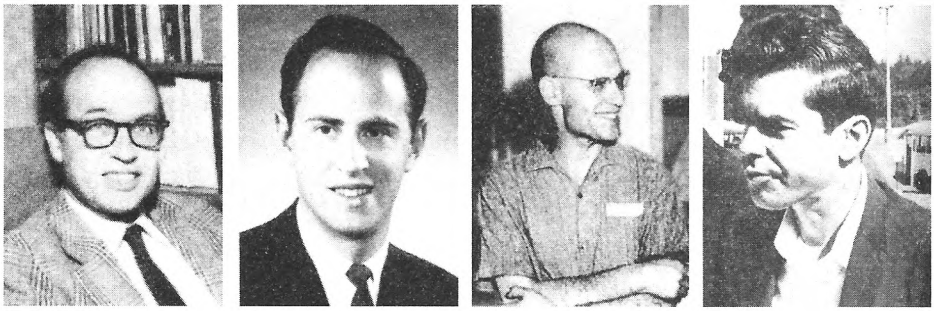
La inauguración se celebró por todo lo alto en el palacio de congresos que recientemente se había construido dentro del Kremlin. Presentes estuvieron algunas de las máximas autoridades del *establishment* científico soviético, como el académico Mstis-

lav Vsevolodovich Keldysh, responsable del programa cosmonaútico soviético y presidente de la todopoderosa Academia de Ciencias de la URSS; el académico Ivan Georgievich Petrovsky, matemático y rector de la Universidad Estatal de Moscú, así como otros académicos de gran renombre, como el experto en teoría de números Ivan Matveyevich Vinogradov y el físico-matemático Mikhail Alekseevich Lavrentiev.

EL PARTICIPANTE NÚMERO 4.397

Circuló durante todo el congreso la misma pregunta, relativa al participante inscrito con el número 4.397: «¿Ha llegado ya a Moscú Nicolas Bourbaki?». El misterioso matemático francés se había apuntado al congreso y no aparecía por ninguna parte.

Se entregaron las medallas Fields, que por primera vez eran cuatro, en una atestada ceremonia. Los premiados fueron el matemático inglés Michael F. Atiyah, de la Universidad de Oxford, por «la K-teoría, la fórmula del índice y la fórmula de Lefschetz»; el matemático estadounidense Paul J. Cohen, de la Universidad de Stanford, por la solución del problema del continuo de Cantor, primer problema de Hilbert; el matemático alemán Alexander Grothendieck, de la Universidad de París, por su renovación de la geometría algebraica «eliminando restricciones parásitas», y el matemático estadounidense Stephen Smale, de la Universidad de California, en Berbeley, por sus trabajos sobre la conjetura de Poincaré.



Las medallas Fields de 1966 en Moscú. De izquierda a derecha, Michael Atiyah, Paul Cohen, Alexander Grothendieck y Stephen Smale.

De las cuatro medallas sólo dos pudieron ser adecuadamente entregadas por el académico Keldysh, pues Smale no pudo recoger a tiempo la suya al llegar tarde a la

ceremonia, y Grothendieck no asistió al congreso en protesta, parece ser, por el trato dispensado en la Unión Soviética a los disidentes (su padre fue un militante anarquista que sufrió la persecución bolchevique); su medalla la recogió Léon Motchane, fundador y director del Instituto de Altos Estudios Científicos de París, IHES.

Los trabajos del congreso se celebraron en el impresionante edificio de la Universidad Estatal de Moscú, conocida también como Universidad Lomonosov y por sus siglas MGU. Es un fastuoso rascacielos de 40 plantas y 240 metros de altura, construido en la década de 1950 en la colina Lenin de Moscú. Hay otros seis edificos similares en la capital, conocidos popularmente como «las siete hermanas». El edificio comprende las aulas, los servicios administrativos, las viviendas de profesores y las residencias para estudiantes. En el campus se erigen las estatuas de renombrados matemáticos rusos: Nikolái Ivanovich Lobachevsky y Pafnuty Lvovich Tchebyschev.

La Universidad Lomonosov de Moscú, MGU.

Se programaron 17 conferencias plenarias (de ellas, cinco a cargo de matemáticos soviéticos y otras cinco a cargo de matemáticos norteamericanos, toda una muestra del equilibro geoestratégico) y 64 conferencias en las secciones. No se sabe el número exacto de comunicaciones cortas, pues las actas de este congreso carecen de cierta información usual, como es la lista de comunicaciones en las secciones y

la lista de participantes. Es una pena, pues esta información siempre ayuda conocer las interioridades de un congreso. Sí se sabe que a la organización llegaron 2.100 propuestas para comunicaciones cortas. De hecho, llegó a haber 40 aulas repartidas por el edificio funcionando simultáneamente con conferencias y comunicaciones. Estos números muestran cómo en este congreso se rompieron todas las marcas de los anteriores.

Entre las conferencias plenarias encontramos la del matemático sueco Lennart Carleson donde se resolvía un problema sobre convergencia puntual de las series de Fourier. Este problema se remontaba a 1913, cuando lo había planteado el matemático ruso Nikolai Nikolaevich Lusin. La trascendencia del resultado hubiera augurado una medalla Fields para Carleson, pero su edad impedía que fuese candidato. Lennart Carleson recibió en 2006 el Premio Abel.

CONVERGENCE AND SUMMABILITY OF FOURIER SERIES

LENNART CARLESON

Let me first state quite explicitly that I do not intend to give in this lecture any survey of the very large field covered by the title. There is also no need for this since the Congress was presented such a survey quite recently. I rather want to present my personal interests which are concentrated on the almost everywhere behaviour of the partial sums. Also the subject of summability will only be touched upon.

1. Background

For a very long time, the outstanding result in the area of almost everywhere convergence has been the following result of Kolmogorov-Seliverstov-Plessner: *if for* $\lambda_n = \log n$

$$\sum_1^\infty (a_n^2 + b_n^2)\lambda_n < \infty, \tag{1.1}$$

then

$$s_n(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_1^n (a_\nu \cos \nu x + b_\nu \sin \nu x) \tag{1.2}$$

converges a.e. The outstanding question was whether $\log n$ is a relevant sequence or not.

It has been known that conditions of the type (1.1) are related to capacities with respect to a kernel

$$K(x) \sim \sum \frac{\cos nx}{\lambda_n} \tag{1.3}$$

(Beurling [1]: $\lambda_n = n$, $K(x) \sim \log \frac{1}{|x|}$; Salem-Zygmund [4]: $\lambda_n = n^\alpha$, $K(x) \sim |x|^{\alpha-1}$). However, what they really prove is that the capacity of the divergence set vanishes for

$$K^*(x) = \frac{1}{|x|} \int_0^{|x|} K(t)\, dt$$

(see Temko [5]). When $\lambda_n = (\log n)^\beta$,

$$K(x) \sim |x|^{-1} \left(\log \frac{1}{|x|}\right)^{-1-\beta}$$

6*

Convergencia y sumabilidad de series de Fourier.

EL PREMIO ABEL

El Premio Abel fue instituido por la Academia Noruega de Ciencias en 2002 en memoria del matemático noruego del siglo XIX Niels Henrik Abel. A punto estuvo de crearse el premio un siglo antes, en 1902, con motivo del primer centenario del nacimiento de Abel. El impulsor fue el matemático noruego Sophus Lie, con la intención de responder a la inexistencia de un Premio Nobel en matemáticas. Los planes de Lie tuvieron que esperar cien años más. Hoy en día es un prestigioso premio, muy similar en su concesión y dotación económica al Premio Nobel. Los galardonados y detalles del premio pueden consultarse en http://www.abelprisen.no/en/.

El congreso transcurrió en un ambiente informal, relajado y amistoso, como muestran las imágenes que se conservan de grupos sentados en las escaleras charlando animadamente. Todavía hoy circulan muchas historias sobre la «mezcla de matemáticas, vodka, caviar y resaca» que se prodigó durante el congreso. La camaradería se puso de manifiesto en el partido de fútbol que enfrentó a la URSS contra el resto del mundo, que ganaron los anfitriones por 5 a 2.

Durante este congreso ocurrió una rocambolesca aventura que el tiempo ha bautizado como «el incidente Smale». Profesor en Berkeley, Stephen Smale se había destacado por su activismo contra la guerra de Vietnam, hasta el punto de que el Comité de Actividades Antinorteamericanas del Congreso de Estados Unidos le había convocado para declarar. Esto hizo que en el congreso de Moscú se recogiesen firmas en su apoyo y en el de los académicos estadounidenses que se oponían a la guerra. Aprovechando la circunstancia, una periodista norvietnamita solicitó a Smale una entrevista personal que éste, para garantizar la publicidad de sus declaraciones, convirtió en una rueda de prensa.

La rueda de prensa tuvo lugar el día de clausura del congreso, el 26 de agosto de 1966, en las escalinatas de la Universidad de Moscú. Allí, ante el público congregado y la prensa internacional, Smale lanzó un duro ataque contra la intervención militar de Estados Unidos en Vietnam, mostrando sus simpatías por las víctimas vietnamitas. Pero, según ha explicado posteriormente, estando en Moscú sintió la necesidad de equilibrar aquella declaración e hizo un emotivo recuerdo a los húngaros que habían muerto frente a las tropas rusas en 1956 luchando por la libertad de su país.

Como si de una novela de espías se tratase, en ese momento dos robustos funcionarios soviéticos aparecieron e introdujeron a Smale en un coche que arrancó

despareciendo rápidamente. La escena quedó inmortalizada por un fotógrafo de prensa y fue primera plana del día siguiente en el *New York Times*.

Smale estuvo desaparecido todo el día, y retornó cuando la ceremonia de clausura ya había terminado. Lo ocurrido durante esas horas forma parte de los incomprensibles misterios de la burocracia soviética: Smale fue paseado por los museos de Moscú e invitado a la sede de la agencia de la prensa soviética, pero durante todo el tiempo, en que según confesó estuvo algo asustado, fue tratado como un dignatario.

UN SANATORIO

Desde 1950, antes de los congresos internacionales se celebra la Asamblea General de la Unión Matemática Internacional donde están todos los países miembros representados; su organización está a cargo del mismo país que organiza el congreso. En 1966 surgió un conflicto cuando las autoridades soviéticas propusieron que la reunión se celebrara en un sanatorio de la Academia de Ciencias. Las resonancias a las historias sobre el Gulag hicieron que se rechazase firmemente la propuesta.

Bourbaki en acción

La Gran Guerra tuvo un fuerte impacto en Francia y, especialmente, en su juventud, lo que se transmitió también al mundo académico, donde el reemplazo necesario de una generación por la siguiente tuvo su *impasse*. En la década de 1930, un grupo de jóvenes matemáticos franceses, en torno a la École Normale Supérieure de París, comenzó a reunirse con el objetivo inicial de redactar un texto básico de análisis matemático que renovase los estupendos, pero ya anticuados, textos clásicos franceses. Había en su actitud una cierta crítica al estilo de Henri Poincaré y su énfasis en la intuición.

El grupo inicial lo formaron los matemáticos Henri Cartan, Claude Chevalley, Jean Dieudonné, Charles Ehresmann, Szolem Mandelbrojt y André Weil, entre otros. Posteriormente hubo nuevos miembros (y también abandonos), como Laurent Schwartz, Jean-Pierre Serre, Alexander Grothendieck, Samuel Eilenberg, Serge Lang y Roger Godement. Las primera reuniones del grupo se remontan a 1934. Acordaron usar el nombre de Nicolas Bourbaki y durante bastante tiempo actuaron de forma un tanto secretista. Jean Dieudonné llegó a considerarse el portavoz oficioso del grupo.

Jean Dieudonné (izquierda) y Henri Cartan, dos de los fundadores del grupo Bourbaki (foto: Konrad Jacobs, Erlangen).

Lo que empezó como el proyecto concreto de un libro se convirtió en un programa para presentar de forma estructurada toda la matemática. Al igual que se supone que hiciera en su momento Euclides (en caso de haber existido) recopilando y organizando una presentación lógicamente ordenada y rigurosa del conocimiento matemático de su tiempo, este grupo proyectó escribir unos «Elementos de matemáticas» que diesen cuenta de las bases del conocimiento matemático actual. Los principales libros de este proyecto fueron:

I. Théorie des ensembles.
II. Algèbre.
III. Topologie générale.
IV. Fonctions d'une variable réelle.
V. Espaces vectoriels topologiques.
VI. Intégration.

A éstos continuaron otros libros, que han tenido un impacto menor.

Es indudable que el grupo Bourbaki tuvo un efecto muy saludable en la matemática del siglo XX al extender el rigor hasta los más recónditos lugares de las teorías y al exhibir la estructura de las teorías matemáticas. Pero tenía sus limitaciones y tuvo muchos críticos. No todas las áreas se adaptaban al estilo de presentación y organización bourbakista, ni toda la matemática de un área entraba en ese modelo. En todo caso, supuso un fuerte revulsivo.

SOBRE LA LONGEVIDAD DE LOS MATEMÁTICOS

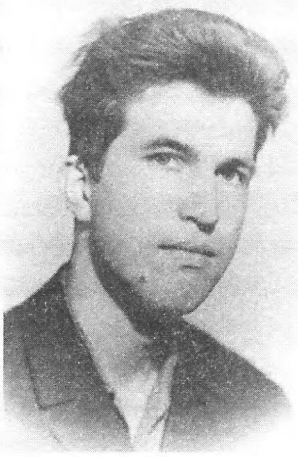
El congreso de Niza nombró presidente de honor al matemático francés Paul Montel, que en aquel entonces tenía 94 años.

El congreso internacional de 1970 se celebró en Niza. Aparte de los tradicionales elementos de los congresos anteriores, hubo en éste dos elementos novedosos que lo distinguieron de los congresos restantes.

La primera de las novedades correspondió a las conferencias. Hubo 16 conferencias plenarias de una hora, a razón de dos diarias por la mañana. El resto de la mañana estaba libre. Las tardes se ocuparon con 242 conferencias expositorias de 50 minutos a cargo de especialistas de cada área, organizadas en tres sesiones paralelas de tres horas cada día. El resto de la tarde estaba a disposición de los participantes para discutir, para lo que se ofreció una multitud de aulas dispuestas para tal fin. No hubo comunicaciones cortas asociadas a las secciones.

UN PROBLEMA DE HILBERT RESUELTO

Con 23 años, el matemático soviético de Leningrado Yuri V. Matijasevich presentó en el congreso la solución (negativa) al décimo problema de los planteados por Hilbert en París en 1900. El problema era: «Dada una ecuación diofántica con cualquier número de incógnitas y con coeficientes numéricos racionales enteros, idear un proceso de acuerdo con el cual pueda determinarse, mediante un número finito de operaciones, si la ecuación es resoluble en números racionales enteros».



Yuri Matijasevich en 1969, cuando resolvió el décimo problema de Hilbert, tan sólo un año antes del congreso de Niza.

Esta peculiar organización de las conferencias y del tiempo del congreso provenía de una visión sobre la estructura de la matemática que se hace patente cuando miramos a las secciones científicas del congreso.

Se había dividido la matemática en siete grandes áreas, y éstas, a su vez, en un total de 34 subáreas:

A. Logique Mathématique.
B. Algèbre.
B1. Algèbre générale.
B2. Catégories; algèbre homologique.
B3. Groupes Finis.
B4. Corps locaux et globaux; analyse p-adique.
B5. Géométrie algébrique.
B6. Théorie des nombres, élémentaire et analytique.

C. Géometrie et Topologie.
C1. Topologie générale et algébrique.
C2. Topologie des variétés.
C3. Geométrie différentielle.
C4. Analyse sur les variétés.
C5. Groupes algébriques, fonctions automorphes et groupes semi-simples.

D. Analyse.
D1. Espaces vectorielles topologiques.
D2. Algèbres d'opérateurs; représentations des groupes localement compacts.
D3. Théorie spectrale.
D4. Algèbres de fonctions; analyse de Fourier.
D5. Théorie du potentiel; processus de Markov.
D6. Probabilités, théorie de la mesure, intégration.
D7. Fonctions analytiques d'une variable complexe.
D8. Fonctions et espaces analytiques complexes.
D9. Ensembles exceptionnels en analyse.
D10. Analyse fonctionnelle et équations aux dérivées partielles linéaires.
D11. Analyse fonctionnelle et équations aux dérivées partielles non linéaires.
D12. Systèmes dynamiques et équations différentielles ordinaires.

E. Mathématiques appliquées.
E1. Aspects mathématiques de la théorie quantique des champs.
E2. Théorie de la relativité.

E3. Problèmes mathématiques de la mécanique du continu.
E4. Théorie de contrôle optimal.
E5. Combinatorie et algèbre finie.
E6. Statistique mathématique.
E7. Problèmes mathématiques de la théorie de l'information, langage machine.
E8. Analyse numérique.
F. Historie et Enseignements.
F1. Historie.
F2. Enseignements.

Esto era un cambio tremendamente drástico respecto de cómo se organizaban anteriormente las secciones. Si miramos la lista detalladamente, se adivina una voluntad de mostrar una estructura subyacente en la matemática, de hacer patente, a través del congreso, que la matemática tiene una cierta «arquitectura» que la conforma. Ése era justamente el objetivo del programa Bourbaki, que en 1948 había publicado un artículo programático titulado «L'architecture des mathématiques».

La explicación de este inesperado cambio en los congresos internacionales es sencilla: formaban parte del comité organizador renombrados miembros del grupo Bourbaki, como Jean Dieudonné, Laurent Schwartz, Jean-Pierre Serre y André Lichnerowicz (que era el padre de la reforma de la enseñanza de la matemática en las décadas de 1960 y 1970). El presidente de la Unión Matemática Internacional en aquel momento, Henri Cartan, también pertenecía al grupo Bourbaki.

EL LENGUAJE DE LA CIENCIA

A pesar de los esfuerzos de los organizadores, el francés no fue la lengua dominante en el congreso de Niza. De los 16 conferenciantes plenarios, sólo uno usó el francés en lugar del inglés, el soviético Lev Semenovich Pontryagin. De las 242 conferencias expositorias especializadas, 190 fueron en inglés y sólo 49 en francés (las tres restantes fueron en alemán). Treinta y ocho años antes, en el congreso de Zurich de 1932, del total de 268 conferencias, 112 fueron en francés, 97 en alemán, 33 en inglés y 26 en italiano. El debate sobre la lengua de la ciencia había quedado decidido por los cambios económicos tras la Segunda Guerra Mundial.

Concluimos el relato del congreso de Niza con su comienzo: la entrega de las medallas Fields. Fueron cuatro los premiados: el matemático inglés Alan Baker, de la Universidad de Cambridge, por sus trabajos sobre números trascendentes; el matemático japonés Heisuke Hironaka, de la Universidad de Harvard, por su resultado sobre resolución de singularidades de variedades algebraicas, que «no es plenamente platónico, sino al contrario, es una poderosa herramienta»; el matemático soviético Sergéi Novikov, de la Universidad Estatal de Moscú, del que se alabó la «gran originalidad y muy poderosa técnica» de sus trabajos en geometría y topología algebraica, y el matemático estadounidense John G. Thompson, de la Universidad de Chicago, por sus contribuciones a la clasificación de grupos simples finitos.

Las medallas Fields de 1970: de izquierda a derecha, Alan Baker, Heisuke Hironaka, Sergéi Novikov y John G. Thompson (foto: Harald Hanche-Olsen).

Una de las medallas no se recogió, la de Sergei Novikov, pues no consiguió la autorización del gobierno de la URSS para asistir al congreso. La misma razón impidió asistir a otros 22 matemáticos soviéticos. Tanto la orgnización como muchos de los participantes lamentaron este hecho.

