

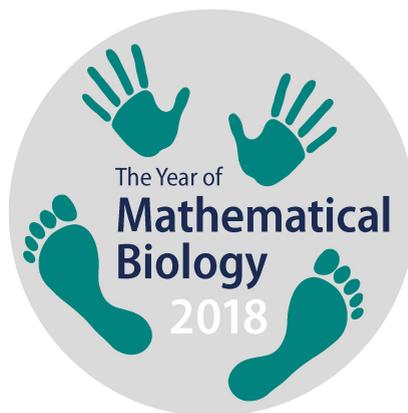
Año de la Biología Matemática 2018

por

Àngel Calsina, José A. Carrillo y Sílvia Cuadrado*

El *Año de la Biología Matemática 2018* es una iniciativa conjunta de las sociedades matemáticas europeas con intereses científicos en Biología Matemática, es decir, de la European Mathematical Society (EMS) y de la European Society for Mathematical and Theoretical Biology (ESMTB). La idea preliminar de hacer unos eventos específicos para celebrar el gran auge de las aplicaciones matemáticas en Biología, que expuso en el *Council* bienal de la EMS celebrado en San Sebastián en 2014 el presidente del Comité de Matemática Aplicada de la EMS, José Antonio Carrillo, tuvo eco en el seno de ambas sociedades matemáticas europeas, la EMS y la ESMTB. Los entonces presidentes de la EMS y de la ESMTB, Marta Sanz-Solé y Andrea Pugliese, fueron muy receptivos a la idea, que se plasmó ya con los nuevos presidentes, Pavel Exner (EMS) y Roeland Merks (ESMTB), en 2015/2016. Desde entonces, José Antonio Carrillo y Roeland Merks tomaron las riendas de lo que sería el embrión del Año de la Biología Matemática para 2018 y de la definición de sus objetivos.

Así pues, comenzó la andadura de este proyecto destinado a hacer balance del gran aumento y de la importancia de las aplicaciones que las matemáticas en su conjunto tienen en ciencias de la vida y medicina. Es más, las sociedades matemáticas europeas están convencidas de que lo mejor de esta influencia mutua entre disciplinas científicas está por venir. La comprensión de muchos procesos biológicos en base a modelos está en su infancia, y las matemáticas pueden aportar su grano de arena en esta gigantesca empresa. El rigor metodológico que los matemáticos transfieren es infinitamente valioso para descartar o avalar hipótesis realizadas por biólogos, neurocientíficos o investigadores en medicina. Dichos científicos, por otro lado, son una fuente inagotable de problemas matemáticos en sus campos, comparable a la



*José A. Carrillo ha sido presidente del Comité de Matemática Aplicada de la European Mathematical Society (2014–2017) y preside el Comité Organizador del Año de la Biología Matemática 2018. Sílvia Cuadrado es miembro del Consejo de la European Society for Mathematical and Theoretical Biology (2018–2024).

que supuso la física durante los siglos XIX y XX. Si bien hay áreas matemáticas más proclives a tener contacto con biólogos e investigadores médicos, como las ecuaciones en derivadas parciales, la física matemática, la modelización matemática y numérica, la estadística, los procesos estocásticos, los sistemas dinámicos y otros, hay muchas interacciones que están surgiendo en campos no tan aplicados, como topología, tratamiento de datos y sus relaciones con *machine learning* o álgebra computacional. Todo esto son buenas noticias para quienes, como la EMS, esperamos que las Matemáticas en su conjunto se beneficien de tal interacción.

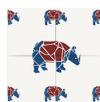
Por tanto, este Año de la Biología Matemática pretende ser un acicate en este camino que muchos matemáticos de todas las áreas están emprendiendo, dándole el reconocimiento y el valor científico que tal aporte a las matemáticas se merece, y a su vez suscitar nuevas direcciones o líneas de investigación donde las matemáticas pueden tener un gran impacto en los próximos años.

