



MEJOR CON
MATEMÁTICAS

EN ESTAS SEMANAS EN QUE EL COVID-19 ESTÁ SIENDO EL PROTAGONISTA INDISCUTIBLE DE NUESTRAS VIDAS, ESTAS SE HAN LLENADO DE NÚMEROS, DE REPRESENTACIONES GRÁFICAS... DE MATEMÁTICAS, EN DEFINITIVA. TAL VEZ LA CLAVE ESTÉ EN UN HECHO SORPRENDENTE PERO DEFINITIVAMENTE CIERTO QUE ALBERT EINSTEIN, COMO TANTOS OTROS SABIOS, RECONOCIÓ EN MÁS DE UNA OCASIÓN: ¿CÓMO ES POSIBLE QUE LAS MATEMÁTICAS, PRODUCTO DEL PENSAMIENTO HUMANO, SEAN TAN ADMIRABLEMENTE APROPIADAS PARA LOS OBJETOS DE LA NATURALEZA?



Ganador de la prestigiosa Cátedra Alexander von Humboldt, Enrique Zuazua (Eibar, 1961) desarrolla su carrera profesional en la actualidad como Catedrático en la Universidad Friedrich-Alexander (FAU), Erlangen, Alemania, y como Profesor en la Fundación Deusto (Bilbao) y en la Universidad Autónoma de Madrid. Además, fue Premio Nacional Julio Rey Pastor en 2007, dos veces galardonado por el Consejo Europeo de Investigación (ERC) en 2010 y 2015 con sendos "Advanced Grants", y el pasado mes de enero recibió la distinción "Txopitea eta Pakea" (Txopitea y paz) del Ayuntamiento de la Villa Armera.

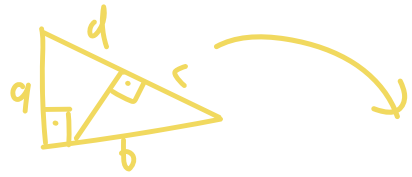


ENRIQUE ZUAZUA
MATEMÁTICO

Einstein estaba en lo cierto. La capacidad de las Matemáticas para explicar lo que ocurre a nuestro alrededor es sorprendente. Y tal vez por eso los medios se llenan de artículos con datos y cuentas que hablan del número de infectados (I) por el virus, de recuperados (R) de la infección y de susceptibles (S) a ser infectados. Se trata de las variables básicas que barajan los modelos fundamentales SIR en epidemiología.

El trabajo de W. Kermack y A. McKendrick, publicado en los *Proceedings* de la Royal Society de Londres en 1927, que propuso de manera visionaria el modelo SIR, influyó definitivamente en el devenir del campo. Y, como ocurre con frecuencia con los clásicos, su lectura, aún hoy, casi cien años después, resulta particularmente transparente, clarificadora y recomendable. De ahí su enorme influencia. Los autores explicaron que la dinámica de la epidemia se puede seguir a través de un conjunto de ecuaciones diferenciales que, a lo largo del tiempo, indican cómo cambian esas tres variables, R, S e I.

Por supuesto nos interesa que I, el número de infectados, sea el menor posible, y que los recuperados, R, el máximo. Desafortunadamente, hay un diferencial entre ambas variables que podríamos denotar con la M de muerte, el más lúgubre de los protagonistas de esta triste historia que ha tocado a nuestra puerta de un gran aldabonazo tras haberlo hecho primero en el lejano oriente, para llegar hasta nosotros habiendo previamente visitado países más próximos, sin que nunca reparásemos en lo que la proverbial sabiduría popular ya nos advierte: "Cuando las barbas de tu vecino veas cortar, pon las tuyas a remojar".



> RARA VEZ SE PUEDE ESCAPAR AL EFECTO DOMINÓ

Sería oportuno analizar la obstinación de muchos conciudadanos en creer en el "Spain is different", pero llevaría mucho tiempo y sea posiblemente innecesario, sobre todo cuando se trata de escribir para un foro constituido por líderes del mundo de la empresa, perfectamente conscientes de que rara vez se puede escapar al efecto dominó.

Pero sin duda es pertinente preguntarse cómo las ecuaciones SIR pueden valer para todas las epidemias -del griego *e*pi (sobre) y *d*emo (pueblo)-, las viejas y las nuevas: la peste, la viruela, el cólera, el SIDA, la malaria, etc. Cabría pensar que, en el mejor de los casos, un modelo matemático debería ser capaz de describir eventos pasados. Pero, ¿por qué una nueva epidemia como la del COVID-19 debería de obedecer a los dictados de ecuaciones matemáticas ya conocidas? En eso reside precisamente la fortaleza de las Matemáticas, en su validez universal.