La medalla se la entregó a Novikov personalmente Henri Cartan, como presidente de la Unión Matemática Internacional, en una cena privada, cuando Cartan asistió en Moscú al congreso en honor de los ochenta años de Vinogradov.

Viaje al centro de la contracultura canadiense

La Universidad de la Columbia Británica acogió el congreso internacional de 1974. Tras la convulsión del modelo bourbakista del congreso anterior, el programa científico recuperó el sistema tradicional, consistente en una lista detallada de secciones

científicas, pero no en estructura de árbol ramificado, como en Niza, sino meramente lineal:

1. Lógica matemática y fundamentos de la matemática.
2. Álgebra.
3. Teoría de números.
4. Geometría algebraica.
5. Grupos algebraicos y subgrupos discretos.
6. Geometría.
7. Topología algebraica y diferencial.
8. Geometría diferencial y análisis en variedades.
9. Topología general y análisis real y funcional.
10. Álgebras de operadores, análisis armónico y representación de grupos.
11. Probabilidad y estadística matemática.
12. Análisis complejo.
13. Ecuaciones en derivadas parciales.
14. Ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas dinámicos.
15. Teoría de control y problemas de optimización relacionados.
16. Física matemática y mecánica.
17. Matemática numérica.
18. Matemática discreta y teoría de la computación.
19. Estadística aplicada y matemáticas en las ciencias sociales y biológicas.
20. Historia y educación.

Con este esquema se impartieron 17 conferencias plenarias, 157 conferencias invitadas asociadas a las secciones y 565 comunicaciones cortas dentro de las secciones. Se percibe un cierto compromiso con el modelo de Niza al aumentar significativamente el número de conferencias invitadas en las secciones (que en Moscú fueron sólo 64). El congreso no tuvo la participación del de Moscú, pero aún así asistieron 3.120 matemáticos (de los que el 40% eran estadounidenses), lo que no dejaba de ser un éxito.

Las medallas Fields dieron la nota por una noticia y un incidente. La noticia fue que sólo se concedieron dos, aunque la comisión encargada de ello (formada, como no podía ser de otra manera, por matemáticos del más alto nivel) podía haber otorgado cuatro. La explicación más plausible habla de fuertes desavenencias internas en la comisión, pues candidatos y resultados importantes los había.

Membership by Countries

Algeria	2	Kuwait	4
Argentina	3	Lebanon	1
Australia	44	Libya	1
Austria	4	Malaysia	2
Belgium	14	Mexico	20
Brazil	8	Netherlands	39
Bulgaria	5	New Zealand	15
Canada	514	Niger	1
Chile	9	Nigeria	16
China, Republic of	11	Norway	16
Columbia	1	Pakistan	7
Congo	1	Philippines	2
Costa Rica	1	Poland	18
Cuba	1	Portugal	3
Czechoslovakia	4	Puerto Rico	2
Denmark	19	Rhodesia	1
Egypt	2	Romania	5
England	181	Saudi Arabia	1
Finland	11	Scotland	27
France	245	Senegal	10
Germany, Democratic Republic of	11	Sierra Leone	1
		Singapore	2
Germany, Federal Republic of	146	South Africa, Republic of	9
Greece	7	Spain	11
Guatemala	2	Sweden	17
Hong Kong	3	Switzerland	28
Hungary	24	Tunisia	3
India	26	Turkey	2
Iran	11	Uganda	1
Iraq	4	Uruguay	1
Ireland, Northern	1	U. S. A.	1274
Ireland, Republic of	7	U. S. S. R.	50
Israel	20	Venezuela	2
Italy	45	Vietnam, Democratic Republic	4
Ivory Coast	2	Wales	6
Japan	114	Yugoslavia	10
Kenya	3	Zaire, Republic of	3

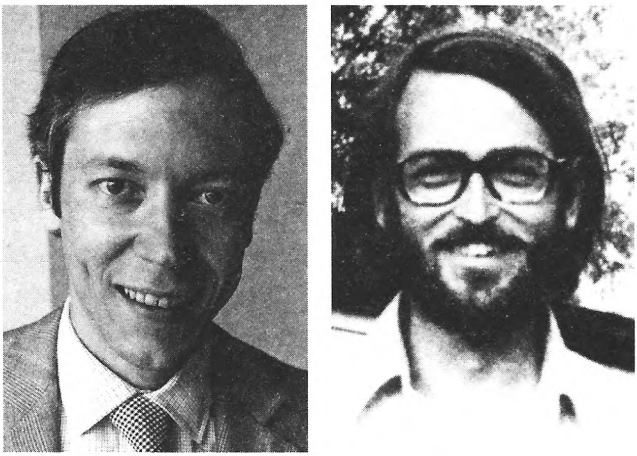
1

Participantes por países en el congreso de Vancouver de 1974.

Los galardonados fueron: el matemático italiano Enrico Bombieri, de la Universidad de Pisa, por sus logros en teoría de números, funciones univalentes, varias variables complejas, ecuaciones en derivadas parciales y geometría algebraica, áreas donde «su versatilidad y fuerza se combinan para crear muchos y originales patrones de ideas»; y el matemático inglés David B. Mumford, de la Universidad de Harvard, por su «tremendamente exitoso ataque a problemas sobre la existencia de estructura en las variedades moduli».

El incidente en la entrega de los galardones, del que pocos en el teatro Queen Elizabeth donde se celebraba la ceremonia se percataron, fue que nadie se había acordado de sacar las medallas de la caja fuerte del banco donde se habían depositado días antes por seguridad. La ceremonia se entretuvo mientras responsables de la organización iban rápidamente, bajo escolta policial, a recogerlas.

En este congreso aparecieron tensiones explícitas con la URSS relativas a la participación de los matemáticos soviéticos, más concretamente con la elección de los conferenciantes invitados, tanto plenarios como en las secciones. El representante soviético en la comisión responsable de la selección, S.V. Jablonskii, explicó que las instituciones científicas soviéticas estaban más capacitadas que ninguna otra para juzgar y, por tanto, escoger a los matemáticos soviéticos que debían ser invitados al congreso. Este principio de actuación eliminaba el papel de cualquier comisión internacional en la configuración del programa científico.



En 1974 se concedieron tan sólo dos medallas Field, al italiano Enrico Bombieri (izquierda) y al británico David Mumford.

La crítica de Jablonskii llegó hasta el punto de considerar que «se ha seleccionado para Vancouver a ciertos matemáticos de la Unión Soviética que o carecen de méritos científicos o ya fueron invitados en congresos anteriores, mientras que, por otra parte, matemáticos con resultados nuevos e interesantes, altamente recomendados por los principales especialistas soviéticos, no se han incluido».

Esta postura fue apoyada por el influyente matemático soviético Lev Semenovich Pontryagin, que era miembro del comité ejecutivo de la Unión Matemática Internacional. Finalmente se decidió mantener la lista inicial de conferenciantes invitados, lo que ocasionó que de los 42 matemáticos soviéticos invitados sólo asistiesen 22.

Estas tensiones se vivían entre bastidores, aunque flotasen en el ambiente del congreso. Pero el recuerdo del ambiente es otro: a comienzos de la década de 1970 Vancouver era la capital contracultural de la costa oeste de Canadá. El mun-

do estaba cambiando y las convenciones sociales sobre comportamiento, relaciones personales, vestimenta y actitudes políticas se estaban derrumbando, al tiempo que surgían muchas cosas, como el pacifismo, el ecologismo, una sexualidad más libre, el fin de la veneración a la autoridad, un modo de vestir informal..., y las universidades eran caldo de cultivo de esos movimientos.

El congreso se desarrolló en la península donde está situada la Universidad de la Columbia Británica, en el estrecho de Georgia. Las conferencias se impartieron en los edificios de la Universidad, y los participantes se alojaron en las residencias para estudiantes que había en el propio campus. Esto, junto con el suave clima del final de agosto, creó un ambiente de camaradería que, unido al toque contracultural y hippie de la ciudad, dio un tono muy peculiar al congreso. Se aprecia ese ambiente en todas las imágenes, con grupos discutiendo sobre la hierba, reuniones con cervezas y música, conferenciantes cuyo aspecto les hubiese impedido entrar en la universidad unos años antes; hasta en la ceremonia de entrega de las medallas Fields se aprecia un toque del momento.

Para rizar el rizo, en las costas de la península donde está la Universidad se encuentra una de las preciosas playas que bañan las aguas del estrecho de Georgia, conocida como Wreck Beach, famosa en aquellos días por ser de las mejores playas nudistas de Canadá. Un atractivo más al congreso, que seguramente sirvió para diseminar la revolución de costumbres de la época, al menos entre los matemáticos.

Entre los jóvenes del momento y las generaciones anteriores había una profunda incomprensión y desconfianza. La vida académica, que antes parecía un bastión del rigor, el aprendizaje y las formalidades, ya no lo era. Las palabras del renombrado geómetra canadiense Harold Scott MacDonald Coxeter durante la inauguración del congreso, que él presidía, son muy significativas de los miedos de su generación.

> «La actual generación se ha sumergido en una ola de antiintelectualismo, con el resultado de que en muchas universidades hay falta de estudiantes. Los jóvenes descubren que el problema de encontrar un trabajo no lo facilita tener una educación universitaria. La idea del "arte por el arte" cada día tiene menos predicamento del que antes tenía».

Afortunadamente, el curso de la historia ha mostrado que las preocupaciones de Coxeter no se ajustaban a la realidad.

Interferencias

Los tres congresos siguientes, Helsinki en 1978, Varsovia en 1983 y Berkeley en 1986, estuvieron marcados por las vicisitudes de la historia, más concretamente por los efectos directos de la Guerra Fría y la geopolítica.

El congreso de Helsinki de 1978 fue un congreso modélico en lo que a preparación y desarrollo se refiere. No en vano el organizador principal fue el matemático finlandés Olli Lehto, que más tarde, de 1983 a 1990, sería eficiente secretario y alma de la Unión Matemática Internacional. La inauguración tuvo un neto sabor nacional: música del compositor finlandés Jean Sibelius en el impresionante palacio de congresos Finlandia Hall, diseñado por el afamado arquitecto finlandés Alvar Aalto.

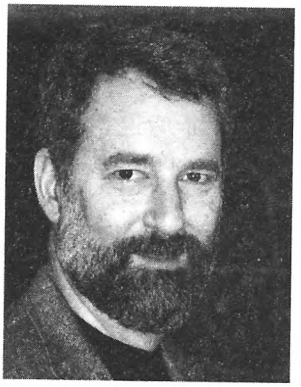
Esta vez no hubo mezquindades y los medallistas Fields fueron cuatro: el matemático belga Pierre René Deligne, del Instituto de Altos Estudios Científicos, IHES, por sus trabajos sobre las «sorprendentes relaciones entre la estructura cohomológica de las variedades algebraicas sobre los números complejos y la estructura diofántica de las variedades algebraicas sobre cuerpos finitos»; el matemático estadounidense Charles L. Fefferman, de la Universidad de Princeton, de quien se alabaron sus grandes contribuciones a la «vitalidad del análisis»; el matemático soviético Gregori Aleksandrovich Margulis, del Instituto para Problemas de la Transmisión de Información de Moscú, cuyos trabajos «pertenecen a la combinatoria, la geometría diferencial, la teoría ergódica, la teoría de sistemas dinámicos y la teoría de subgrupos discretos sobre grupos de Lie reales p-ádicos»; y el estadounidense Daniel G. Quillen, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, MIT, cuyas «contribuciones al álgebra son sobresalientes en su inventiva, riqueza conceptual y virtuosidad técnica».

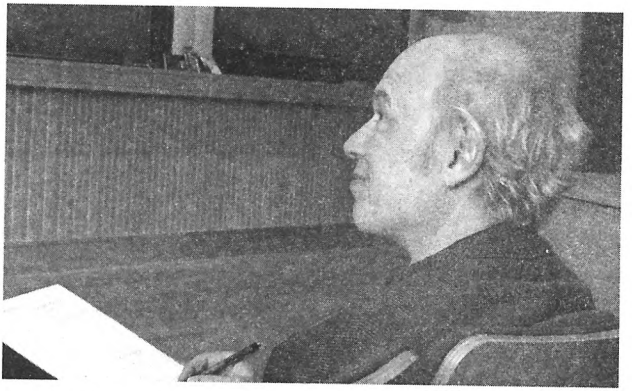
Como ya ocurriera en el congreso de Niza de 1970, el medallista Fields Gregory A. Margulis no recogió la medalla que se le había concedido, pues no pudo asistir al congreso al no tener permiso de las autoridades soviéticas para ello. Esto motivó un gran rechazo en el congreso y que el matemático belga Jacques Tits, encargado de hacer ante el congreso la «laudatio» del trabajo de Margulis —la explicación oficial de las razones por las que se le otorgaba la medalla Fields—, dijese:

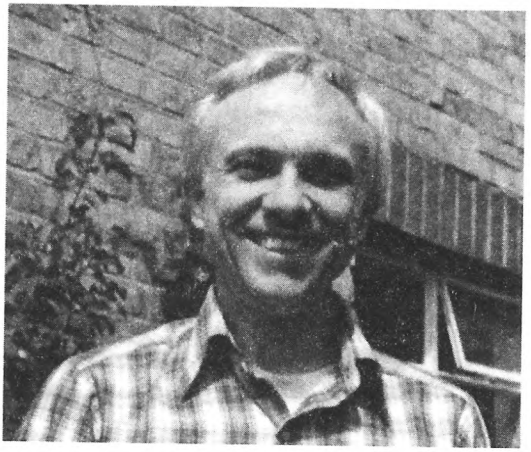
> «Quiero concluir mi informe con un comentario no matemático. Posiblemente éste no es el momento ni el lugar para abrir una polémica. A pesar de ello, no puedo más que expresar mi profunda decepción —sin duda compartida por mucha de la gente que está aquí— por la ausencia de Margulis en

esta ceremonia. A la vista del significado simbólico de esta ciudad de Helsinki, tenía la esperanza de que tendría al fin la oportunidad de conocer al matemático al que sólo conozco a través de sus trabajos y por el que siento el mayor de los respetos y admiración».

Aludía Tits a los acuerdos recién firmados en Helsinki en 1975 sobre seguridad y cooperación en Europa, donde se establecía como uno de los principales puntos el «respeto de los derechos humanos y de las libertades fundamentales».







Los «Fields» de 1978. De arriba abajo y de izquierda a derecha: Charles Fefferman, Pierre Deligne, Daniel Quillen y Gregori A. Margulis (foto: George M. Bergman).

La ausencia de Margulis era una muestra, de nuevo, de las discrepancias sobre la elección de los conferenciantes de la URSS invitados al congreso, como ya ocurriera en el congreso anterior de Vancouver. De nuevo Lev Semenovich Pontryagin expresó la «profunda insatisfacción» del Comité Nacional de Matemáticas de la URSS por los matemáticos soviéticos escogidos para conferenciantes como tam-

bién para la medalla Fields. El efecto fue la ausencia entre los matemáticos soviéticos, aparte de Margulis, de tres de los conferenciantes plenarios y 11 de los invitados a las secciones. Treinta años después, Margulis explicó al autor de estas líneas qué ocurrió con la medalla: «Curiosamente, al no haber podido asistir al congreso de Helsinki, en 1979 se me autorizó a visitar el Oeste por primera vez, en una visita de tres meses a Bonn. Allí me visitó Jacques Tits, y en una pequeña ceremonia me entregó la medalla».

APARTHEID

Los organizadores del congreso también tuvieron dificultades con las autoridades políticas finlandesas, que no admitían la participación de matemáticos sudafricanos a causa del apartheid. Todo se resolvió positivamente recurriendo al principio de libre circulación de científicos.

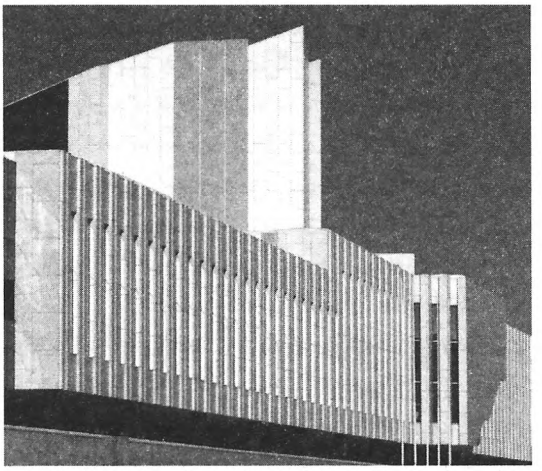
La matemática se distingue de otras ciencias, entre otras muchas cosas, por su interés, que llega a la pasión, por su historia, que alcanza desde el matemático novel al consagrado. Una de las razones puede estar en lo vivos que siguen siendo los problemas, los trabajos y las soluciones del pasado. La conferencia que atrajo más oyentes de todas las programadas en el congreso de Helsinki fue la conferencia plenaria del matemático francés André Weil, titulada «Historia de la matemática: ¿Por qué y cómo?». Weil comenzó diciendo:

> «Mi primera observación será obvia: en contraste con ciertas ciencias cuya historia se reduce a recuerdos personales de unos cuantos contemporáneos, la matemática no sólo tiene una historia sino una larga historia, que se ha ido escribiendo al menos desde Eudemos [un discípulo de Aristóteles]. Luego la cuestión ¿por qué? quizás es superflua, o sería mejor reformularla en ¿para quién?».

Siguiendo este punto de vista, Weil citó al matemático alemán Gottfried Leibniz:

> «Su uso no es simplemente que la historia puede dar a cada uno lo que le corresponde y que otros pueden trabajar por una recompensa similar, sino también que se promueva el arte de descubrir y sus métodos conocidos a través de ejemplos ilustres».

El prestigio del conferenciante y el atractivo del tema hicieron que se congregasen más de 3.000 personas, muchas de las cuales tuvieron que seguir la conferencia por televisiones situadas en los pasillos del Finlandia Hall.



Fachada del Finlandia Hall de Helsinki.

EL BARCO POLACO

Ya en 1978, el nivel de vida en Helsinki elevaba mucho los costes de asistir a un congreso. La delegación polaca encontró una solución al problema alquilando un barco en el que viajaron hasta Helsinki; tras atracarlo en el puerto, lo usaron para alojarse y comer. Hay gratos recuerdos de las reuniones nocturnas en la embarcación, aunque no hay fotos.

La designación de la sede del siguiente congreso fue agitada a causa de las distintas candidaturas que presentaron cuatro países: Argentina, República Federal de Alemania, Israel y Polonia. Las dos primera tenían serias objeciones políticas (la dictadura militar en Argentina y, en el caso de la Alemania Oeste, el veto soviético y el recuerdo del holocausto). La elección se centró entre Israel y Polonia, dos países con un magnífico currículo científico en matemáticas. Finalmente se optó por Polonia, basándose en su mayor estabilidad política en comparación con Oriente Medio. Como veremos, fue un argumento correcto para tomar una decisión equivocada.

El congreso se iba a celebrar en Varsovia en agosto de 1982. Como había ocurrido ya en los dos congresos anteriores, las discrepancias surgieron por la resis-

tencia de la Unión Soviética a que fuese un comité internacional el que escogiese a los conferenciantes invitados soviéticos. En el curso de las discusiones hubo acusaciones muy fuertes por ambos lados (desde actividades antisoviéticas hasta propaganda sionista), que culminaron en la amenaza de los representantes soviéticos de retirarse en bloque del congreso. La intervención de la máxima autoridad científica soviética, la Academia de Ciencias de la URSS, desautorizando una retirada unilateral puso las cosas en su sitio y se pudo llegar a un acuerdo. Hasta ahí, todo en regla.