Las actividades ya organizadas y en marcha para este evento se pueden resumir en tres grandes programas temáticos en centros de la red ERCOM:

- *Simons Semester on Mathematical Biology*, diciembre de 2017 a marzo de 2018, Banach Center, Varsovia, Polonia;
- *Intensive Research Program in Mathematical Biology*, abril a junio de 2018, Centre de Recerca Matemàtica, Barcelona, España;
- *Thematic Program in Mathematical Biology*, septiembre a diciembre de 2018, Institut Mittag-Leffler, Suecia.

Además, habrá una gran cantidad de eventos como congresos, escuelas, *workshops* y jornadas a lo largo y ancho del continente europeo. El año de la Biología Matemática comenzó oficialmente con el *kick-off meeting* en Joensuu (Finlandia) en el marco de un *EMS Mathematical weekend* conjunto con la Sociedad Matemática Finlandesa que tuvo lugar los días 4 y 5 de enero. Las aplicaciones matemáticas en biología tuvieron un papel relevante con las charlas plenarias de Benoît Perthame y Odo Diekmann, destacados investigadores en el área de modelos basados en ecuaciones en derivadas parciales y sistemas dinámicos en biología, ecología y crecimiento celular. Además, tuvo lugar un minisimposio organizado por Eva Kisdi y Mats Gyllenberg, investigadores de renombre en el área de Biología Matemática de la Universidad de Helsinki.

El siguiente gran evento donde la EMS y la ESMTB colaboran de manera intensa será el congreso bienal europeo más importante en Biología Matemática, la *11th European Conference on Mathematical and Theoretical Biology (ECMTB 2018)*, que tendrá lugar del 23 al 27 de julio de 2018 en Lisboa, Portugal. Animamos a todos los interesados a participar activamente en esta actividad transversal y a hacer de ella un éxito de participación y de impacto. Será además una ocasión magnífica para visitar un país vecino. Su página web es <http://ecmtb2018.org>.



ECMTB2018
LISBON

Otras actividades que se han adherido a la celebración del año de la Biología Matemática son:

- *Understanding Cancer Through Evolutionary Game Theory*, 29 de enero a 2 de febrero, Lorentz Centre, Leiden, Países Bajos.
- *Dynamical Systems Applied to Biology and Natural Sciences (DSABNS2018)*, 7 a 9 de febrero, Turín, Italia.
- *Advanced Course: School on Mathematical Modelling of Tumour Growth and Therapy*, 3 a 6 de abril, Centre de Recerca Matemàtica, Barcelona.
- *Models in Population Dynamics, Ecology, and Evolution (MPDEE'18)*, 9 a 13 de abril, University of Leicester, Reino Unido.
- *UK Conference on Multiscale Biology*, 16 a 18 de abril, University of Nottingham, Reino Unido.
- *Collective dynamics and self-organization in biological sciences*, 30 de abril a 4 de mayo, ICMS, Edimburgo, Reino Unido.
- *New Trends in Mathematical Biology*, 4 a 8 de junio, Centre de Recerca Matemàtica, Barcelona.
- *Mathematical Biology Modelling Days of Besançon*, 19 a 22 de junio, Besançon, Francia.
- *International Conference on Mathematical Methods and Models (BIOMATH 2018)*, 24 a 29 de junio, Sofía, Bulgaria.
- *Mathematical perspectives in the biology and therapeutics of cancer*, 9 a 13 de julio, CIRM, Marsella, Francia.
- *CEMRACS 2018, Numerical and mathematical modeling for biological and medical applications: deterministic, probabilistic and statistical descriptions*, 16 de julio a 24 de agosto, CIRM, Marsella, Francia.
- *The Helsinki Summer School on Mathematical Ecology and Evolution*, 7 a 23 de agosto, Helsinki, Finlandia.
- *Erice MathCompEpi 2 – Mathematical and Computational Epidemiology of Infectious diseases*, 28 de agosto a 5 de septiembre, International Centre “Ettore Majorana”, Erice, Sicilia, Italia.
- *GreifOlution: 1st Greifswald Summer School on Mathematics of Evolution*, 16 a 22 de septiembre, Greifswald, Alemania.
- *Differential Equations arising from Organising Principles in Biology*, 23 a 29 de septiembre, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Alemania.
- *Workshop on Mathematical Biology*, 8 a 12 de octubre, Institut Mittag-Leffler, Suecia.
- *Workshop on Mathematical Challenges in the Analysis of Continuum Models for Cancer Growth, Evolution and Therapy*, 25 a 30 noviembre, BIRS-CMS, Oaxaca, México.