No obstante, es más que posible el lector no esté dispuesto a aceptar ese principio de universalidad tan fácilmente. Y estaría en lo cierto al hacerlo. De hecho, para que el modelo SIR pueda aproximarse a la realidad han de ajustarse los parámetros que rigen su expansión y, entre ellos, uno de los más importantes es el número reproductivo básico que viene a indicar a cuántas personas contagia cada uno de los infectados. Y no es difícil de imaginar que una epidemia con un índice reproductivo alto pueda tener efectos devastadores.

Para que el modelo SIR pueda simular de manera predictiva y eficaz la evolución futura de la epidemia se precisa conocer esos parámetros, cosa harto difícil en situaciones como la que vivimos con escasez de datos útiles, derivada de la ausencia de pruebas suficientes entre la población.

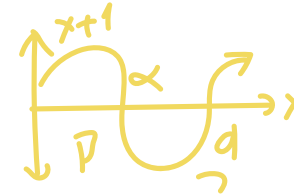
OTORGANDO A LAS MATEMÁTICAS EL ROL QUE MERECE, EL HORIZONTE QUE DIBUJAN ESTOS MODELOS COINCIDE DESAFORTUNADAMENTE CON LO QUE ESTAMOS VIENDO EN LA PRÁCTICA



EL PODER DE LA SIMULACIÓN

El modelo SIR sí que señala diáfamanamente, sin embargo, que el Talón de Aquiles de la epidemia reside precisamente en el dichoso número reproductivo y que la mejor manera de atacarlo sea reduciendo el número de contactos. De ahí que, hoy en día, la única medida eficaz de la que dispongamos sea el aislamiento social por impopular que este resulte, del mismo modo que es imprescindible herir el bosque con cortafuegos para salvarlo en caso de incendio. La distancia interpersonal es la única barrera que el virus no es capaz de saltar.

Un lector atento habrá ya reparado en que, a pesar de todo, el modelo SIR no puede contener toda la verdad. ¿A qué escala debemos aplicarlo? ¿Mundial, por estados, por regiones, ciudades o incluso por barrios? Es evidente que la epidemia no se está cebando por igual en todos los lugares.



Es en ese punto donde un matemático respondería que este tipo de modelos constituyen un laboratorio en el que se puede experimentar, hoy en día de manera muy eficaz a través de las simulaciones en ordenador, gracias a las potentes herramientas que ofrece el cálculo científico, pero que la batalla hay después que afrontarla en el terreno de lo real. Esto, guste o no, siempre ha sido así y lo seguirá en todos los campos de la Ciencia e Ingeniería, incluidas por supuesto las Ciencias Sociales y de la Vida. Einstein también pensó en eso cuando dijo que "en la medida en que las leyes de las matemáticas se refieren a la realidad, no son exactas, y en tanto son exactas, no se refieren a la realidad".

Siendo conscientes de ello, y otorgando a las Matemáticas el rol que merecen en tanto que permiten la mejor aproximación disponible a una realidad sumamente compleja, el horizonte que dibujan estos modelos coincide desafortunadamente con lo que estamos viendo en la práctica; un lento declive de la epidemia tras alcanzar su cumbre, y eso siempre bajo la premisa de que se mantengan medidas de distanciamiento social suficientes.

Y la teoría de control de sistemas pronostica además que el control de todo proceso complejo necesariamente tendrá un carácter oscilatorio, intermitente, siendo imposible evitar repuntes, lo cual exige de una acción permanente de *feedback*, adaptando las medidas a la evolución de los índices. De hecho, nada muy distinto de lo que ocurre en todos los demás ámbitos de la naturaleza y nuestra sociedad.

TAL VEZ EL HUMANO PODRÍA HABER ELEGIDO OTRO CAMINO PARA DESARROLLAR SU VIDA SOBRE EL PLANETA, PERO OPTÓ POR EL DE LAS MATEMÁTICAS Y HOY EN DÍA ES DIFÍCIL DE IMAGINAR CÓMO LO PODRÍA HABER HECHO DE OTRO MODO



RECURSOS TECNOLÓGICOS Y ANÁLISIS DE DATOS

Vivimos en la sobreabundancia de datos, y la Ciencia de Datos, uno de los más fértiles campos de hibridación de las Matemáticas y de la Informática, nos permite extraer la información relevante, clasificarla, analizarla, pero también nos enseña que es imposible adivinar en ausencia de la información crítica. De ahí que en el caso del COVID-19 los países más eficaces en atajar la pandemia hayan sido los que han estado en condiciones de aplicar los recursos tecnológicos adecuados a la hora de identificar a los ciudadanos del grupo I de los infectados y su posible campo de contagio, tomando medidas en su entorno.

Tal vez el humano podría haber elegido otro camino para desarrollar su vida sobre el planeta, pero optó por el de las Matemáticas y hoy en día es difícil de imaginar cómo lo podría haber hecho de otro modo. Por todo ello, también en esta ocasión, '*mejor con Matemáticas*'. ■