Pero a lo largo del año 1981, la situación política, económica y social en Polonia se fue deteriorando, a la vez que el sindicato Solidaridad aumentaba la presión sobre el régimen polaco. Se llegó a un punto de ruptura el 13 de diciembre de 1981, cuando el general Jaruzelski declaró la ley marcial.

En febrero de 1982, la Unión Matemática Internacional discutió si mantener o no el congreso de Varsovia. Aparte de la situación política general, se supo que la Sociedad Matemática Polaca había sido suspendida y que había matemáticos arrestados e internados. Una gran controversia surgió entre la comunidad matemática sobre si buscar una sede alternativa (Bélgica se había ofrecido). Tampoco dentro de Polonia había unanimidad, aunque los organizadores del congreso, y con ellos una gran mayoría de los matemáticos polacos, se inclinaban por mantener la celebración del congreso; se argumentaba la necesidad de conservar el contacto con los colegas extranjeros. (Tampoco hubo, ni hay, ni dentro ni fuera de Polonia, una opinión unánime sobre si el golpe de estado de Jaruzelski buscó evitar una intervención militar soviética o preservar el régimen comunista polaco.)

Unos meses más tarde, en abril de 1982, la Unión Matemática Internacional, a la vista de las respuestas ambiguas del gobierno polaco a las condiciones que se le exigían para mantener el congreso, y a la vista del escasísimo número de matemáticos que se habían inscrito para participar en el congreso, decidió retrasarlo un año, hasta agosto de 1983.

A lo largo de 1982, la situación fue muy confusa. De nuevo una gran controversia dividía a la comunidad matemática internacional acerca de la celebración o no del congreso en Polonia. Los organizadores polacos apostaban fuertemente por que sí. Simultáneamente, el sindicato Solidaridad fue declarado ilegal. El matemático sueco Lennart Carleson, a quien ya hemos encontrado en el congreso de Moscú, transmitió personalmente al gobierno polaco, como presidente de la Unión Matemática Internacional en aquel momento, las condiciones para celebrar el congreso en Varsovia, que eran: libre circulación de todos los científicos, reestablecimiento de

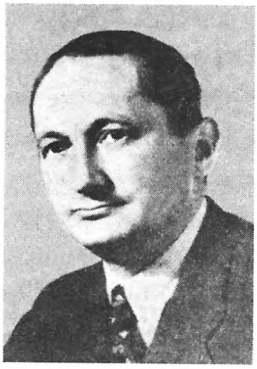
la Sociedad Matemática Polaca, condiciones normales para el transporte y las comunicaciones y liberación de los matemáticos internados.

Finalmente se decidió celebrar el congreso en Varsovia en agosto de 1983. Según se acercaba la fecha, Lech Walesa, líder de Solidaridad, fue liberado, y la ley marcial levantada. Pero, de nuevo, la controversia polarizó a los matemáticos: debía asistirse al congreso para apoyar a los oponentes al Gobierno o no asistir como protesta ante ese gobierno. Para los matemáticos de los países del bloque comunista un congreso en Varsovia era una oportunidad estupenda (por la faciliad de los permisos y los costes) para poder participar en un congreso internacional. Entre los occidentales, había un cierto miedo por la seguridad personal.

El historiador Aleksander Gieysztor, presidente de la Academia Polaca de Ciencias, recordó durante la inauguración del congreso parte de la atormentada historia de Polonia:

> «Los meses de agosto y septiembre comprenden importantes fechas para la historia de este país. Hace treinta y nueve años, el primero de agosto, comenzó el levantamiento de Varsovia, y el primero de septiembre de 1939 fue el primer día de la Segunda Guerra Mundial. Ambos meses son momentos de recuerdo nacional, de reflexión sobre la historia de nuestro país.
>
> »Durante la Segunda Guerra Mundial la comunidad científica polaca fue diezmada. En particular, más de la mitad de los matemáticos activos científicamente perdieron la vida. Muchos otros marcharon a países por todo el mundo. Universidades, bibliotecas e imprentas polacas fueron destruidas. El sistema educativo del país estaba en ruinas, y la actividad científica, interrumpida.
>
> »El hecho de que este congreso se celebre en Varsovia en 1983, treinta y ocho años después de la guerra, da evidencia de la reconstrucción de la ciencia polaca tanto en el sentido organizativo como en el sustantivo. En particular, es una prueba del renacimiento de la comunidad matemática polaca».

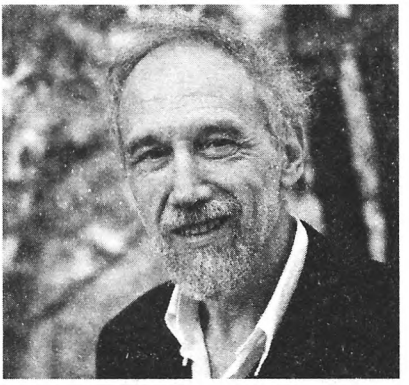
Tampoco en la inauguración faltó el recuerdo a los matemáticos polacos Kazimierz Kuratowski y Stefan Banach, así como a la revista *Fundamenta Mathematicae*, que fue, cuando se fundó en 1920, la primera revista de matemáticas especializada en un área. Esta serie de homenajes se coronó con la elección del matemático Władysław Orlicz, gran mentor de muchas generaciones de matemáticos polacos, como presidente honorario del congreso.



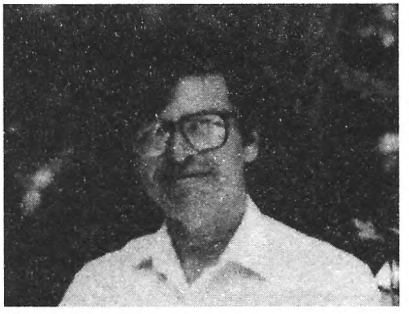
Arriba, Kazimierz Kuratowski (izquierda) y Władysław Orlicz.
Sobre estas líneas, busto de Stefan Banach en Cracovia.

Estando en Polonia, no pudo faltar en la inauguración la música, mucha música, de Gorczycki, de Pacius, de Nowowiejski, de Palestrina, de Pekiel, de Wallek-Walewski y de Moniuszko, entre otros.

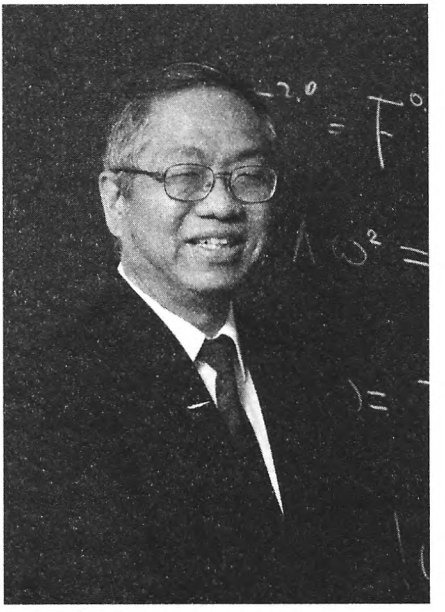
Por lo que respecta a las medallas, esta vez no hubo sorpresas, pues los nombres de los galardonados ya se habían anunciado un año antes en la fecha inicialmente prevista para el congreso. En cuanto al número de ellas otorgadas, sí hubo sorpresa, y de nuevo se volvió a las andadas, como en Vancouver, al no concederse las cuatro, sino tan sólo tres: al matemático francés Alain Connes, del Instituto de Altos Estudios Científicos, IHES, por sus «sobrecogedores logros, más allá de las expectativas de los expertos», en la teoría de álgebras de operadores y aplicaciones a la geometría diferencial; al matemático estadounidense William Thurston, de la Universidad de Princeton, por su «fantástica intuición y visión geométrica» aplicada al estudio de la topología de dimensiones dos y tres y a la interrelación entre análisis, topología y geometría; y al matemático chino Shin-Tung Yau, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, por sus contribuciones a la geometría diferencial global, las ecuaciones en derivadas parciales y la geometría algebraica.



Alain Connes.



William Thurston (foto: George M. Bergman).



Shin-Tung Yau.

Por primera vez se concedió el premio Nevanlinna al informático (lo que en el mundo anglosajón llaman «computer scientist») estadounidense Robert Tarjan, de la Universidad de Stanford, por sus trabajos «en diseño y análisis de algoritmos».

El congreso de 1982-1983 en Varsovia (así se decidió numerarlo, para no alterar el ciclo cuatrienal) fue un congreso normal cuando lo comparamos con el congreso anterior de Helsinki y con el posterior de Berkeley, tanto en asistencia (3.038 en Helsinki, 2.450 en Varsovia y 3.586 en Berkeley) como en cuanto a conferencias plenarias, invitadas a las secciones y las comunicaciones: 17/119/500 en Helsinki, 16/129/680 en Varsovia y 19/148/731 en Berkeley. Incluso son similares los números de invitados que no asistieron: 14 en Helsinki, 35 en Varsovia y 15 en Berkeley. La diferencia está en que tanto en Helsinki como en Berkeley fueron los soviéticos los ausentes, mientras que en Varsovia fueron occidentales, mayormente de Estados Unidos. Hubo una causa adicional que contribuyó a la escasa asistencia de matemáticos norteamericanos al congreso de Varsovia, y fue que la administración estadounidense no autorizó el uso de fondos públicos para viajar a Polonia, a pesar de la opinión contraria de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. Estas ausencias se vieron compensadas, en cierta medida, con la numerosa asistencia de matemáticos soviéticos y de otros países comunistas. La sensación de inseguridad que todavía transmitía la situación política polaca sí afectó al número de acompañantes: sólo 150 en Varsovia frente a los 900 de Helsinki.

En resumen, lo que estuvo a punto de ser un desastre acabó, a la vista de todas las circunstancias que lo rodearon, en un éxito del que se alegró todo el mundo: los polacos por la participación, el nivel científico y la falta de incidentes; la Unión Matemática Internacional por haberse salvado la continuidad de la serie de congresos; aquellos que quisieron expresar su solidaridad con los polacos asistiendo, por haber podido hacerlo; los más críticos con la celebración del congreso, por la ausencia de manipulación gubernamental, y muchos de ellos, por haber podido hacer una declaración pública de su rechazo a las medidas represivas en sus conferencias. *All's well that ends well.*

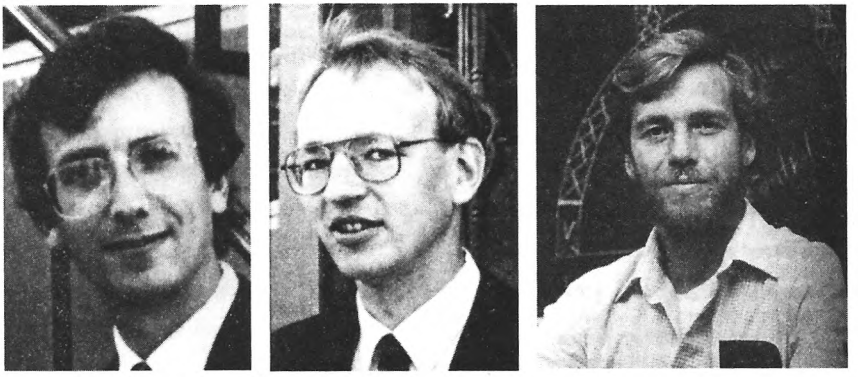
Conmemorando que en 1986 se cumplían 50 años de la primera concesión de la medalla Fields, en el congreso celebrado en la Universidad de Berkeley se nombró presidente honorario al matemático finlandés Lars V. Ahlfors, uno de los dos primeros medallistas. Ahlfors recordó aquella ocasión en Oslo en 1936:

> «Entonces las circunstancias eran muy distintas: la idea de la medalla se había aprobado en Zúrich en 1932, pero no había habido ninguna publicidad so-

bre ella y, cuando llegué a Oslo, no sabía que la medalla Fields se había hecho realidad, y si lo hubiese sabido no me hubiera considerado el candidato adecuado. De hecho, no había sido informado oficialmente hasta que entré en la sala donde se iba a celebrar la ceremonia de apertura, donde se me indicó un lugar al frente, y pude sospechar algo. Había algo más, pues había sido prevenido de antemano por alguien que, por error, me había felicitado el día anterior. Hasta ese momento había sido un secreto, al menos oficialmente, incluso para mí mismo. No había tradición a la que ceñirse ni protocolo que seguir».

Y fue también Lars V. Ahlfors el encargado de entregar las medallas. Por tercera vez desde que en 1966 se abriera la posibilidad de otorgar hasta cuatro medallas, se concedieron menos de cuatro, en este caso tres, que fueron para el matemático británico Simon K. Donaldson, de la Universidad de Oxford, por sus trabajos sobre variedades 4-dimensionales «que han sorprendido al mundo matemático y que implican la existencia de espacios cuatrodimensionales exóticos»; el matemático alemán Gerd Faltings, de la Universidad de Oxford, por su prueba de la conjetura de Mordel, «uno de los grandes momentos en matemáticas»; el matemático estadounidense Michael H. Freedman, de la Universidad de California, en San Diego, por su prueba de la conjetura de Poincaré para cuatro dimensiones.

Ahlfors también entregó el premio Nevanlinna al informático Leslie Valiant, de la Universidad de Harvard, concedido por sus contribuciones «al joven y vigoroso árbol» de la computación teórica.



Simon K. Donaldson, Gerd Faltings y Michael H. Freedman.

EL PRIMER LIBRO SOBRE LOS CONGRESOS

En el congreso de Berkeley de 1986 se presentó el primer libro sobre la historia de los congresos internacionales, *International Mathematical Congresses: An Illustrated History 1893-1986*, escrito por los matemáticos Donald J. Albers y Gerald L. Alexanderson y la historiadora Constance Reid (muy conocida por su biografía de David Hilbert). El libro fue un éxito, pero el relato que hacía de las circunstancias que rodearon el congreso de Varsovia, que hemos explicado nosotros con detalle, resultó muy controvertido, por lo que la editorial, la prestigiosa Springer Verlag de Berlín, tuvo que retirar el libro y hacer una reedición revisada.
El libro se encuentra en formato PDF de acceso libre en la página web de la Unión Matemática Internacional (véase la bibliografía).

Ocurre de vez en cuando que algunos discursos protocolarios resultan tener contenido y hasta enjundia. Éste es el caso del discurso pronunciado durante la inauguración del congreso de Berkeley por Richard Johnson, físico nuclear y asesor para la ciencia del presidente Ronald Reagan (ésta era una institución que se creó bajo la presidencia de John F. Kennedy ante la ventaja que tomaba la URSS en la carrera espacial). Johnson explicó:

> «En los Estados Unidos tenemos un serio problema. Cada vez menos jóvenes estudian ciencia, matemáticas, ingeniería y tecnología; menos gente busca grados avanzados en estas disciplinas, y menos jóvenes escogen carreras en los campos científico y tecnológico.
>
> »Ustedes tienen el raro talento para apreciar plenamente la profundidad y la fuerza de su especialidad. Pero habilidad y talento vienen con obligaciones y responsabilidades, especialmente para con aquellos que no han sido tan agraciados. Lo que hacen en sus laboratorios, en sus terminales de ordenador, en sus estudios es estupendo; de hecho, han cambiado el curso del mundo. Pero deben hacer más. Ya no es suficiente ser un practicante de la ciencia. Deben convertirse en ciudadanos de la ciencia, líderes de una comunidad singularmente agraciada, unida por la meta común de asegurar que el progreso que han hecho y las mejoras que han dado a la humanidad continuarán. Especialmente, deben ayudar a asegurar que haya una generación, creciente y bien cualificada, de científicos, ingenieros y tecnólogos que les sucederá».

Se mostraban nuevas preocupaciones y un nuevo punto de vista de la opinión pública respecto de la ciencia y de los científicos, que reflejaba la administración.

Al congreso de Berkeley de 1986 asistió por primera vez la República Popular China, que tras el torbellino de la Revolución cultural había decidido reincorporarse a muchas actividades internacionales, entre ellas los congresos internacionales de matemáticos. El problema surgió con la pertenencia como miembro de la Unión Matemática Internacional de la República de China en Taiwan. Esto no era admitido por la China continental basándose en el principio de «sólo hay una China». La solución tuvo que pasar por un cambio de estatutos de la propia Unión Matemática Internacional para eliminar el adjetivo «nacional» de las delegaciones de los países, y que, por tanto, pudiese haber dos Chinas. En Berkeley asistieron 30 matemáticos de la República Popular y 15 de Taiwán.

MEMBERSHIP BY COUNTRY

Algeria 3	Japan 176
Argentina 3	Jordan 1
Australia 20	Kenya 2
Austria 8	Kuwait 9
Bahrain 2	Lebanon 1
Bangladesh 1	Luxembourg 1
Belgium 20	Malaysia 3
Botswana 1	Mexico 10
Brazil 20	Netherlands 27
Bulgaria 4	New Zealand 10
Cameroon 3	Nicaragua 2
Canada 167	Nigeria 8
Chile 3	Northern Ireland 2
China-Taiwan 17	Norway 16
Colombia 2	Oman 1
Costa Rica 1	People's Republic of China 30
Cuba 3	Philippines 2
Czechoslovakia 6	Poland 17
Denmark 14	Portugal 7
Egypt 2	Romania 3
England 94	Saudi Arabia 6
Ethiopia 1	Scotland 12
Federal Republic of Germany 119	Senegal 2
Finland 19	Singapore 5
France 117	South Africa 11
German Democratic Republic 4	South Korea 6
Ghana 1	Spain 18
Greece 6	Sweden 29
Guatemala 2	Switzerland 33
Hong Kong 16	Thailand 1
Hungary 12	Trinidad 1
Iceland 6	Turkey 4
India 21	U.S.A. 2324
Indonesia 1	U.S.S.R. 57
Iran 31	U.S.V.I. 1
Iraq 4	Uruguay 2
Ireland 4	Venezuela 3
Israel 34	Vietnam 3
Italy 47	Wales 5
Ivory Coast 9	West Indies 1
Jamaica 1	Yugoslavia 10

Total 3711

Participantes por países en 1986.

Una peculiaridad estadounidense del congreso fue la organización, que estuvo a cargo de una corporación creada al efecto que tenía director ejecutivo, mánager, etc., como si fuera una empresa comercial, y que de forma muy práctica clasificó los organismos y empresas que colaboraron financieramente en siete categorías, según el volumen de su aportación.

Otra peculiaridad estuvo en el programa musical: es el único congreso internacional en que ha habido un concierto de jazz, ¡con 1.500 asistentes! El contrapunto fue la visita cultural, al estadio Cow Palace de San Francisco (donde se han celebrado conciertos de Elvis Presley, los Beatles, los Rolling Stones, los Doors, entre otros) para asistir a un rodeo y a una barbacoa al estilo del Oeste.

BABEL

Para ayudar a los participantes, la organización del congreso de Berkeley de 1986 dispuso de voluntarios con conocimientos de los distintos idiomas que se hablaban en el congreso (había participantes de 79 países). Para ello se estableció un código de colores con el fin de identificar a los especialistas en cada idioma. Había 22 idiomas con sus 22 colores asociados. Algunos ejemplos de ello son: armenio-melocotón, búlgaro-marfil, italiano-vino, noruego-óxido, español-ciruela, swahili-color hoja de té...

Capítulo 7

De la urbe al orbe

Si se puede considerar desde el punto de vista de la coherencia histórica que el siglo XX comenzó tarde, en 1914, el mismo razonamiento también lleva a que concluyó pronto. Entre el otoño de 1989, en que cae del muro de Berlín y la mayoría de los regímenes políticos de la Europa del Este, y el otoño de 1991, en que desaparece la URSS, el mundo sufrió, una vez más en lo que iba de siglo, un cambio muy profundo y de consecuencias muy duraderas. Por ello se puede considerar que en torno a 1990 acabó el siglo XX.