Esta lista es sólo un botón de muestra de las actividades y jornadas que se están gestando en todas las sociedades del entorno europeo. Si estáis pensando organizar cualquier jornada, escuela, o congreso que queráis incluir en este paraguas organizativo del año de la Biología Matemática, basta con que os pongáis en contacto con cualquier miembro del comité organizador compuesto por:

- José A. Carrillo, Imperial College London, Reino Unido.
- Mathisca de Gunst, University of Amsterdam, Países Bajos.
- Mats Gyllenberg, University of Helsinki, Finlandia.
- Torbjörn Lundh, Chalmers University of Technology, Suecia.
- Anna Marciniak-Czochra, Heidelberg Universität, Alemania.
- Roeland Merks, CWI, Países Bajos.
- Marek Niezgodka, ICM, Polonia.
- Gaël Raoul, École Polytechnique, Francia.

UN POCO DE HISTORIA

La Biología Matemática ocupa la frontera entre la biología y las matemáticas, y su objetivo consiste en proporcionar herramientas teóricas, y especialmente métodos matemáticos, para explicar fenómenos de la biología y para incidir positivamente en la comprensión, la predicción y a veces el control de los sistemas de las ciencias de la vida. A la vez, y como ocurre obviamente con la física, a menudo los intentos de comprensión de los procesos biológicos son fuente de problemas matemáticos y obligan a la creación de nuevos desarrollos.

Ciertamente, la definición del párrafo precedente sólo es aceptable si primero se acepta que la biología y las matemáticas tienen un lugar donde encontrarse y no son en absoluto dos disciplinas científicas tan alejadas como a veces tendemos a pensar, la segunda ocupándose de conceptos abstractos y derivando resultados sólo de la lógica pura, y la primera, paradigma de la ciencia experimental, estudiando sistemas tan complejos que parece quimérico intentar reducirlos a leyes simples y elaboraciones matemáticas. Pero, de hecho, una breve mirada a la historia nos demuestra que sí ha habido contacto, no sólo reciente, y además de lo más fructífero, entre ambas. No es sorprendente que los aspectos cuantitativos de las ciencias de la vida hayan sido los primeros, y seguramente durante mucho tiempo los únicos, que han sido objeto de intentos de matematización, a veces muy exitosos.

La dinámica de poblaciones (y la demografía) nos ofrece numerosos ejemplos, empezando por el trabajo de Leonardo de Pisa, más conocido como Fibonacci, en su obra *Liber Abaci* (1202), seguido, mucho tiempo más tarde, por el de Leonhard Euler, quien publica en 1760 un artículo en francés titulado *Recherches générales sur la mortalité et la multiplication du genre humain*; por el artículo de Thomas Malthus, *An Essay on the Principle of Population* (1798), que tanta influencia tendría en las teorías económicas del siglo XIX, pero también en la génesis de la idea de la selección natural; y por el trabajo de Pierre-François Verhulst, *Notice sur la loi*

que la population suit dans son accroissement (1838), que se puede considerar el nacimiento, ciertamente *avant la lettre*, de la moderna ecología matemática y que es la obra en la que se inspiran los trabajos de la ya más madura dinámica de poblaciones de principios del siglo XX.