Entre las múltiples consecuencias de esos cambios destaca el reequilibrio del peso económico, y a la larga político, social e incluso científico, que se desplazó más allá de lo que llamamos Occidente hacia el resto del mundo, especialmente hacia Oriente. Por ello podemos decir que se pasa de la urbe, que los romanos aplicaban a la ciudad de Roma y nosotros podemos equiparar a Occidente, al orbe, a todo el mundo.

Este movimiento de apertura y expansión a la globalidad del orbe se percibe con nitidez en los congresos internacionales. Frente a la secuencia de veinte congresos en Europa y Norteamérica entre 1897 y 1986, tres de los siguientes se celebraron en Oriente: Kioto en 1990, Pekín en 2002 e Hyderabad (India) en 2010, lo que muestra, a la vez, la pujanza y las esperanzas puestas en su desarrollo científico. El movimiento hacia Oriente no ha sido algo circunstancial, sino que continúa, puesto que el congreso internacional de 2014 está previsto que se celebre el Seúl (http://www.icm2014.org/). De los restantes tres congresos, el de Berlín de 1998 de alguna forma certificó el cierre de muchas de las heridas de la Segunda Guerra Mundial; el de Madrid de 2006 incorporó un país europeo que ingresó tarde en el mundo de la ciencia, y el de Zúrich de 1994 rellenó un hueco.

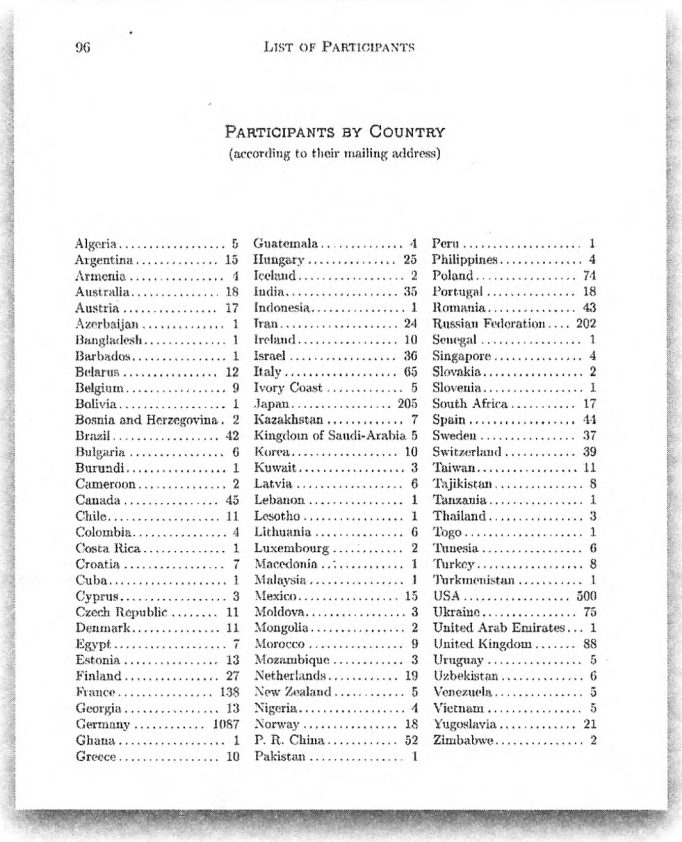
Occidente

Tras 94 años desde el congreso de Heidelberg en 1904, Alemania volvía a acoger un congreso internacional de matemáticos. Había sido una extraña excepción entre los grandes países de la matemática mundial, que habían organizado cada uno al

menos dos congresos, pero la Segunda Guerra Mundial y sus consecuencias, en particular el holocausto judío y la partición de Alemania, lo justificaban.

El congreso se celebró en Berlín, viva encarnación del paso de la historia, que fue la capital del Imperio del Káiser, pasando por la ciudad dividida por el Telón de Acero, hasta la capital de una Alemania unificada y democrática. Lo mismo ocurría con el presidente honorario del congreso, Friedrich Hirzebruch, que presidía la Unión de Matemáticos Alemanes en 1961, cuando se levantó el muro de Berlín y se dividió la sociedad matemática, y también lo haría en 1990, cuando se reunificó el país y, en consecuencia, también las sociedades matemáticas.

El congreso tuvo una alta participación: 3.346 matemáticos de 98 países, y un alto número de contribuciones matemáticas, un total de 1.759, divididas en 21 conferencias plenarias, 169 conferencias invitadas en las secciones, 1.098 comunicaciones cortas, 236 presentaciones de pósteres y 235 charlas de otra índole.



96 LIST OF PARTICIPANTS

PARTICIPANTS BY COUNTRY
(according to their mailing address)

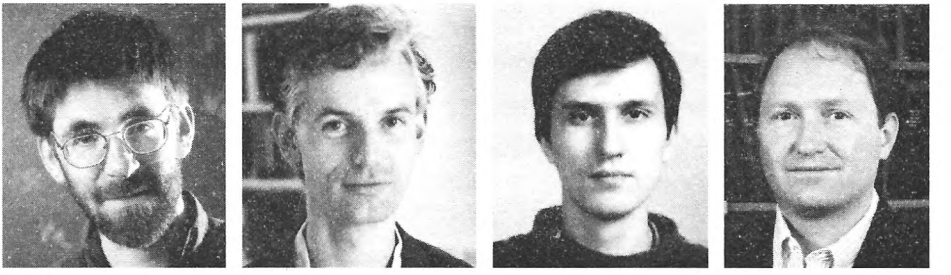
Algeria 5	Guatemala 4	Peru 1
Argentina 15	Hungary 25	Philippines 4
Armenia 4	Iceland 2	Poland 74
Australia 18	India 35	Portugal 18
Austria 17	Indonesia 1	Romania 43
Azerbaijan 1	Iran 24	Russian Federation 202
Bangladesh 1	Ireland 10	Senegal 1
Barbados 1	Israel 36	Singapore 4
Belarus 12	Italy 65	Slovakia 2
Belgium 9	Ivory Coast 5	Slovenia 1
Bolivia 1	Japan 205	South Africa 17
Bosnia and Herzegovina . 2	Kazakhstan 7	Spain 44
Brazil 42	Kingdom of Saudi-Arabia 5	Sweden 37
Bulgaria 6	Korea 10	Switzerland 39
Burundi 1	Kuwait 3	Taiwan 11
Cameroon 2	Latvia 6	Tajikistan 8
Canada 45	Lebanon 1	Tanzania 1
Chile 11	Lesotho 1	Thailand 3
Colombia 4	Lithuania 6	Togo 1
Costa Rica 1	Luxembourg 2	Tunesia 6
Croatia 7	Macedonia 1	Turkey 8
Cuba 1	Malaysia 1	Turkmenistan 1
Cyprus 3	Mexico 15	USA 500
Czech Republic 11	Moldova 3	Ukraine 75
Denmark 11	Mongolia 2	United Arab Emirates ... 1
Egypt 7	Morocco 9	United Kingdom 88
Estonia 13	Mozambique 3	Uruguay 5
Finland 27	Netherlands 19	Uzbekistan 6
France 138	New Zealand 5	Venezuela 5
Georgia 13	Nigeria 4	Vietnam 5
Germany 1087	Norway 18	Yugoslavia 21
Ghana 1	P. R. China 52	Zimbabwe 2
Greece 10	Pakistan 1	

Participantes por países en 1998.

Entre los participantes había 353 que provenían de los antiguos territorios de la URSS, lo que era un número muy alto en comparación con la participación en los congresos de las décadas de 1970 y 1980. Teniendo en cuenta la gravísima situación económica en que quedó la población en dichos territorios, la asistencia al congreso sólo fue posible gracias a la ayuda financiera extraordinaria del congreso (casi un millón de marcos alemanes), que agradeció públicamente el presidente de la Sociedad Matemática de San Petersburgo, Anatoly M. Vershik, quien recordó las limitaciones del pasado, incluso para los medallistas Fields (Sergéi Novikov en Niza en 1970 y Gregori A. Margulis en Helsinki en 1978).

La ceremonia de entrega de las medallas Fields corrió a cargo del matemático ruso Yuri Manin, presidente del comité Fields, que recordó las palabras de Georg Cantor: *«Das Wesen der Mathematik liegt in ihrer Freiheit»* («La esencia de la matemática radica precisamente en su libertad»).

Se concedieron cuatro medallas, que entregó Friedrich Hirzebruch: al matemático sudafricano Richard E. Borcherds, de las Universidades de Cambridge y California en Berkeley, por «sus contribuciones al álgebra, a la teoría de formas automórficas, a la física matemática, incluyendo la prueba de la conjetura "moonshine" de Conway-Norton»; al matemático británico William Timothy Gowers, de la Universidad de Cambridge, por «sus contribuciones al análisis funcional y a la combinatoria, desarrollando una nueva versión de la geometría infinitodimensional, incluyendo la solución de dos problemas de Banach»; al matemático ruso Maxim Kontsevich, del Instituto de Altos Estudio Científicos, IHES, por «sus contribuciones a la geometría algebraica, la topología y la física matemática, incluyendo la prueba de la conjetura de Witten»; y al matemático estadounidense Curtis T. McMullen, de la Universidad de Harvard, por sus contribuciones a «la teoría de la dinámica holomorfa y la geometrización de variedades tridimensionales, incluyendo la prueba de la conjetura de Kra sobre la función zeta».



Richard E. Borcherds, William Timothy Gowers, Maxim Kontsevich y Curtis T. McMullen.

Se entregó también el premio Nevanlinna al matemático estadounidense Peter Shor, de los Laboratorios AT&T Bell, por «ser la principal fuerza detrás de la computación cuántica».

Pero no terminó ahí la ceremonia de entrega de los premios. Ya explicamos lo ocurrido con la prueba del último teorema de Fermat por Andrew Wiles y la imposibilidad de recibir la medalla Fields por superar los 40 años de edad. Yuri Manin recordó la formulación que hiciera Fermat del problema: «*Nullam in infinitum ultra quadratum potestatem in duas ejusdem nominis fas est dividere*», y anunció la entrega de la placa de plata conmemorativa «con motivo de su logro sensacional». Parafraseando al propio Fermat aclaró que, desafortunadamente, la placa era demasiado pequeña para escribir en ella la prueba de Wiles. Los relatos de la prensa hablan del «estruendoso y continuado aplauso que recibió Wiles, superando el de todos los otros premiados».

Al día siguiente, Wiles impartió la conferencia especial «Veinte años de teoría de números», que atrajo a 2.300 oyentes, donde explicó:

«Comenzemos con tres problemas considerados por Fermat:

»1. ¿Qué números primos se pueden escribir como la suma de dos cuadrados?

»2. ¿Existe un triángulo rectángulo con lados de longitud racional y área uno?

»3. ¿Existen soluciones a la ecuación $x^n + y^n = z^n$ para n mayor o igual que 3?

»La respuesta a la primera cuestión es que son precisamente aquellos primos que son congruentes con uno módulo cuatro. La respuesta a la segunda es no. La solución de estos dos problemas la halló el propio Fermat. El tercer problema no requiere presentación».

Después de repasar algunos de los principales problemas del área, Wiles hizo una importante observación:

«Un cambio en teoría de números en los últimos veinte años es que se ha convertido en un área aplicada. Quizás se deba decir que ha vuelto a ser un tema aplicado, tal como era hace más de doscientos años».

Como no podía ser de otra forma, el congreso estuvo plagado de referencias a las atrocidades perpetradas por los nazis. Desde el presidente de la República Fede-

ral al Ministro de Educación e Investigación (que anunció la creación de un premio para jóvenes científicos excelentes, con el nombre de Emmy Noether, quien tuvo que huir del país tras la llegada de los nazis al poder), pasando por el presidente del congreso, todos recordaron los dramáticos hechos de los años treinta y cuarenta y su terribles consecuencias en vidas humanas y aislamiento (entre ellas, la imposibilidad, durante mucho tiempo, de celebrar un congreso internacional en Alemania).

Friedrich Hirzebruch tuvo un recuerdo para muchos de los presidentes de la Unión de Matemáticos Alemanes:

> «Alfred Pringsheim murió en Zúrich en 1941 a los 90 años, después de haber escapado de Alemania; Edmund Landau perdió su cátedra en Gotinga en 1934; Otto Blumenthal fue deportado al campo de concentración de Theresienstadt, donde murió en 1944; Hermann Weyl emigró a Estados Unidos en 1933».

Recordó también a David Hilbert y a sus colaboradores con las palabras que escribiera Hermann Weyl en el obituario de su maestro: «Cuando la tormenta nazi estalló todo ellos se dispersaron sobre la tierra». Concluyó Hirzebruch repitiendo el lema obligado en Alemania desde el fin de la guerra: «Debemos enseñar a la generación siguiente a no olvidar».

Dos conferencias sobre el efecto de la brutalidad nazi sobre la ciencia se programaron en una sesión especial titulada «Matemáticas en el Tercer Reich y la persecución racial y política»; fueron: «Victims, Oppressors, Activists, and Bystanders: Scientists' Response to Racial and Political Persecution», por Joel Lebowitz, de la Universidad de Rutgers; y «Mathematics and Mathematicians in Nazi Germany:

MATHEMATIK UND ALLTAG

En el congreso de Berlín de 1998 se estrenó la intención de involucrar de alguna forma en la celebración del congreso internacional al público no matemático. Para ello se creó el programa *Mathematik und Alltag* («Matemáticas y vida diaria»), que consistió en conferencias (por ejemplo, del escritor y pensador Hans Magnus Enzensberger), un festival de vídeos matemáticos, proyección de películas y exposiciones, dirigidos todos ellos al público en general. Los actos se celebraron en una peculiar institución berlinesa llamada Urania, creada en 1888 para divulgar ciencia y cultura, que está ubicada en un curioso edificio cúbico de color azul marino. Más de 15.000 personas visitaron Urania.

History and Memory», por Herbert Mehrtens, de la Technische Hochschule de Braunschweig. La más intensa y emotiva de estas iniciativas fue la exposición «Terror y exilio», organizada por la Unión de Matemáticos Alemanes, DMV, cuyo anuncio oficial expresa con bastante fidelidad el drama del país:

> «En 1998 el congreso internacional de matemáticos retorna a Alemania después de un intermedio de 94 años. Este largo intervalo cubre el periodo más oscuro de la historia alemana. Por ello la DMV quiere honrar la memoria de aquellos que sufrieron bajo el terror nazi. Lo haremos en la forma de una exposición mostrando las biografías de 53 matemáticos de Berlín que fueron víctimas del régimen nazi entre 1933 y 1945. La suerte de este pequeño grupo ilustra dolorosamente los sufrimientos personales y la destrucción de la vida científica y cultural; proyecta luz también sobre los instrumentos de supresión y los mecanismos de colaboración».

Tres de aquellos 53 matemáticos, afincados después en Estados Unidos, Gran Bretaña y Australia, fueron invitados por el Senado de Berlín a asistir, y en un acto muy emotivo relataron sus experiencias de expulsión y emigración.

UN LIBRO SOBRE LA UNIÓN MATEMÁTICA INTERNACIONAL

Se presentó oficialmente en el congreso de Berlín de 1998 el libro *Mathematics without Borders: A History of the International Mathematical Union*, escrito por el matemático finlandés Olli Lehto, a quien ya hemos encontrado al tratar del congreso de Helsinki de 1994. El libro honraba el espíritu de cooperación de la comunidad matemática internacional, relatando la atribulada historia de la institución.

Tornemos nuestra vista ahora al otro gran congreso occidental de este periodo, el de Madrid en 2006. Ocurrió allí un hecho sin precedentes que marcó el congreso: el matemático ruso Grigori Perelman, de San Petersburgo, rechazó la medalla Fields que se le había concedido. No es que no asistiese al congreso a recogerla, que no lo hizo, sino que no aceptó el premio. Nunca había ocurrido algo así. A día de hoy, la medalla de Perelman, con su nombre grabado en el canto, no la ha recogido nadie, por lo que sigue custodiada en la caja fuerte de la Royal Canadian Mint, la casa de la moneda canadiense.

Grigori Perelman.

Meses antes, John Ball, matemático británico de la Universidad de Oxford y presidente en 2006 de la Unión Matemática Internacional, hizo todos los intentos posibles con Perelman, incluyendo largas discusiones y paseos por San Petersburgo, para que aceptase el premio, aunque no asistiese al congreso ni recogiese la medalla; sin éxito. Perelman había abandonado su puesto en el Instituto Steklov de San Petersburgo y, más aún, había decidido abandonar la matemática como dedicación profesional.

La medalla Fields se le concedió a Perelman por la solución de la conjetura de Poincaré, relativa a la clasificación de superficies de dimensión tres, un problema planteado por Henri Poincaré en 1904 y cuyas versiones generalizadas para dimensiones mayores se habían ido resolviendo a lo largo de los años con el concurso de varios medallistas Fields, Stephen Smale, Willian Thurston y Michael Freedman. La información oficial del congreso sobre los motivos de la concesión de la medalla es más precisa y, por tanto, más críptica: se concede la medalla a Grigori Perelman por «sus revolucionarias ideas sobre la estructura analítica y geométrica del flujo de Ricci».

Las razones de la actitud de Perelman no han sido aclaradas, pero parecen relacionadas con comportamientos que él considera muy reprobables dentro del mundo académico. La periodista Sylvia Nasar, autora de la biografía de John Nash *Una*

mente maravillosa, publicó, durante la celebración del congreso de Madrid, un (polémico) artículo en la prestigiosa revista literaria *The New Yorker* donde indagaba las circunstancias que rodearon la prueba de Perelman. El artículo se puede leer en la propia revista (véase la bibliografía).

Lo inusual de la situación atrajo una gran atención pública hacia la actitud de Perelman, con más de 150 medios de comunicación extranjeros acreditados en la inauguración del congreso, y el tema en la calle (los taxistas de Madrid, cuando se daba la dirección del Palacio de Congresos, preguntaban directamente «¿Ha aparecido ya el Perelman ése?»). Esta atención conllevaba el peligro de resaltar exclusivamente lo excéntrico del comportamiento de Perelman (y quizás, por tanto, de los matemáticos) frente a sus aficiones normales, como son pasear por San Petersburgo y la ópera. En las calles de la ciudad rusa, el autor ha podido comprobar que se le considera una especie de héroe de los tiempos modernos, un don Quijote honrado y orgulloso que desdeña dinero y honores.

Afortunadamente, el resto de los premios se concedieron sin ningún problema; hubo tres medallas Fields más: al matemático ruso Andrei Okounkov, de la Universidad de Princeton, por «sus contribuciones ligando probabilidad, teoría de representación y geometría algebraica»; al matemático australiano Terence Tao, de la Universidad de California en Los Ángeles, por «sus contribuciones a las ecuaciones en derivadas parciales, el análisis armónico y la teoría aditiva de números»; y al matemático franco-alemán Wendelin Werner, de la Universidad de Paris-Sud, por «sus contribuciones al desarrollo de la geometría del movimiento browniano bidimensional y la teoría de campos conforme». Todas las medallas (salvo la de Perelman, obviamente) las entregó el Rey de España, quien presidió el acto inaugural.

El contenido científico del congreso fueron veinte conferencias plenarias, 169 invitadas en las secciones y unas 1.000 contribuciones cortas y pósteres. El problema de Poincaré y su resolución, motivo de la medalla de Perelman, estuvo muy presente en el congreso, con la atención concentrada en la conferencia «The Poincaré Conjecture» de Richard Hamilton, creador del flujo de Ricci, principal herramienta en la prueba de la conjetura —y obvio candidato a haberla probado él mismo— y en la estupenda conferencia divulgativa de John W. Morgan «A Report on the Poincaré Conjecture», que pretendió hacer accesible el problema a los no especialistas en el área (y parece que lo consiguió; las transparencias se pueden ver en http://www.mathunion.org/Videos/ICM2006/tars/morgan2006.pdf).

Por diversas razones, las aplicaciones de la matemática tuvieron un importante papel en este congreso. Por una parte, el premio Nevanlinna recayó sobre el infor-

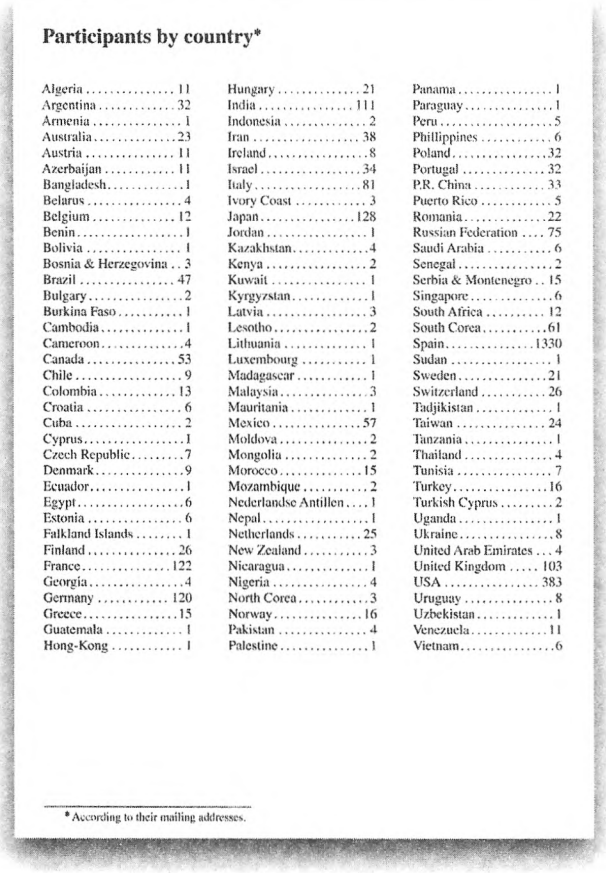
mático norteamericano Jon M. Kleinberg, de la Universidad de Cornell, por «sus profundas, creativas e iluminadoras contribuciones a la teoría matemática del entorno global de información», donde se encuadran muchas nuevas aplicaciones encaminadas a optimizar el funcionamiento de los motores de búsqueda en Internet.

El Rey don Juan Carlos I junto con los galardonados. De derecha a izquierda, los tres medallistas: Wendelin Werner, Andrei Okounkov y Terence Tao; junto a este último, Jon M. Kleinberg, ganador del premio Nevanlinna.

En esta dirección aplicada, se concedió por primera vez el premio Gauss por aplicaciones de la matemática, que recayó en el japonés Kiyoshi Itô, de 90 años, por «haber puesto los fundamentos de la teoría de ecuaciones diferenciales estocásticas y del análisis estocástico» y considerando que «el trabajo de Itô es una de las mayores innovaciones matemáticas del siglo XX y ha permitido un amplio rango de aplicaciones fuera de la matemática», en la ingeniería, la física, la biología, la economía y las finanzas.

Como remate a este énfasis en las aplicaciones hubo un debate público, con importantes matemáticos, sobre un tema candente: ¿se están alejando la matemática pura y la matemática aplicada?

Observemos un récord alcanzado en este congreso: hubo participantes de 108 países (aunque quizás hubiera que descontar alguno un tanto dudoso como país).



Participants by country*

Algeria 11	Hungary 21	Panama 1
Argentina 32	India 111	Paraguay 1
Armenia 1	Indonesia 2	Peru 5
Australia 23	Iran 38	Phillippines 6
Austria 11	Ireland 8	Poland 32
Azerbaijan 11	Israel 34	Portugal 32
Bangladesh 1	Italy 81	P.R. China 33
Belarus 4	Ivory Coast 3	Puerto Rico 5
Belgium 12	Japan 128	Romania 22
Benin 1	Jordan 1	Russian Federation 75
Bolivia 1	Kazakhstan 4	Saudi Arabia 6
Bosnia & Herzegovina .. 3	Kenya 2	Senegal 2
Brazil 47	Kuwait 1	Serbia & Montenegro .. 15
Bulgary 2	Kyrgyzstan 1	Singapore 6
Burkina Faso 1	Latvia 3	South Africa 12
Cambodia 1	Lesotho 2	South Corea 61
Cameroon 4	Lithuania 1	Spain 1330
Canada 53	Luxembourg 1	Sudan 1
Chile 9	Madagascar 1	Sweden 21
Colombia 13	Malaysia 3	Switzerland 26
Croatia 6	Mauritania 1	Tadjikistan 1
Cuba 2	Mexico 57	Taiwan 24
Cyprus 1	Moldova 2	Tanzania 1
Czech Republic 7	Mongolia 2	Thailand 4
Denmark 9	Morocco 15	Tunisia 7
Ecuador 1	Mozambique 2	Turkey 16
Egypt 6	Nederlandse Antillen 1	Turkish Cyprus 2
Estonia 6	Nepal 1	Uganda 1
Falkland Islands 1	Netherlands 25	Ukraine 8
Finland 26	New Zealand 3	United Arab Emirates ... 4
France 122	Nicaragua 1	United Kingdom 103
Georgia 4	Nigeria 4	USA 383
Germany 120	North Corea 3	Uruguay 8
Greece 15	Norway 16	Uzbekistan 1
Guatemala 1	Pakistan 4	Venezuela 11
Hong-Kong 1	Palestine 1	Vietnam 6

* According to their mailing addresses.

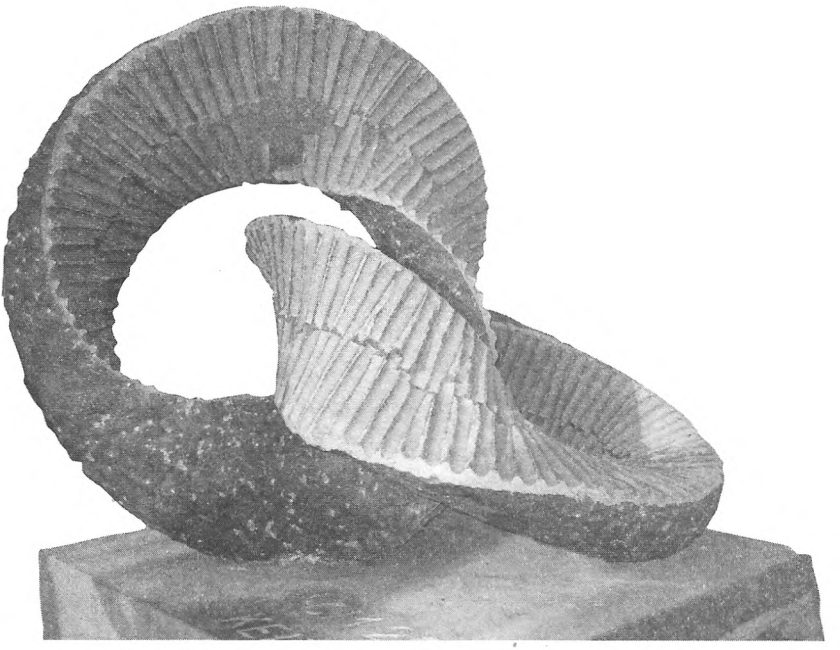
Participantes por países en 2006.

LOS MATEMÁTICOS NO POSEEN LA MATEMÁTICA

Esta interesante frase es de John Ball, el presidente de la Unión Matemática Internacional. Animada por este espíritu, la Sociedad Matemática Europea organizó durante el congreso un debate sobre el tema «¿Deben los matemáticos preocuparse de comunicarse con las grandes audiencias?». Las conclusiones señalan la necesidad de hacer ver a todos la utilidad y el valor social de la matemática.

El congreso de Madrid en 2006 tuvo una intensa y variada vertiente cultural. Hubo una exposición de textos matemáticos desde el siglo XVI en la Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid; un concurso internacional de arte fractal

(cuyo jurado presidió Benoît Mandelbrot, especialista y gran divulgador de los fractales); el escultor japonés Keizo Ushio esculpió en directo en la calle durante los diez días del congreso y sobre una roca de granito de varias toneladas una imagen del símbolo del infinito; se hizo una edición facsímil de tres grandes obras de Arquímedes (*Sobre la esfera y el cilindro, Sobre la medida del círculo* y *La cuadratura de la parábola*), basadas en manuscritos custodiados en el Monasterio de El Escorial, que fue regalo oficial a los medallistas Fields y otros galardonados.



La escultura de Keizo Ushio para el congreso de 2006 en Madrid.

El punto culmen del programa cultural del congreso de Madrid en 2006 fue la exposición *Vida de los números*, organizada en la Biblioteca Nacional. Estaba dirigida al gran público y buscaba dar cuenta de la relación entre el hombre y los números a lo largo de la historia, a través de una multiplicidad de objetos de la cultura, de todo el mundo. La joya de la exposición era el *Codex Vigilanus*, un soberbio manuscrito del siglo X conservado en el Monasterio de El Escorial donde aparece por primera vez en la historia la lista completa de los números indoarábigos del 1 al 9. En la introducción del catálogo de la exposición (que más bien es un tratado sobre la historia de los números y el hombre) se explicaba:

«Los números acaso sean como los dioses: no hay civilización o cultura que se precie que no los incluya entre sus logros, aunque a veces no está claro si son logros que haya que calificar de intelectuales, mágicos o, simplemente, prácticos. Como los dioses, los números cambian de nombre y de iconografía según los haya parido una civilización del Sur, del Este o del Oeste. Pero al mismo tiempo los números quizá tengan poco que ver con los dioses, pues a diferencia de éstos, los números, aunque vestidos de forma distinta, son en esencia los mismos, sean hijos de una cultura de este lado del mar o de allende, de este mar, de este otro o del de más allá. Y dicho está: los números son, cosa que acaso más de un dios ya quisiera poder decir».

LAS LABORES DEL MATEMÁTICO

John Ball hizo una alabanza de las «labores comunitarias» que desarrolla el matemático:

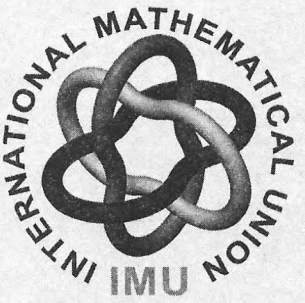
> «La matemática tiene un largo historial de servicio, libremente ofrecido. Vemos esto en el tiempo y cuidado empleados en revisar artículos y otras formas de la evaluación por pares. Vemos esto en la gestión de las sociedades matemáticas y de las revistas, en la creación de sofware matemático libre y de otros recursos docentes, y en los varios proyectos mundiales para mejorar el acceso electrónico a la literatura científica, actual y pasada. Vemos esto en la preparación de estudiantes más allá de la mera obligación».

En la conclusión del congreso, el matemático húngaro László Lovász, presidente de la Unión Matemática Internacional para el periodo 2007-2010, volvió al recurrente tema de la oportunidad de los congresos internacionales, de su tamaño y de la posibilidad de abandonarlos:

> «Creo que esto sería un serio error. Hablo con científicos de otras áreas y expresan su envidia por el hecho de que los matemáticos tengamos reuniones donde los mejores matemáticos nos cuentan a todos cuáles son los principales problemas, direcciones y paradigmas en sus áreas; donde honramos a los galardonados con los mejores premios, y escuchamos y discutimos sus trabajos; donde tenemos discusiones en grupo y en pasillos sobre los temas importantes que afronta nuestra ciencia y nuestra comunidad».

LOS ANILLOS BORROMEOS

En el congreso de Madrid de 2006 la Unión Matemática Internacional presentó su nuevo logotipo, creado por John Sullivan, de la Universidad Técnica de Berlín. El logotipo está basado en los anillos borromeos, que han simbolizado a lo largo de la historia del arte el entrelazamiento y la fuerza dentro de la unidad. En este caso, representan el entrelazamiento y la unidad de las áreas de la matemática y de la comunidad matemática internacional. Un vídeo explicativo del creador del logotipo puede verse en la web: http://www.isama.org/jms/Videos/imu/.



Logo de la Unión Matemática Internacional.

Zúrich ofreció albergar el congreso internacional de 1994 como solución de compromiso y de última hora para salvar la continuidad de la serie de congresos. Competían Kioto y Múnich por la organización del congreso de 1990. Se apostó por la apertura a Oriente, esperando que Múnich organizase el congreso de 1994, pero llegado el momento eso no pudo ser y, de nuevo, por tercera vez en la historia, Zúrich organizó el congreso.

El congreso tuvo sus medallas Fields, que fueron cuatro: al matemático belga Jean Bourgain, del IHES, la Universidad de Illinois y el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, cuyos trabajos «tocan varios temas centrales en análisis matemático, donde ha abierto espectaculares caminos en cuestiones en las que el progreso estaba bloqueado desde hacía mucho tiempo»; al matemático francés Pierre-Louis Lions, de la Universidad de Paris-Dauphine, por sus «singulares contribuciones, que cubren una variedad de áreas, desde la probabilidad hasta las ecuaciones en derivadas parciales, siempre motivadas por las aplicaciones»; al matemático francés Jean-Christophe Yoccoz, de la Universidad de Paris-Sud en Orsay, quien es «un pur produit, et du meilleur cru, du système français», por sus contribuciones a la

teoría de sistemas dinámicos; y al matemático ruso Efim Zelmanov, de las Universidades de Wisconsin y de Chicago, por «su solución del problema restringido de Burnside».

Los Fields de 1994: de arriba abajo y de izquierda a derecha, Jean Bourgain, Pierre-Louis Lions, Jean-Christophe Yoccoz y Efim Zelmanov.

El premio Nevanlinna fue para el informático israelí Avi Wigderson, de la Universidad Hebrea de Jerusalén, por sus contribuciones a los fundamentos matemáticos de la computación y sus «impresionantes resultados sobre las pruebas interactivas de conocimiento cero».

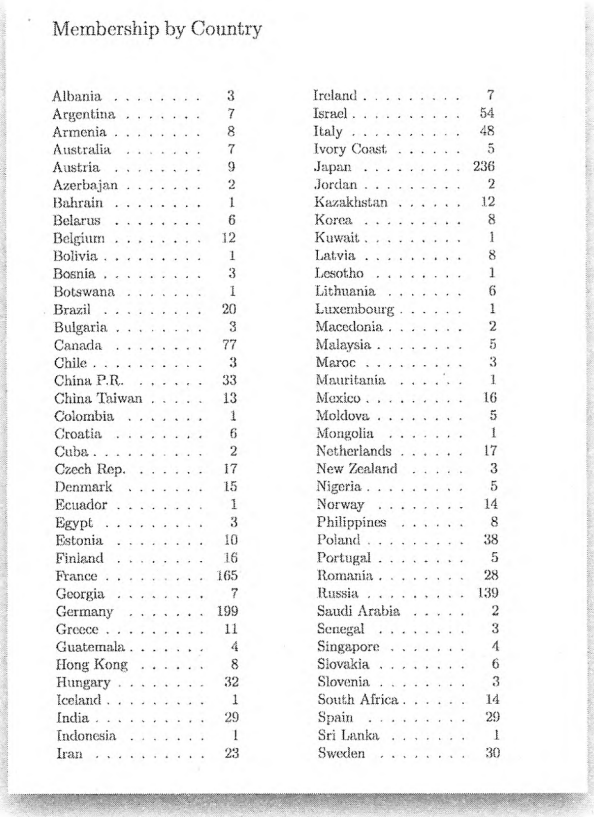
Hagamos notar que el presidente del comité que concedía el premio Nevanlinna era el reputado matemático francés Jacques-Louis Lions, presidente en ese momento de la Unión Matemática Internacional y padre del medallista Fileds Pierre-

Louis Lions. Este hecho dio lugar a cierta rumorología, que el presidente del comité Fields, el a su vez medallista David Mumford, todavía hoy desmiente con rotundidad.

Destaquemos tres de las 16 conferencias plenarias, las impartidas por dos matemáticas: «Interactions between Ergodic Theory, Lie Groups and Number Theory», por Marina Ratner, matemática rusa, de la Universidad de California en Berkeley; «Wavelets and Other Phase Localization Methods», por Ingrid Daubechies, matemática belga, de la Universidad de Princeton, y la última conferencia del congreso, «Modular Forms, Elliptic Curves and Fermat's Last Theorem», donde Andrew Wiles presentó su prueba del último teorema de Fermat, explicando al final, como ya vimos al tratar de la restricción sobre la edad en la medalla Fields, que «un paso del argumento no está completo».

Marina Ratner (izquierda) e Ingrid Daubechies.

El colapso de la Unión Soviética dejó su impronta en el congreso de 1994 con la presencia de participantes de muchos nuevos países, algunos de los cuales no habían asistido nunca: Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Bosnia, Croacia, República Checa, Eslovaquia, Eslovenia, Estonia, Georgia, Kazajistán, Letonia, Lituania, Macedonia, Moldavia, Tayikistán, Turkmenistán, Ucrania, Uzbekistán y, claro está, Rusia. La participación de muchos matemáticos de esos países fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación Soros y de INTAS, la Asociación Internacional para la Promoción de la Cooperación con Científicos de los Estados Independientes de la Antigua Unión Soviética.



Membership by Country

Albania	3	Ireland	7
Argentina	7	Israel	54
Armenia	8	Italy	48
Australia	7	Ivory Coast	5
Austria	9	Japan	236
Azerbajan	2	Jordan	2
Bahrain	1	Kazakhstan	12
Belarus	6	Korea	8
Belgium	12	Kuwait	1
Bolivia	1	Latvia	8
Bosnia	3	Lesotho	1
Botswana	1	Lithuania	6
Brazil	20	Luxembourg	1
Bulgaria	3	Macedonia	2
Canada	77	Malaysia	5
Chile	3	Maroc	3
China P.R.	33	Mauritania	1
China Taiwan	13	Mexico	16
Colombia	1	Moldova	5
Croatia	6	Mongolia	1
Cuba	2	Netherlands	17
Czech Rep.	17	New Zealand	3
Denmark	15	Nigeria	5
Ecuador	1	Norway	14
Egypt	3	Philippines	8
Estonia	10	Poland	38
Finland	16	Portugal	5
France	165	Romania	28
Georgia	7	Russia	139
Germany	199	Saudi Arabia	2
Greece	11	Senegal	3
Guatemala	4	Singapore	4
Hong Kong	8	Slovakia	6
Hungary	32	Slovenia	3
Iceland	1	South Africa	14
India	29	Spain	29
Indonesia	1	Sri Lanka	1
Iran	23	Sweden	30

Listado de los participantes por países en el congreso de Zúrich de 1994.

MATEMÁTICOS Y COMPUTADORAS

El matemático suizo Beno Eckmann, presidente de honor del congreso de 1994, en su discurso de bienvenida afinó el prepotente dicho de moda en la época «Quieran o no los matemáticos, las computadoras están aquí para quedarse», en una sentencia mucho más profunda: «Quieran o no las computadoras, la matemática está aquí para quedarse».

Oriente

Si medimos en términos de asistencia, la apertura de los congresos internacionales hacia Oriente en Kioto, Pekín y Hyderabad fue un éxito; pero mayor aún es el éxito si miramos el impacto y la implicación de las comunidades matemáticas locales.