Sin posibilidad de extendernos demasiado, mencionamos la obra de Alfred Lotka *Elements of Physical Biology* (1925), significativamente titulada *Elements of Mathematical Biology* en la edición de 1956, y la de Vito Volterra *Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi* (1926), ambas dedicadas a la explicación de las fluctuaciones de las poblaciones de presas y depredadores en ecosistemas, el artículo de Anderson McKendrick *Applications of Mathematics to Medical Problems* (1926), donde aparece la primera ecuación en derivadas parciales de la dinámica de poblaciones estructuradas, y una serie de artículos sobre epidemiología escritos por el mismo McKendrick y W. Kermak entre 1927 y 1933, en los que se funda la teoría de los célebres modelos SIS, SIR y SIRS.

Paralelamente, a principios del siglo XX encontramos los primeros trabajos donde aspectos no poblacionales, e incluso no estrictamente cuantitativos, de la biología, son abordados con herramientas de física y de matemáticas. Además, estas últimas ya no son sólo, como han sido hasta entonces, ecuaciones diferenciales (o en diferencias) o métodos probabilísticos. Una obra absolutamente pionera y muy influyente en su momento es el libro de D'Arcy Thompson *On Growth and Form* (1917), donde por primera vez se abordan los aspectos geométricos de la biología del desarrollo y la evolución. También el libro ya mencionado de Alfred Lotka es revolucionario, por cuanto inicia la aplicación de las leyes de la termodinámica a los ecosistemas y a la evolución biológica (quizá un antiguo e importante precedente de la escuela de ecología de Ramon Margalef en Barcelona) e incluso inaugura, seguramente, los intentos de aplicación de las leyes naturales a la comprensión del sistema nervioso y la conciencia. No mucho después, Nicolas Rashevsky publica *Mathematical Biophysics* (1938), obra en la que intenta explicar la división celular mediante mecanismos físicos relativamente simples, atizando la polémica con los biólogos experimentales, que ya tenían herramientas de observación muy precisas, las cuales iban desvelando la extraordinaria complejidad de los sistemas y de los procesos biológicos.

Más o menos simultáneamente, Ronald Fisher, Karl Pearson y John Haldane, entre otros, crean herramientas estadísticas que permitirán integrar la genética iniciada por Gregor Mendel con la selección natural de Charles Darwin y Alfred Wallace en la teoría sintética de la evolución.

No es posible aquí ni siquiera hacer un breve resumen del extraordinario desarrollo de la biología matemática a partir de mediados del siglo XX. Mencionamos como inicios de esta explosión el trabajo de Alan Turing *The Chemical Basis of Morphogenesis* (1952), que proporciona el mecanismo matemático que explica por qué se rompe un sustrato homogéneo y se forman patrones, y el de Alan Hodgkin y Andrew Huxley del mismo año, con el que empieza la neurociencia matemática. Y digamos de la investigación en biología matemática actual que impregna una gran cantidad de temas en, sin tratar de ser exhaustivos, genética, ecología, epidemiología, biología de sistemas, evolución, biología celular, biología del desarrollo, biomecánica, neurociencia y, por supuesto, biomedicina, donde la matemática es imprescindible

en el procesamiento de imágenes o el diagnóstico automático, pero también en la terapia del cáncer, de las enfermedades del sistema inmune o de muchas enfermedades crónicas. Mencionemos también, como hemos comentado al principio del artículo, que las herramientas matemáticas que se emplean siguen siendo las tradicionales como las ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales y los procesos estocásticos, pero también, entre otros, los sistemas dinámicos, el análisis de señales, la teoría de matrices positivas, la teoría de grafos, la computación numérica, la simulación individual de grandes poblaciones, e incluso la topología y la geometría algebraica.