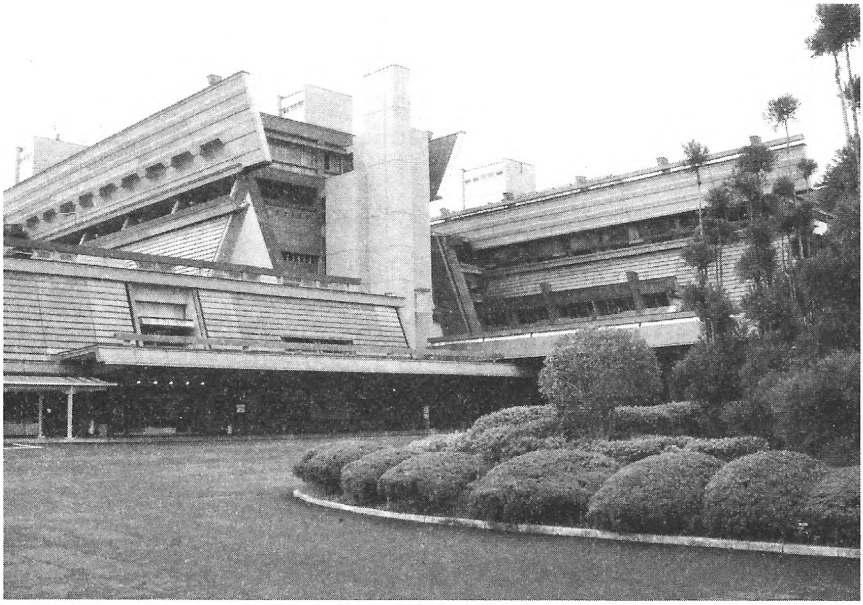
En Kioto, en 1990, la participación fue de 4.102 matemáticos, lo que Ludwig Faddeev, matemático de San Petersburgo y presidente de la Unión Matemática Internacional, consideró la asistencia más alta de la historia de los congresos, dejando así en entredicho las cifras oficiales del congreso de Moscú de 1966. De los 4.102 participantes, 2.409 eran japoneses. La devoción que puso la comunidad matemática japonesa en el éxito del congreso llegó al punto de que 1.138 de los participantes (japoneses) realizaron donaciones económicas cuya cantidad llegó a superar al resto de las subvenciones del congreso.

En Pekín, en 2002, se volvió de nuevo a batir de récord de asistencia (con la misma salvedad respecto de Moscú en 1966), pues hubo 4.270 participantes, de los que 1.973 eran chinos. El congeso contó con un fortísimo apoyo del Gobierno chino, en el que se conjugaba el tradicional respeto de la sociedad china hacia los logros científicos con el interés en la matemática como parte del apoyo a la ciencia básica con el objetivo último de la modernización del país. La presencia del presidente de la República Popular China, Jiang Zemin, en la inauguración del congreso confirmó lo anterior.

En el congreso de Hyderabad en 2010 la participación fue algo menor, 3.000 asistentes, pero la mitad procedían de la India. Fue un reto convocar el congreso en un país que, a pesar de su potencial de desarrollo, tiene todavía multitudes que viven en una tremenda probreza y con gran carencia de infraestructuras. De hecho, el plan original era celebrar el congreso en Delhi, aunque finalmente se celebró en la ciudad de Hyderabad, situada en el centro-sur de la India, donde se acumulan reputados centros de investigación (el Centro de Biología Celular y Molecular, el Centro para Diagnosis mediante la Huella del ADN, entre otros). El congreso se celebró en la zona de la ciudad conocida como Cyderabad, llamada así por la concentración de empresas tecnológicas. Al igual que en China, se contó con un gran apoyo del Gobierno indio (la presidenta del país estuvo en la ceremonia inaugural), deseoso de sacar provecho social de la ciencia, en este caso la matemática, tan unida a la historia y a la tradición hindúes.

Este movimiento hacia Oriente va mas allá de lo pasajero. Si miramos la distribución de los participantes por continentes, en el congreso de Zúrich de 1932, entre Europa y Norteamérica suponían el 83%, mientras que de Asia provenía un 4%. No fueron muy distintos los porcentajes en el congreso de Berlín de 1990. En Pekín, en cambio, el 56% provenían de Asia, mientras que los procedentes de Europa y Norteamérica suponían el 40%. En Hyderabad, el 60% provenía de Asia. Hay algo más que la simple cercanía física en estas cifras.

El congreso de Kioto de 1990 fue una perfecta combinación entre tradición y modernidad. La ciudad en sí misma ya lo es, pues, por una parte, es la antigua capital del país y centro espiritual y tradicional de la cultura japonesa, mientras que, por otra, acoge multitud de empresas innovadoras y centros científicos de renombre. La sede del congreso, el impresionante Kyoto International Conference Hall, ofrecía salas de conferencias diseñadas como modernísimos santuarios para la ciencia. En ese marco, la ceremonia de apertura desplegó toda la tradición y finura de la cortesía japonesa, plasmada en música y danzas cortesanas.



El Kyoto International Conference Hall.

El presidente honorario del congreso fue el renombrado probabilista japonés Kiyosi Itô (que en Madrid en 2006 recibiría el premio Gauss). Cuatro fueron las medallas Fields que se otorgaron: al matemático ruso Vladimir G. Drinfeld, del Instituto Steklov de Moscú, por la «amplitud, riqueza conceptual, potencia técnica y belleza de sus trabajos en grupos cuánticos y grupos unidimensionales de Galois»; al matemático neozelandés Vaughan F. R. Jones, de la Universidad de California, en Berkeley, por haber descubierto «sorprendentes relaciones entre las álgebras de Von Neumann y la topología geométrica»; al matemático japonés Shigefumi Mori, de la Universidad de Kioto, por sus trabajos sobre «los problemas relativos a la clasifica-

ción de las variedades algebraicas tridimensionales»; y al físico estadounidense Edward Witten, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, por su influencia en «el notable renacimiento de la interacción entre la matemática y la física».

Vemos un papel muy importante de la física matemática en estos premios, pues Witten era físico, y tanto Drinfield como Jones tenían una relación científica muy fuerte con la física.

Vladimir G. Drinfeld, Vaughan F.R. Jones, Shigefumi Mori, Edward Witten.

El premio Nevanlinna fue para el informático y matemático ruso Alexander A. Razborov, del Instituto Steklov de Moscú, por sus «innovadores trabajos sobre las cotas inferiores en la complejidad de circuitos».

Entre las 15 conferencias plenarias del congreso destacamos la que fue la segunda impartida por una mujer, después de la del congreso de Zúrich de 1932 por Emmy Noether: «Applications of Non-Linear Analysis in Topology», a cargo de la matemática estadounidense Karen Uhlenbeck, de la Universidad de Texas en Austin.

Karen Uhlenbeck.

SCIENCE COUNCIL OF JAPAN

El Consejo Científico de Japón se creó en 1949, tras la Segunda Guerra Mundial. Es una organización gubernamental formada por reputados científicos, cuyo objetivo es promover el desarrollo científico con el fin de mejorar la administración, la industria y el nivel de vida. Su existencia es uno de los factores que explican el desarrollo económico de Japón y, también, el sorprendente relato del matemático Hikosaburo Komatsu, presidente del congreso, sobre «el alto aprecio por la matemática por su importante papel en el desarrollo de la economía japonesa» que halló entre los ejecutivos de empresas privadas cuando se les solicitó ayuda económica para el congreso. Todo un ejemplo a seguir.

En el congreso de Pekín todo fue a lo grande. Para empezar, la ceremonia inaugural acogió a 5.000 personas entre participantes, autoridades e invitados, pero que apenas llenaban el enorme auditorio principal del Gran Palacio del Pueblo, situado en la plaza de Tiananmen (lugar donde el Partido Comunista Chino celebra sus desmesuradas reuniones). Se comenzó eligiendo como presidente del congreso al gran geómetra chino Shiing-Shen Chern, que tenía 90 años en aquel momento y había participado 66 años antes en el congreso internacional de Oslo de 1936. Como era esperable estando en la «China comunista», entre la música tradiconal y los discursos hubo tiempo para citar a Karl Marx y lo que dejó escrito sobre la matemática y la ciencia.

Vista nocturna de la fachada principal del Gran Palacio del Pueblo en Pekín.

Las medallas Fields de nuevo fueron doble noticia, obviamente por los galardonados, pero también por su número: al igual que ocurriera en Vancouver en 1974, se concedieron sólo dos medallas de las cuatro posibles. Fueron para el matemático francés Laurent Lafforgue, del Instituto de Altos Estudios Científicos, IHES, por un «gran avance en el programa de Langlands, mostrando así nuevas conexiones entre la teoría de números y el análisis»; y para el matemático ruso Vladimir Voevodsky, del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, por haber «desarrollado nuevas teorías de cohomología para variedades algebraicas, dando así nuevas visiones sobre teoría de números y geometría algebraica». Las medallas les fueron entregadas por el propio presidente de China, Jiang Zemin.

Laurent Lafforgue (izquierda) y Vladimir Voevodsky.

El premio Nevanlinna fue para el informático indio Madhu Sudan, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT, por sus contribuciones a «las pruebas probabilísticamente verificables, a la no aproximabilidad de ciertos problemas de optimización y a los códigos de correción de errores».

A la inauguración siguió un amplio banquete para los 5.000 asistentes en la Sala de Banquetes del Gran Palacio del Pueblo. Espectacular.

Siguiendo con los grandes números, el congreso acogió 20 conferencias plenarias, 174 invitadas en las secciones y 1.200 comunicaciones cortas y pósteres. Todo en consonancia con los 4.270 participantes.

De todas las conferencias plenarias, sólo una, la del medallista Fields Lafforgue, no tenía el título en inglés. Antes de comenzar, Lafforgue expresó su queja por la «do-

minación de todo el mundo por un solo país —cualesquiera que sean sus méritos—, por una sola cultura y por una sola lengua, lo que puede ser muy destructivo para la diversidad del pensamiento». Ilustrando con el ejemplo, Lafforgue impartió la conferencia en inglés mientras que las transparencias estaban escritas en chino y francés.

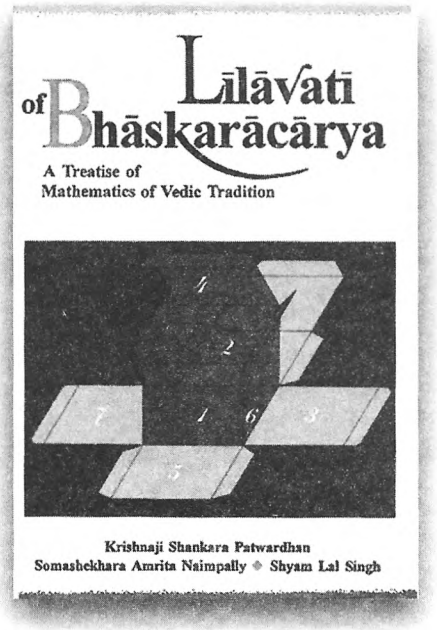
La normalización del papel de la mujer en la cooperación matemática internacional dio un paso más, pequeño pero al fin y al cabo un paso: se eligió a la primera mujer miembro del Comité Ejecutivo de la Unión Matemática Internacional, la matemática noruega Ragni Piene (cuyo padre, también matemático, aparece en la foto del grupo de los participantes en el congreso de Oslo de 1936).

Ludwig Faddeev, matemático de San Petersburgo que había presidido la Unión Matemática Internacional y muchos de sus comités, expresó el sentir de un veterano (llevaba asistiendo a los congresos internacionales desde 1962) cuando dijo:

> «La idea principal de los congresos internacionales es confirmar la unidad y la universalidad de la matemática».

En el congreso de Hyderabad de 2010 tenía que haber, y hubo, tiempo para rememorar el rico pasado de la India en lo que a matemáticas se refiere. Fue la presidenta de la India, Shrimati Pratibha Devisingh Patil, quien recordó a los grandes matemáticos hindúes: a Baudhayana, que en el siglo VIII a.C. escribió los *Baudhayana Sulva Sutra*, textos védicos con precisas instrucciones geométricas y de proporción que regían la construcción de altares; a Aryabhata, que escribió sobre temas de matemáticas y astronomía en el siglo V de nuestra era en la obra en verso que lleva su nombre, *Aryabhatiya*; a Brahmagupta, que destacó un siglo más tarde y tuvo un importante papel en el desarrollo del álgebra; a Bhaskaracharya, prolífico matemático de amplio espectro que escribió en el siglo XII los textos con los que se enseñó y aprendió aritmética y álgebra en la India durante siglos (autor del afamado libro *Lilavati*, de enseñanza de la matemática). No pudo faltar mención a Srinivasa Ramanujan, el gran matemático y héroe científico nacional indio del siglo XX.

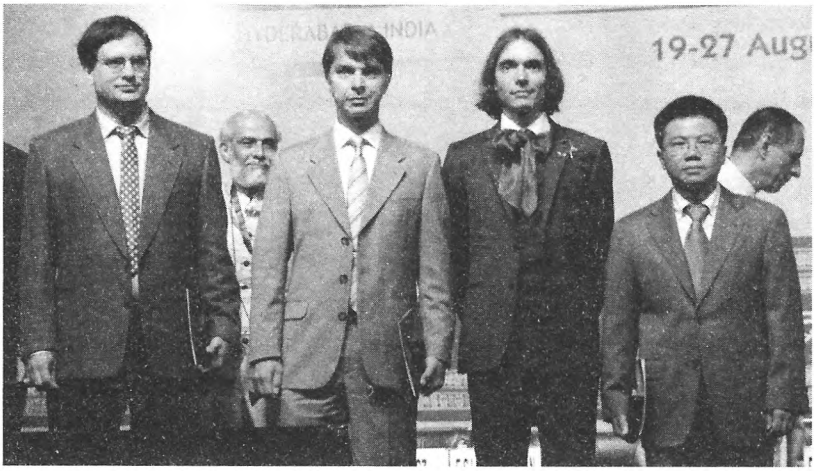
Antes de comenzar la presentación y entrega de los premios hubo lugar para ancestrales versos en sánscrito, que recitó la presidenta de la India: «Como la cresta del pavo real y la joya de la serpiente, la matemática sobresale como el timón de las ciencias», cuyo significado queda por desentrañar. También hubo antiguos refranes en telugú, la lengua del estado de Andhra Pradesh, cuya capital es Hyderabad: «Aquel que es bueno en cálculos es un gran hombre» (lo que nos tranquiliza bastante más que los versos anteriores).



Portada del libro Lilavati *de Bhaskaracharya.*

Fue la propia presidenta de la India quien entregó las cuatro medallas Fields que se concedieron en el congreso: al matemático israelí Elon Lindenstrauss, de la Universidad hebrea de Jerusalén y de la Universidad de Princeton, por «sus resultados sobre teoría ergódica y sus aplicaciones a la teoría de números»; al matemático vietnamita Ngô Bao Châu, de la Universidad de Paris-Sud en Orsay, «por su prueba del lema fundamental de la teoría de formas automorfas a través de la introducción de nuevos métodos algebraico-geométricos»; al matemático ruso Stanislav Smirnov, de la Universidad de Ginebra, por «su prueba de la invarianza conforme de la percolación y del modelo plano de Ising en física estadística», y al matemático francés Cédric Villani, del Instituto Henri Poincaré de París, por «su prueba de la amortiguación de Landau y la convergencia al equilibrio de la ecuación de Boltzmann».

Respecto de los demás premios, el Nevanlinna fue para el matemático estadounidense Daniel Spielman, de la Universidad de Yale, por sus trabajos sobre grafos y algoritmos, y el premio Gauss, para el matemático francés de 72 años Yves Meyer, cuyas contribuciones a la teoría de wavelets (ondículas) han tenido un profundo impacto en muchos campos tecnológicos, especialmente en el procesamiento de señales.



Las medallas Fields de 2010: de izquierda a derecha, Elon Lindenstrauss, Stanislav Smirnov, Cédric Villani y Ngô Bao Châu.

Fue éste el congreso de los premios, pues se anunció y concedió por primera vez un premio nuevo: la medalla Chern, en honor del matemático chino Shiing-Shen Chern, que premia una vida dedicada a grandes logros en matemáticas. La peculiaridad del premio que se recibe está en que tiene dos partes: 250.000 dólares para el premiado y otros 250.000 dólares para «causas matemáticas» a escoger por el premiado. Se concedió al matemático canadiense de 85 años Louis Nieremberg, principal fundador del área de ecuaciones elípticas no lineales.

Hubo un premio más, pero seguramente agotada ya la paciencia del lector (y del autor) no nos referiremos a él, pues se concedía por primera y única vez.

UN LIBRO SOBRE LOS CONGRESOS

El congreso de Madrid en 2006 fue el número 25 de la serie de los congresos internacionales de matemáticos. Por ello la Unión Matemática Internacional quiso celebrarlo organizando una exposición, consistente en una crónica visual de la historia de los congresos y su significado. Recogía unas 500 imágenes de universidades y archivos públicos y privados. El contenido de la exposición se plasmó en el libro *Mathematician of the World, Unite! The International Congress of Mathematicians - A Human Endeavor.* En el congreso de Hyderabad de 2010 este libro fue el regalo oficial de la Unión Matemática Internacional a los medallistas Fields y demás premiados. Quien escribe estas líneas fue el comisario de la exposición y autor del libro.

Dos noticias al concluir el congreso. La primera, la sede del siguiente congreso estará en Seúl en 2014. Competían los coreanos con la propuesta brasileña de celebrar el congreso en Río de Janeiro, donde hay un muy importante centro de investigación matemática, pero la oferta de Corea de ofrecer 1.000 becas para facilitar la asistencia de matemáticos jóvenes de países en desarrollo inclinó la balanza a su favor. La segunda noticia: la Unión Matemática Internacional eligió de presidente para el periodo 2010-2014, en este caso fue presidenta, a la física y matemática belga Ingrid Daubechies, de la Universidad de Princeton, de 56 años, que fue conferenciante plenaria en el congreso de Zúrich de 1994.

Capítulo 8

La hipótesis de Riemann

«Recientemente se han hecho avances esenciales sobre la distribución de los números primos por Hadamard, De la Vallée-Poussin, Von Mangoldt y otros. En todo caso, para la completa solución de los problemas planteados por el artículo de Riemann "Sobre los números primos menores que una magnitud dada", queda por probar la verdad de una afirmación de Riemann extremadamente importante, a saber, que los ceros de la función $\zeta(s)$ definida por la serie

$$\zeta(s)=1+\frac{1}{2^s}+\frac{1}{3^s}+\frac{1}{4^s}+\cdots$$

tienen todos parte real $\frac{1}{2}$, excepto los bien conocidos ceros enteros negativos. Tan pronto como esta prueba quede exitosamente establecida, el siguiente problema consitiría en estudiar con más exactitud la serie infinita de Riemann para los números primos menores que un número dado y, especialmente, decidir si la diferencia entre el número de primos menores que un número x y el logaritmo integral de x de hecho se hace infinita con un orden no superior de $\frac{1}{2}$ en x.»

Así explicaba David Hilbert el problema que ahora conocemos como «hipótesis de Riemann» cuando presentó la lista de sus 23 problemas en el congreso internacional de matemáticos de París de 1900, hace ahora 111 años. Es el problema VIII de la lista y uno de los dos que quedan sin resolver (ya comentamos que esta afirmación necesita precisiones).

La hipótesis de Riemann forma parte, asimismo, de los siete «problemas del milenio». Según palabras de Enrico Bombieri, que fue medallista Fields en el congreso de 1974 celebrado en Vancouver, «en opinión de muchos matemáticos, la hipótesis de Riemann es probablemente el problema abierto más importante de las matemáticas actuales».

LOS PROBLEMAS DEL MILENIO

En 1988, el acaudalado financiero y amante de las matemáticas Landon T. Clay fundó el Clay Mathematics Institute con el objetivo de «incrementar y diseminar el conocimiento matemático». En el año 2000, y como celebración del comienzo del nuevo milenio, se anunció la creación de un premio para la resolución de siete problemas matemáticos de gran dificultad e importancia, para los que se otorgaba un millon de dólares por cada uno de ellos. Un grupo de reputados matemáticos elaboró la lista de problemas. Uno de ellos ya ha sido resuelto, la conjetura de Poincaré, por Grigori Perelman, quien, al igual que hiciera con la medalla Fields, ha rechazado el premio (véase la web http://www.claymath.org/millennium/).

En lo que sigue intentaremos dar un explicación de la hipótesis de Riemann lo más ajustada posible a la verdad, a la vez que dirigida al público general no versado en matemáticas. No será una empresa sencilla, por lo que todos, autor y lectores, deberemos poner tesón en ello. Necesitamos dos requisitos previos para exponer el problema: entender la idea de una suma infinita e imaginar, sin sobresalto, los números complejos (también llamados imaginarios).

Sumas infinitas y números complejos

Comencemos dando sentido a una suma infinita con un ejemplo (relacionado con la paradoja de Aquiles y la tortuga):

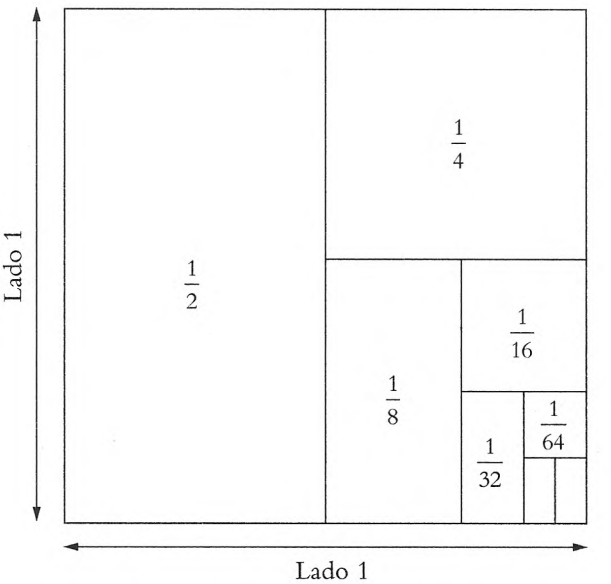
$$\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\cdots+\frac{1}{2^n}+\cdots=1.$$

Aquí la letra n en 2 significa que vamos tomando potencias de 2 cada vez mayores. Que «la suma infinita de 1» significa algo muy preciso, a saber: que si sumamos suficientes términos el resultado será un número muy cercano a 1.

Veámoslo: si sumamos los 33 primeros términos obtenemos (mediante una sencilla fórmula, que evitamos probar ahora):

$$\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\cdots+\frac{1}{2^{33}}=\frac{\frac{1}{2}-\frac{1}{2^{33+1}}}{1-\frac{1}{2}}=1-\frac{1}{2^{33}}.$$

Ahora, si en lugar de 33 tomamos un número n de sumandos, el resultado estará tan próximo a 1 como deseemos, simplemente haciendo que n sea muy grande, pues la diferencia con 1 será $\frac{1}{2^n}$, que, como es evidente, se hace muy pequeño al crecer n.



Representación geométrica de una suma infinita que da 1.

Ahora bien, hay sumas infinitas que «no suman ningún número», como:

$$1-1+1-1+1-1+\cdots-1+1\cdots$$

Veámoslo: si nos fijamos, cada vez que sumamos una cantidad par de términos el resultado será 0, pues habrá tantos +1 como −1, mientras que si sumamos una cantidad impar, los términos positivos y negativos se irán agrupando de dos en dos para sumar cero y nos quedará el último, que será un 1. De esta forma, según vamos avanzando en la suma el resultado va siendo alternativamente 0 y 1, lo que no se aproxima a ningún número. Decimos en este caso que esa suma infinita no se puede realizar o que «no converge».

Hay un caso distinto e importante: cuando la suma se hace infinita, es decir, cuando la suma no se acerca a ningún número, sino que se va haciendo grande en tamaño, superando cualquier cantidad posible. Un ejemplo obvio es

$$1+2+3+4+\cdots+n+\cdots$$

Pero lo mismo puede ocurrir aunque vayamos sumando cada vez una cantidad más pequeña. Veamos un ejemplo (que además tiene nombre, la *serie armónica*):

$$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\cdots+\frac{1}{n}+\cdots. \tag{1}$$

Para comprobar que la suma puede ser tan grande como se quiera, hagamos la siguiente manipulación:

$$\begin{aligned}1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\frac{1}{5}+\frac{1}{6}+\frac{1}{7}+\frac{1}{8} &= 1+\frac{1}{2}+\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{4}\right)+\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{6}+\frac{1}{7}+\frac{1}{8}\right)\\ &\geq 1+\frac{1}{2}+\left(\frac{1}{4}+\frac{1}{4}\right)+\left(\frac{1}{8}+\frac{1}{8}+\frac{1}{8}+\frac{1}{8}\right)\\ &= 1+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\\ &= 1+\frac{3}{2}.\end{aligned}$$

Observemos que si añadimos más términos de la suma, por ejemplo, desde $\frac{1}{9}$ hasta $\frac{1}{16}$, usando la idea anterior,

$$\frac{1}{9}+\frac{1}{10}+\cdots+\frac{1}{15}+\frac{1}{16}\geq\frac{1}{16}+\frac{1}{16}+\cdots+\frac{1}{16}+\frac{1}{16}=\frac{1}{2},$$

obtendremos $1+\frac{4}{2}$ en lugar de $1+\frac{3}{2}$. Así vemos que el resultado se puede hacer tan grande como se desee sin más que añadir suficientes términos de la suma. Decimos en este caso que la suma «diverge a infinito» y escribimos

$$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\cdots+\frac{1}{n}+\cdots=\infty.$$

Acordemos escribir las situaciones anteriores, por mera comodidad de la expresión, así:

$$\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}+\cdots\frac{1}{2^n}+\cdots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^n}=1$$

$$1+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{4}+\cdots+\frac{1}{n}+\cdots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}=\infty.$$

Pasemos ahora a los números complejos. Comenzamos, como nuestros antepasados, con los números de contar 1, 2, 3..., que llamamos números naturales. Después añadimos, para poder hacer operaciones de débito comercial, los números negativos (antes hemos añadido, gracias a los hindúes, el cero), y tenemos:

$$\ldots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \ldots$$

Para poder realizar reparticiones y prorrateos, añadimos también las fracciones $\frac{m}{n}$, donde m y n son dos números cualesquiera (salvo que siempre debe ser $n \neq 0$). Hasta aquí hemos conseguido todos los números que al escribir con parte entera y parte decimal, esta última tiene unas cifras que se repiten indefinidamente, por ejemplo,

$$7{,}631455455455455\ldots$$

Añadiendo a los anteriores aquellos números cuya parte decimal no obedece a ninguna regla (los hay: $\sqrt{2}$, π y muchos más) conseguimos un gran conjunto de números que llamamos *números reales*. Se suelen dibujar sobre una recta y resuelven todos los problemas. Casi todos.

Cuando en pleno Renacimiento italiano el matemático Rafael Bombelli quiso resolver las ecuaciones de tercer grado, recurrió, como mero artificio técnico, a la raíz cuadrada de números negativos (lo cual, en principio, no puede existir, pues el cuadrado de cualquier número es siempre positivo).

Costó varios siglos, pero al final se logró dar sentido a seres tan extraños como las raíces cuadradas de números negativos. Para ello se tuvieron que inventar los *números complejos*.

La forma menos traumática (pero también menos evocadora) de entenderlos es verlos como pares de números reales (a, b). Con ellos podemos operar, sumando, restando y multiplicando por números reales:

$$(2,5) + (7,-1) = (9,4), \quad (3,5) - (4,1) = (-1,4), \quad 3 \cdot (7,-2) = (21,-6).$$

Se pueden también multiplicar entre sí pero, en este caso, para que todo funcione correctamente, la forma es un tanto enrevesada:

$$(2,5) \cdot (3,4) = (2 \cdot 3 - 5 \cdot 4, 2 \cdot 4 + 5 \cdot 3) = (-14,23).$$

Manejar números complejos se simplifica si los escribimos de la forma siguiente:

$$s = (a,b) = a \cdot (1,0) + b \cdot (0,1) = a + b \cdot i,$$

donde $i=(0,1)$ y $(1,0)=1$. Al número complejo i se le llama *unidad imaginaria* y cumple una propiedad sorprendente:

$$i^2=i\cdot i=(0,1)\cdot(0,1)=(0\cdot 0-1\cdot 1, 0\cdot 1+1\cdot 0=(-1,0)=-1.$$

Es decir, se cumple que $i^2=-1$; dicho de otra forma, $\sqrt{-1}=i$. Luego ¡existe la raíz cuadrada de -1! , pero es un número complejo.

Nos quedan dos cosas: utilidad e intuición. La utilidad de los números complejos es absoluta, pues, gracias a un importante resultado (el teorema fundamental del álgebra), toda ecuación polinómica con coeficientes reales, por ejemplo,

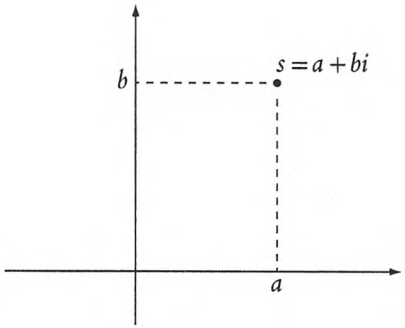
$$9x^6-75x^5-3x^2+8=0,$$

tiene tantas soluciones *complejas* como grado, es decir, en el ejemplo serán 6. Esto no ocurre si consideramos sólo raíces reales; por ejemplo, $x^2+1=0$ no tiene ninguna solución real, pero tiene dos soluciones complejas.

Para poder intuir los números complejos lo mejor es dibujarlos en un plano con dos ejes, donde el número complejo $s=a+bi$ corresponda con el punto que tiene coordenada horizontal a y coordenada vertical b. Al eje horizontal lo llamamos eje real, y al vertical, eje imaginario. Por ello, si $s=a+bi$, decimos que a es la parte real de s, y escribimos $\Re(s)=a$, y que b es la parte imaginaria de s, y escribimos $\Im(s)=b$ (son éstos símbolos extraños, pero la tradición manda).

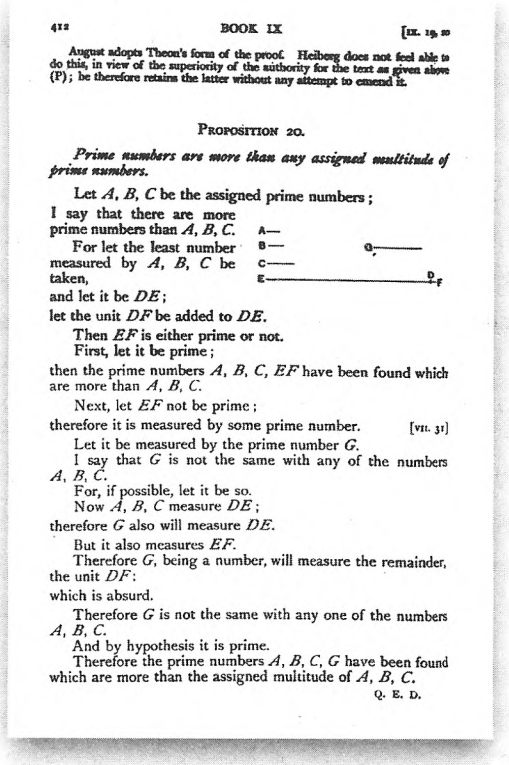
Dos ejemplos a la vista de lo anterior (no inocentes, merece la pena pensarlos):

- $\Re(s)=\dfrac{1}{2}$ es la ecuación de la recta vertical que pasa por el punto $\dfrac{1}{2}$ del eje horizontal;
- la ecuación $\Re(s)>1$ corresponde al semiplano situado a la derecha de la recta vertical que pasa por el punto 1 del eje horizontal (sin incluir la propia recta, pues en ella $\Re(s)=1$).



Euclides y Euler, la infinitud de los números primos

Ya comentamos que la primera prueba de que hay infinitos números primos se debe a Euclides, lo que no quiere decir que la hiciera él mismo sino que aparece en su libro *Elementos*, en concreto en la Proposición 20 del Libro IX.



412 BOOK IX [IX. 19, 20

August adopts Theon's form of the proof. Heiberg does not feel able to do this, in view of the superiority of the authority for the text as given above (P); he therefore retains the latter without any attempt to emend it.

PROPOSITION 20.

Prime numbers are more than any assigned multitude of prime numbers.

Let *A*, *B*, *C* be the assigned prime numbers;
I say that there are more prime numbers than *A*, *B*, *C*.
For let the least number measured by *A*, *B*, *C* be taken,
and let it be *DE*;
let the unit *DF* be added to *DE*.
Then *EF* is either prime or not.
First, let it be prime;
then the prime numbers *A*, *B*, *C*, *EF* have been found which are more than *A*, *B*, *C*.
Next, let *EF* not be prime;
therefore it is measured by some prime number. [VII. 31]
Let it be measured by the prime number *G*.
I say that *G* is not the same with any of the numbers *A*, *B*, *C*.
For, if possible, let it be so.
Now *A*, *B*, *C* measure *DE*;
therefore *G* also will measure *DE*.
But it also measures *EF*.
Therefore *G*, being a number, will measure the remainder, the unit *DF*;
which is absurd.
Therefore *G* is not the same with any one of the numbers *A*, *B*, *C*.
And by hypothesis it is prime.
Therefore the prime numbers *A*, *B*, *C*, *G* have been found which are more than the assigned multitude of *A*, *B*, *C*.
Q. E. D.

Los Elementos *de Euclides, prueba de la infinitud de los números primos. La página reproducida corresponde a la edición* The Thirteen Books of Euclid's Elements, Translated from the Text of Heiberg with Introduction and Commentary by Thomas L. Heath, *Nueva York, Dover Publications, 1956.*

El de Euclides es un argumento de una bella simplicidad:

Si hubiera sólo una cantidad finita de números primos, digamos $p_1, p_2, \cdots p_k$, formamos el número

$$N = p_1 \cdot p_2 \cdots p_k + 1.$$

Este número N no puede ser primo, pues es mayor que todos los $p_1, p_2, \cdots, p_k$. Pero entonces debe tener un divisor primo q. Supongamos que q coincide con alguno de los números p_1, o $p_2 \cdots$ o p_k. Entonces q divide a N y también divide a $p_1 \cdot p_2 \cdots p_k$. Como se cumple que $1 = N - p_1 \cdot p_2 \cdots p_k$, se tendría que q divide a 1, lo que no es posible.

Por lo tanto, q es un primo que no está en la lista inicial, luego esta lista no era completa. Un poco de reflexión muestra que ninguna lista finita será completa, pues siempre podremos repetir el argumento anterior. Luego los números primos son infinitos.

Consideremos la cuestión de la «densidad» de un conjunto infinito de números naturales. Mirando distintos conjuntos infinitos, unos pueden ser mas «frecuentes» que otros. Consideremos, por ejemplo, la densidad de los números pares dentro de todos los números. Si N es un número, escribamos $P(N)$ para la cantidad de números pares menores o iguales que N. Entonces se cumple que si N es par, $P(N) = \frac{N}{2}$, y si N es impar, $P(N) = \frac{(N-1)}{2}$. Luego si N es par,

$$\frac{P(N)}{N/2} = 1,$$

y si N es impar,

$$\frac{P(N)}{N/2} = 1 - \frac{1}{N}.$$

Obsérvese que esta última cantidad se aproxima tanto como se quiera a 1, sin más que hacer N muy grande. Es cómodo escribir el hecho anterior como

$$P(N) \sim \frac{N}{2},$$

lo que significa que el cociente de esas dos cantidades es tan próximo a 1 como se quiera; tomando N lo suficientemente grande,

$$\frac{P(N)}{N/2} \sim 1.$$

Podemos pensar entonces que la totalidad de los números y los números pares son «comparables», es decir, la frase «hay la mitad de pares que números» tiene un sentido correcto (a pesar de que ambos son conjuntos infinitos). Si repitiéramos lo que acabamos de hacer para los múltiplos de 3, obtendríamos $\frac{N}{3}$, y para los múltiplos de 5, obtendríamos $\frac{N}{5}$.

Veamos que para comparar conjuntos infinitos de números, es decir, para pensar sobre su densidad, podemos usar las sumas infnitas. Si escribimos la suma infinita de los inversos de los números pares, obtenemos:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} = \infty.$$

La suma infinita $\sum \frac{1}{2n}$ diverge a infinito, como lo hace la suma infinita $\sum \frac{1}{n}$ de los inversos de todos los números, lo que concuerda con que los números naturales y los números pares sean comparables.

Por otra parte, como la suma infinita $\sum \frac{1}{2^n}$ converge, podemos deducir que las potencias de dos, $\{2, 2^2, 2^3, 2^4, \ldots\}$, aun formando un conjunto infinito, son lo suficientemente «pocas» como para que la serie de sus inversos ya no sume infinito, como hace la suma los inversos de todos los números.

Veamos un ejemplo importante sobre densidad de conjuntos infinitos. Durante casi cien años estuvo sin resolver el problema de hallar la suma de los inversos de los cuadrados de los números:

$$1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16} + \frac{1}{25} + \cdots$$

Muchos fueron los matemáticos de los siglos XVII y XVIII que intentaron resolverlo. Se le conoce como problema de Basilea, pues fue Leonhard Euler, quien entonces vivía en esa ciudad suiza, quien probó en 1735 que la suma es finita y halló su valor exacto:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}. \tag{2}$$

Aparte de quedarnos boquiabiertos con el resultado de la suma, podemos concluir lo mismo que antes hicimos para las potencias de dos: los cuadrados de los números «son pocos» dentro de la infinitud de todos los números.

En su libro *Introductio in Analysin Infinitorum*, publicado en 1748, Euler probó una importante fórmula, que obtuvo manipulando de forma sencilla pero ingeniosa la expresión de los números en factores primos; es conocida como la fórmula del producto de Euler:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} = \prod_{p} \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{p^s}\right)}, \tag{3}$$

donde el símbolo, de forma análoga al símbolo para la suma, significa que se realiza un producto de infinitos factores. Al situar una pequeña letra p bajo el símbolo del producto estamos indicando que hay un factor de esa forma por cada número primo, recorriéndolos todos. Veamos un ejemplo, para $s=2$,

$$\prod_p \frac{1}{\left(1-\frac{1}{p^2}\right)} = \frac{1}{\left(1-\frac{1}{2^2}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1-\frac{1}{3^2}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1-\frac{1}{5^2}\right)} \cdot \frac{1}{\left(1-\frac{1}{7^2}\right)} \cdots$$

Con la fórmula anterior (3), Euler pudo mejorar el resultado de infinitud de los números primos dando información sobre su «densidad»:

$$\sum_p \frac{1}{p} = \infty,$$

es decir, la suma infinita de los inversos de los números primos diverge a infinito. A la vista de las interpretaciones que hemos hecho antes, podemos deducir de aquí que la densidad de los números primos dentro de todos los números es «alta». La cuestión entonces es ¿cómo de alta es la densidad de los primos?

Gauss y la distribución de los primos

Gauss, en 1792, con 15 años, basándose en la observación empírica (es decir, calculando y mirando tablas de números primos) y en su fina intuición matemática, llegó a la conclusión de que la densidad de los números primos debía estar regida por el logaritmo, en el sentido preciso siguiente: si llamamos $\Pi(N)$ al número de números primos menores que N, entonces:

$$\Pi(N) \sim \frac{N}{\log N}. \tag{4}$$

Ciertos trabajos de matemático francés Adrien-Marie Legendre sobre 1800 iban en la misma dirección, pero sin dar pruebas del resultado (se conocieron antes que las ideas de Gauss, pues éstas no fueron públicas hasta más de cincuenta años después).