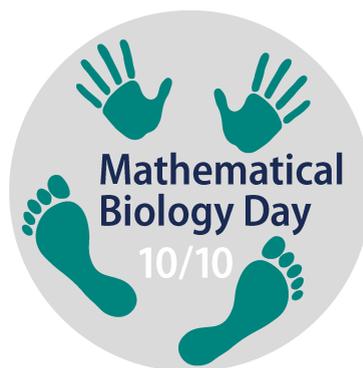
SOCIEDADES Y REVISTAS ESPECIALIZADAS

En todo el mundo hay diferentes sociedades de Biología Matemática que se dedican a promover esta disciplina organizando conferencias y cursos, así como creando premios y gestionando revistas científicas. La más antigua es la Society for Mathematical Biology, que fue creada en 1973 por tres estudiantes de Nicolas Rashevsky. Esta sociedad, además de diferentes premios y bolsas de viaje, organiza un encuentro anual y edita el *Bulletin of Mathematical Biology*. Aunque tiene miembros de muchos países diferentes, es una sociedad principalmente americana.

A nivel europeo, en 1991, durante la primera *European Conference on Mathematics Applied to Biology and Medicine* en Alpe d'Huez (Francia), se fundó la European Society for Mathematical and Theoretical Biology (ESMTB). Esta sociedad organiza las *European Conferences on Mathematical and Theoretical Biology* (ECMTB) que, como hemos mencionado al principio del artículo, son las conferencias científicas más importantes en Biología Matemática en Europa. En ellas participan no sólo investigadores europeos, sino de todo el mundo. Otras sociedades en esta disciplina son: Japanese Society for Mathematical Biology, Korean Society for Mathematical Biology, Chinese Society for Mathematical Biology, Indian Society for Mathematical Biology y la Sociedad Latinoamericana de Biología Matemática.

Además del ya mencionado *Bulletin of Mathematical Biology*, otras revistas especializadas en este campo son: *Journal of Mathematical Biology*, *Journal of Theoretical Biology*, *Mathematical Biosciences*, *Theoretical Population Biology*, *Mathematical Biosciences and Engineering* y *Mathematical Medicine and Biology*. Hay que añadir, además, que muchos trabajos en este tema se publican en revistas generalistas de matemática aplicada y de física aplicada.

Volviendo a la celebración del Año de la Biología Matemática, y en nombre de la EMS y de la ESMTB, queremos agradecer enormemente la colaboración y el generoso



esfuerzo de tanta gente a lo largo y ancho de este continente, que ha hecho posible este magnífico evento. Es un placer ver cómo una pequeña idea lanzada en el *Council* de la EMS en San Sebastián en 2014 ha fructificado de esta manera. Esto, evidentemente, sólo ha sido posible por el trabajo conjunto de una gran comunidad matemática europea con intereses científicos diversos y visión de un futuro lleno de oportunidades en Biología Matemática.

Por último, y para que quede un recuerdo en el futuro de este evento, el 10 de octubre de 2018 celebraremos el primer *día de la Biología Matemática* en el instituto Mittag-Leffler, efeméride que esperamos continúe anualmente a partir de ahora. Su logo tomará el del año de la Biología Matemática, que hace referencia al proceso de morfogénesis por el cual los seres humanos desarrollamos cinco dedos en cada extremidad.

ÀNGEL CALSINA, DEPARTAMENT DE MATEMÀTIQUES, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA, E-08193 BELLATERRA

Correo electrónico: acalsina@mat.uab.cat

JOSÉ A. CARRILLO, DEPARTMENT OF MATHEMATICS, IMPERIAL COLLEGE LONDON, SW7 2AZ LONDON, UK

Correo electrónico: carrillo@imperial.ac.uk

Página web: <http://wwwf.imperial.ac.uk/~jcarrill/>

SÍLVIA CUADRADO, DEPARTAMENT DE MATEMÀTIQUES, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA, E-08193 BELLATERRA

Correo electrónico: silvia@mat.uab.cat