El primer resultado positivo lo obtuvo el matemático ruso Pafnuty Lvovich Tchebyschev en 1850 al probar que

$$0,89 < \frac{\Pi(N)}{N/\log N} < 1,11,$$

cuando N es muy grande, lo que se puede interpretar en el sentido de que el «error relativo» en la aproximación de $\Pi(N)$ por $N/\log N$ es menor del 11 %.

Fueron el matemático francés Jacques Hadamard y el matemático belga Charles de la Vallée Poussin los que en 1896, de forma independiente, probaron el resultado (4), conocido como *teorema de los números primos*, que establece la «distribución» asintótica de los números primos dentro de los números naturales. El adjetivo de «asintótica» alude al hecho de que lo que se prueba, al involucrar un límite, establece una relación entre $\Pi(N)$ y $N/\log N$ para valores muy grandes de N.

Riemann y la función zeta

El matemático alemán Bernhard Riemann, en el artículo de 1859 que citaba Hilbert, «Über die Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Grösse», estudió con gran detalle la distribución de los números primos. Para ello se valió de una serie de técnicas y herramientas teóricas no utilizadas anteriormente en ese campo. El artículo es corto, ocho páginas, pero ha dejado una enorme estela de consecuencias en la matemática.

Bernhard Riemann.

Partió Riemann de la fórmula del producto de Euler (3), donde introdujo la novedad de usar números complejos, creando así una función, que se ha venido a llamar *función zeta de Riemann*:

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}. \tag{5}$$

Observemos que la función viene definida por una suma infinita y que cada término de esa suma es el inverso de n^s, donde n es un número natural, pero s es un número complejo. Puede aparecernos, por ejemplo, 7^{2+3i}. No vamos a entrar en el detalle técnico de cómo se realiza esta operación, puesto que no es relevante para la discusión que sigue.

Como la función ζ está definida por una suma infinita, sólo tendrá sentido para aquellos números complejos s que hagan convergente la suma infinita. Por ejemplo, sabemos que la serie armónica (1) diverge a infinito, lo que expresado en términos de la función zeta significa que

$$\zeta(1) = \infty.$$

Sabemos también que la suma de los inversos de los cuadrados de todos los números naturales es convergente y conocemos su suma (2), porque la halló Euler, lo que expresado en términos de la función zeta significa que:

$$\zeta(2) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}.$$

Riemann comprobó que la suma infinita que usó para definir la función zeta era convergente en todos los números complejos del semiplano $\Re(s)>1$ (del que hemos hablado al ver los números complejos). Eso es algo sencillo de probar.

Más ingeniosa fue la manera en que consiguió probar que la función zeta se podía calcular para todos los números complejos, aunque para ello ya no pudiese usar la suma infinita (5). En realidad no se puede calcular para todos los números complejos, pues cuando consideramos $s = 1$, sabemos que $\zeta(1) = \infty$, y eso no se puede cambiar. En conclusión: Riemann probó que la función zeta, $\zeta(s)$, se podía calcular para todos los números complejos, salvo en $s = 1$, donde se hace infinita.

Los ceros de la función zeta

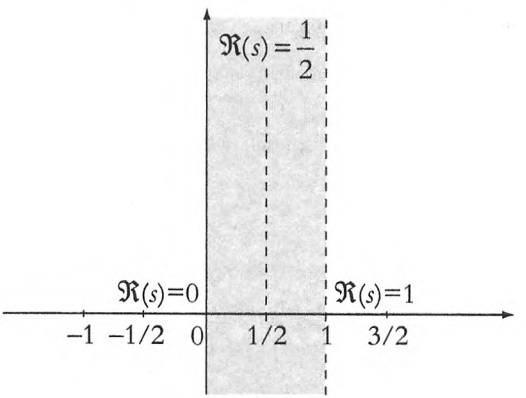
Un cero de la función zeta es un número complejo s que cumple

$$\zeta(s)=0.$$

Existen unos ceros de la función zeta, que son llamados ceros triviales, en los números enteros pares negativos, es decir,

$$\zeta(-2)=0, \quad \zeta(-4)=0, \quad \zeta(-6)=0,\ldots$$

Pero los interesantes no son éstos, sino los restantes, llamados ceros no triviales. Riemann probó que los ceros no triviales de la función zeta están en la franja del plano comprendida entre las rectas verticales $\Re(s)=0$ y $\Re(s)=1$. Y aquí es donde apareció por primera vez la importante *recta crítica* $\Re(s)=\frac{1}{2}$.



Si tomamos un número real cualquiera T, pensemos en los ceros de la función zeta que están sobre la recta $\Re(s)=\frac{1}{2}$ y cuya parte imaginaria está entre 0 y T. Es decir:

$$\zeta\left(\frac{1}{2}+ti\right)=0, \text{siendo } 0\le t\le T.$$

La cantidad de ceros de esa forma la vamos a escribir así:

$$\#\left\{s=\frac{1}{2}+ti : 0\le t\le T, \zeta(s)=0\right\}.$$

No se conoce una fórmula para esta cantidad, pero Riemann escribió en su artículo una estimación asintótica de ella, concretamente:

$$\#\left\{s=\frac{1}{2}+ti : 0\le t\le T, \zeta(s)=0\right\}\sim \frac{T}{2\pi}\log\frac{T}{2\pi}-\frac{T}{2\pi}. \qquad (6)$$

Es decir, si hacemos el cociente de las dos cantidades anteriores, estará tan próximo a 1 como se quiera, sin más que tomar T lo suficientemente grande

$$\frac{\#\left\{s=\frac{1}{2}+ti : 0\le t\le T, \zeta(s)=0\right\}}{\frac{T}{2\pi}\log\frac{T}{2\pi}-\frac{T}{2\pi}}\sim 1.$$

Riemann no aportó ninguna prueba de la afirmación anterior, y hasta el día de hoy, a pesar del trabajo de muchos matemáticos y de una cierta cantidad de avances, no se ha logrado probar su verdad (ni su falsedad).

La estimación anterior (6) llevó a Riemann a pensar, y a afirmar en su artículo, lo siguiente:

> «Es muy probable que todos los ceros [estén sobre la recta $\Re(s)=\frac{1}{2}$]. Sin duda sería deseable tener una prueba rigurosa de esto, pero he dejado a un lado la investigación de tal prueba después de algunos intentos infructuosos, ya que no es necesario para el objetivo inmediato de mi estudio».

Es decir, creía Riemann muy posible que todos los ceros no triviales de la función zeta estuvieran sobre la recta crítica $\Re(s)=\frac{1}{2}$. Esta afirmación es la que ha pasado a la historia y conocemos hoy como «hipótesis de Riemann».

Concluyamos. En principio, la hipótesis de Riemann era una afirmación lateral dentro del artículo, cuyo objetivo era otro, hallar una fórmula para el número de primos menores que una cantidad dada, $\prod(N)$. Riemann dio en el artículo una complicada expresión para $\prod(N)$, que involucra sumas infinitas. Hoy sabemos que la hipótesis de Riemann permite, y de hecho es equivalente, a una estimación muy precisa de $\prod(N)$.

Riemann murió con 39 años en 1866. Han pasado 145 años desde su muerte y 152 años desde que plantease su hipótesis. El problema sigue sin resolverse.

Bericht

über die

zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königl. Preufs. Akademie der Wissenschaften zu Berlin

im Monat November 1859.

Vorsitzender Sekretar: Hr. Encke.

3. Nov. Gesammtsitzung der Akademie.

Hr. Steiner las über einige allgemeine Bestimmungsarten der Curven und Flächen zweiter Ordnung und daraus folgenden Sätzen.

Hierauf trug Hr. Kummer folgende von Hrn. Riemann, Correspondenten der Akademie, mittelst eines an den Sekretar Hrn. Encke gerichteten Schreibens vom 19. October d. J. eingesandte Mittheilung „über die Anzahl der Primzahlen unter einer gegebenen Gröfse" vor:

Meinen Dank für die Auszeichnung, welche mir die Akademie durch die Aufnahme unter ihre Correspondenten hat zu Theil werden lassen, glaube ich am besten dadurch zu erkennen zu geben, dafs ich von der hiedurch erhaltenen Erlaubnifs baldigst Gebrauch mache durch Mittheilung einer Untersuchung über die Häufigkeit der Primzahlen; ein Gegenstand, welcher durch das Interesse, welches Gauss und Dirichlet demselben längere Zeit geschenkt haben, einer solchen Mittheilung vielleicht nicht ganz unwerth erscheint.

Bei dieser Untersuchung diente mir als Ausgangspunkt die von Euler gemachte Bemerkung, dafs das Product

$$\Pi \frac{1}{1-\frac{1}{p^s}} = \Sigma \frac{1}{n^s},$$

Página del artículo original de Riemann.

Bibliografía

Las actas originales de todos los congresos internacionales celebrados se pueden consultar en la página web de la Unión Matemática Internacional: http://www.mathunion.org/ICM/

ALBERS, D. J., ALEXANDERSON, G.L.; REID, C., *International Mathematical Congresses. An Illustrated History, 1893-1986*, Berlín, Springer Verlag, 1986. http://www.mathunion.org/ICM/History/history.ocr.pdf

CURBERA, G.P., *Mathematician of the World, Unite! The International Congress of Mathematicians - A Human Endeavor.* Wellesley, AK Peters, 2009.

DU SAUTOY, M., *La música de los números primos*, Barcelona, Acantilado, 2007.

DURÁN, A.J., *Vida de los números*, Madrid, T-Ediciones, 2006.

EDWARDS, H.M., *Riemann's Zeta Function*, Nueva York, Dover, 1974.

HADAMARD, J., *Psicología de la invención en el campo matemático*, Buenos Aires, Espasa-Calpe, 1947.

LEHTO, O., *Mathematics Without Borders. A History of the International Mathematical Union*, Berlín, Springer Verlag, 1998.

MONASTYRSKY, M., *Modern Mathematics in the Light of the Fields Medal*, Wellesley, AK Peters, 1998.

NASAR, S., GRUBER, D., *Manifold Destiny: A legendary problem and the battle over who solved it.* The New Yorker, 26 de agosto de 2006. http://www.newyorker.com/archive/2006/08/28/060828fafact2?currentPage=all

WIGNER, E.P., *The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences.* Communications on Pure and Applied Mathematics (1960), vol. 13, pg. 1–14.

YANDELL, B.H., *The Honors Class: Hilbert's Problems and Their Solvers*, Wellesley, AK Peters, 2002.

Índice analítico

Academia de San Petersburgo 16
Académie Royales des Sciences de París 16
Accademia dei Lincei 36, 40, 73
Acta Eruditorum 17
Ahlfors, Lars V. 57, 59-60, 68, 83, 108-109
Aiken, Howard 73-74
álgebra 70, 72, 100, 107, 115, 130, 134, 144
análisis 72, 90, 100, 107, 108, 121, 125, 133
  funcional 81, 115
anillos borromeos 125
Arquímedes 9-11, 66, 123
arte fractal 122
astronomía 49, 57, 134

Banach, Stefan 57, 105-106, 115
Bieberbach, Ludwig 52, 55, 57
Bombelli, Rafael 54, 143
Bombieri, Enrico 68, 97-98, 139
Bourbaki, Nicolás 86, 90-95

calculadora 35, 77-78
cálculo
  de probabilidades 54, 57
  infinitesimal 10, 40
Cambdridge Scientific Instrument Company 41
Cantor, Georg 19-20, 25, 29, 32, 34, 86, 115
Carleson, Lennart 88, 104
Clay Mathematics Institute 140
Codex Vigilanus 123
computación 70, 96, 109, 116, 126
conferencias plenarias 23, 34, 37, 46, 50, 81, 83, 96
Congresos Internacionales de Matemáticos 12, 13, 21, 26, 111, 136
  Ámsterdam 1954 12, 68, 76, 78, 79, 81
  Berkeley 1986 14, 69, 100, 108, 110-112
  Berlín 1998 14, 67, 69, 113-114, 117-118
  Bolonia 1928 53, 58, 60
  Cambridge 1912 38, 40, 42, 46, 50, 53, 57, 60
  Chicago 1893 20-21
  Edimburgo 1958 68, 76, 80, 84, 85
  Estocolmo 1962 68, 76, 82
  Estrasburgo 1920 45-46, 57
  Harvard 1950 13, 68, 71-76
  Heidelberg 1904 33, 38, 39, 60, 113
  Helsinki 1978 68, 100-103, 108, 115
  Hyderabad 2010 69, 113, 128, 129, 134, 136
  Kyoto 1990 61, 69, 130
  Madrid 2006 14, 69, 70, 113, 118-125, 130, 136
  Moscú 1966 64, 66, 68, 85-90, 129
  Niza 1970 68, 92-96, 100, 115
  numeración 57
  Oslo 1936 14, 55-59, 68, 71, 108, 132, 134
  París 1900 27-33, 60, 92, 139
  Pekín 2002 14, 69, 113, 129
  regulaciones de los congresos 25
  Roma 1908 36-40, 60
  Seúl 2014 113, 137
  Toronto 1924 49-51, 54, 57, 59, 63, 64
  Vancouver 1974 66-68, 95-99, 107, 133, 139
  Varsovia 1982-1983 64, 69, 100, 105-110
  Zúrich 1897 13, 21-27, 42, 60, 84
  Zúrich 1932 55-57, 59, 61, 94, 108, 129, 131
  Zúrich 1994 67, 69, 113, 125-128, 137
conjetura de Poincaré 86, 109, 119
Connes, Alain 64, 107

Darwin, Charles 41
Daubechies, Ingrid 127, 137
Deutsche Mathematik 52
Dieudonné, Jean 90-91, 94

Directorio Internacional de Matemáticos 25
distribución de los primos 129, 139, 148-149

École Polytechnique 16
educación matemática 37
enciclopedia matemática 90-91
Escher, Maurits Cornelis 78-79
escritura maya 83
Euclides 24, 91, 145
Euler, Leonhard 16, 25, 36, 41, 145-153

fascismo 55
Fermat, último teorema de 67, 116, 127
Fields, John Charles 49, 59-60, 63-66
física 34, 37, 115, 121, 129, 131, 135, 137
función zeta 73, 115, 149-153

Galilei, Galileo 40, 54
Gauss, Carl Friedrich 10-11, 24, 70, 148-149
geometría 35, 55, 95, 107
  algebraica 77, 81, 86, 97, 107, 115, 120, 133
  diferencial 100, 107
Gran Guerra 8, 45, 57, 71, 90
Grothendieck, Alexander 64, 68, 86, 87, 90
Guccia, Giovanni 19
Guerra Fría 85-112
Guzmán, Miguel de 38

Hadamard, Jacques 7, 24, 38, 54, 73, 74, 139, 149
Hardy, Godfrey Harold 47, 73
Hermite, Charles 20, 25, 35
Hilbert, David 15, 27-34, 52-55, 110, 117, 139
hipótesis
  de Riemann 139-153
  del continuo 34
historia de la matemática 25, 102
Humbold, Wilhelm von 16
Hurwitz, Adolf 9, 22-24, 28

ingeniería 49, 110, 121
Instituto Tata de Investigación Fundamental 84
instrumentos y aparatos matemáticos 35
International Commission on Mathematical Instruction 38
International Congress on Mathematical Education 38
International Research Council 45
Israel 69, 82, 103

Jacobi, Carl G. J. 35-36

Klein, Felix 19-20, 2, 25, 27, 34, 36, 38, 73
Kolmogorov, Andrei N. 77

Leibniz, Gotfried 17, 35, 40, 102
lenguas, idomas, lenguaje 13, 23, 32, 55, 94, 112
libros sobre los congresos 110,136
Lie, Sophus 35
lógica 57, 81, 96

matemática aplicada, aplicaciones de la matemática 11, 34, 37, 72, 81, 121
matemáticos
  hindúes 134, 143
  soviéticos 74, 81, 85, 87, 95, 98, 101, 102, 108
mathematical tripos 41
mecánica 23, 34, 37, 49, 57, 96
Medalla Fields a Margulis 31, 68, 100-102
  a Novikov 68, 95, 115
  cantidad económica 66
  creación 63
  edad máxima 66
  escultor 63, 66
  galardonados 68-69
medalla Guccia 38
Mittag-Leffler, Gösta 64-65

Nash, John 119
nazis 7, 116, 117
Newton, Isaac 10-11, 40

Noether, Emmy 61, 117, 131
números complejos 100, 140-144, 150

Perelman, Grigory 69, 118-120, 140
Picard, Émile 25, 45, 48, 55
Pincherle, Salvatore 51-52
planta hidroeléctrica 50, 54
Poincaré, Henri 15, 20, 23, 32, 38, 90, 119
Pontryagin, L. S. 81, 94, 98, 101
premio
  Abel 88-89
  Gauss 70, 121, 130, 135
  Nevanlinna 70, 108, 109, 116, 120, 126, 131, 133
  Nobel 10, 37, 40, 64, 65, 73, 89
problemas de Hilbert 30-32
producto de Euler 147, 150

recta crítica 151-152
revistas de recensiones 19, 25
Revolución
  Científica 16
  francesa 16
Riemann, Bernhard 139, 149-153
Royal Society de Londres 16-17

Schwartz, Lautent 68, 72-74, 90, 94
Science Council of Japan 132
secciones científicas 13, 23, 46, 49, 54, 57, 72, 80, 92
Segunda Guerra Mundial 7, 8, 71, 85, 94, 105, 113, 114, 132
Smale, Stephen 68, 86, 89, 90, 119
Sociedades matemáticas
  Circolo Matematico di Palermo 18, 38, 40
  Sociedad Matemática Americana 18, 49, 59, 71
  Sociedad Matemática de Edimburgo 18
  Sociedad Matemática de Francia 18, 25, 27
  Sociedad Matemática de Londres 18
  Sociedad Matemática de Moscú 18
  Sociedad Matemática de Nueva York 18
  Sociedad Matemática Española 18
  Sociedad Matemática Polaca 104, 105
  Unión de Matemáticos Alemanes 18-20, 27, 32, 41, 114, 117, 118
Stone, Marshall H. 38, 71
sumas infinitas 140-144, 152

Tchebyschev, Pafnuty L. 87, 148
teorema
  de los números primos 23, 73, 149
  de Pitágoras 36
  fundamental del álgebra 144
teoría
  de conjuntos 19
  de números 49, 57, 81, 86, 96, 97, 116, 133, 135
tipógrafos sicilianos 40
topología 57, 58, 72, 80, 82, 95, 107, 115, 130
tumbas de matemáticos 36, 43

Unión Matemática Internacional 46-49, 52, 81, 104, 111, 118, 125
Universidad de Berlín 16, 19, 25
Urania 117

Vallée Poussin, Charles de la 23, 24, 139, 149
viaje intercontinental 51
Volterra, Vito 25, 32, 36, 45, 46, 54, 58
von Neumann, John 77, 130

Weyl, Hermann 57, 7, 117
Wigner, Eugene 10
Wiles, Andrew 67, 116, 127

El club de los matemáticos

Los congresos internacionales

Desde 1897 y cada cuatro años, la élite mundial de la matemática se reúne en congresos internacionales donde se exponen y discuten los avances más significativos de la disciplina. La historia de estos congresos nos revela hasta qué punto las matemáticas, vistas a menudo como el fruto de la creación individual de unos pocos genios, son en buena parte el resultado de la interacción entre personas, sujetas, como el resto de nosotros, a los cambios y vaivenes políticos y económicos que agitan la sociedad.