

INVESTIGACIÓN



La profesora Ana Carpio, editora de un número especial de la revista Springer JMI sobre modelos matemáticos y SARS-CoV2

Texto: Jaime Fernández - 7 oct 2021 19:22 CET



En septiembre de 2021 la revista Springer JMI (*Journal of Mathematics in Industry*) ha publicado un número especial dedicado a los modelos matemáticos y su aplicación a la pandemia de la COVID-19. Los editores de dicho número son **Alessandra Micheletti**, de la Universidad de Milán; **Adérito Araújo** (Universidad de Coimbra); **Matthias Ehrhardt** (Universidad de Wuppertal); **Neil.V. Budko** (Universidad de Delft), y **Ana Carpio**, profesora del **Departamento de Análisis Matemático y Matemática Aplicada**, de la **Universidad Complutense**.

Explica la profesora **Ana Carpio** que a finales de marzo de 2020 tenían prevista una **reunión de la junta de gobierno del ECMI (Consortio Europeo de Matemáticas en la Industria)**, que involucra a 28 países europeos, y en el que ella es representante española. Como es lógico, la reunión tuvo lugar de forma virtual, con todos los miembros de la junta confinados en mayor o menor grado en sus respectivos países, y **"todo el mundo sentía la necesidad de contribuir, de alguna forma, a salir de la situación en la que estábamos"**, y de ahí surgió la idea de promover un número especial de la revista Springer JMI para dar cabida a estudios sobre el tema".

Coincidió la iniciativa con que, en ese momento, **Carpio estaba dirigiendo varios trabajos de fin de máster y grado sobre modelos de contención de epidemias**. En particular, **Emile Pierret**, quería realizar su TFM del máster Jacques Hadamard de la ENS Paris-Saclay bajo su dirección en Madrid, en el marco de los convenios entre ambas universidades y **"eligió como tema la cuantificación de incertidumbre en modelos de contención de epidemias"**, y echó sus papeles en París en marzo, el día antes de que lo confinaran a él también, en la esperanza de poder desplazarse a Madrid durante los meses siguientes". No tuvo opción de viajar, así que el TFM se hizo de forma virtual París-Madrid, y con los datos de España en el periodo de confinamiento se ajustaron modelos epidemiológicos, intentando cuantificar la incertidumbre.

Recientemente **se ha puesto un resumen de su TFM en los arxiv** y "una versión con datos de Madrid aparecerá próximamente en un libro editado por otros colegas: **Book on Mathematical Analysis of Infectious Diseases (MAID 2020)**. Editores. P. Agarwal, JJ Nieto, DFM Torres, Elsevier".

La incertidumbre

En áreas como las ciencias exactas, "donde hay unas reglas deterministas que se pueden modelar creando modelos que se pueden resolver con un error controlado, la incertidumbre es mucho menor que en asuntos socioeconómicos, donde las leyes y modelos que rigen la evolución no son deterministas, y eso es porque **el factor humano es una enorme causa de incertidumbre**".

Explica Carpio que **esa incertidumbre se podría resolver si los datos fueran exactos, pero como no lo son hay dos opciones**: una es **"poner muchos datos, resolverlos y luego se promedian los resultados y se ve cuál es el rango de desviación"**; y la otra posibilidad es **"más elegante, apoyada en teorías estadísticas de estimación de incertidumbre, y métodos bayesianos, que**

hacen lo mismo dentro de un marco estadístico". Lo que ocurre, de todos modos, es que en esas teorías tienes que saber, para implementarlas, por ejemplo, cuál es la desviación real de los datos con el paso del tiempo. "Si dan los datos de cuántas personas hay contagiadas, cuántas hay en los hospitales, cuántas se han muerto de eso, habría que saber cada día qué desviación hay en esos valores, y el problema es que el rango no se sabe, no se puede estimar con qué error te están dando los datos", asegura la profesora.

Por tanto, con esos dos métodos se pueden incluir valores y promediar el resultado, con lo que habrá un rango de desviación muy grande, o se pueden usar teorías estadísticas donde hay parámetros que no se conocen pero que se pueden intentar estimar. **El problema**, según Carpio, **"es que al final tienes un valor probable con un rango muy alto de variación, y si empiezas a simular lo que le pasa al sistema en ese rango te encuentras que en unos casos la pandemia se extingue, en otros está controlada y en otros crece muchísimo"**.

Aunque no se puedan sacar datos cuantitativos válidos, **si se pueden obtener ideas**. Explica la matemática que **"si coges un modelo muy sencillo tipo SIR**, con tres compartimentos: los que son **Susceptibles** de contagiarse, los que se han **Infectado** ya y los que se han **Recuperado** y tienen algo de inmunidad, **ves que si no haces nada se contagian todos, lo que implica que se supera el nivel de enfermos en los hospitales, provoca muchas muertes y caos socioeconómico. Frente a eso se busca reducir los susceptibles y eso sólo se puede hacer encerrándolos en casa, y esa idea la da el modelo y en ella se han basado las políticas**". Las cuentas que hicieron en la Facultad, cuando se decretó el confinamiento, daban como resultado que si seguíamos creciendo al ritmo anterior a dicho confinamiento, iba a haber millones de enfermos y decenas de miles de muertos sólo en días, así que "no se podía hacer otra cosa en ese momento".

Más adelante, y "como no se puede seguir siempre así", **lo siguiente que se puede hacer es poner mascarillas a todo el mundo para reducir sus posibilidades de contagiarse**, y el sistema funciona durante un tiempo, porque "están las reuniones familiares, que es donde se contagia todo el mundo y con ellas sube otra vez la incidencia". **Después llegan las vacunas**, que "lo que han hecho, fundamentalmente, es cortar la transmisión en las reuniones familiares y de amigos, y por eso ahora estamos mejor, a pesar de seguir necesitando mascarilla".

En definitiva, que **"los modelos matemáticos permiten sacar ideas útiles de qué se puede hacer, pero es imposible predecir cuántos contagios vamos a tener mañana o dentro de un mes, porque la realidad va cambiando con el tiempo"**. Las predicciones cuantitativas en una pandemia tienen, por tanto, un margen de incertidumbre tan grande que no son útiles, pero sí las ideas cualitativas que se derivan de los modelos, como la aplicación de un confinamiento, el uso de las mascarillas o la administración de vacunas, "y próximamente el uso de un medicamento".

El número especial

En la elaboración del volumen especial de la revista JMI también ha habido dificultades, marcadas a veces por el avance de los conocimientos desde mayo de 2020 hasta el año 2021. Al principio, por ejemplo, **llegaron algunos artículos en los que se insistía en que la transmisión era por contacto y no por aire. Alguno se aceptó tras modificaciones sustanciales para no contradecir la evidencia científica**.

Otra dificultad que han encontrado durante la edición del volumen es la **"tendencia por parte de algunos autores a confundir la realidad con sus modelos, lo que lleva a plantear usos inadecuados de los mismos y a sacar sus conclusiones fuera de contexto**. Esta problemática se plantea en muchos modelos matemáticos que involucran componentes humanas y factores socioeconómicos, y suscita cuestiones éticas por el inadecuado uso de los mismos, lo que ha sido objeto de debate en distintos ámbitos sociales".

Como ya se apuntaba más arriba, **los modelos involucran parámetros que es preciso estimar para obtener predicciones cuantitativas a partir de ellos**. Esos parámetros se estiman a partir de los datos disponibles y **"a lo largo de la pandemia, se han ido acumulando datos con un notable margen de error"**. El número de personas contagiadas al día sólo contabiliza aquellas que se han hecho algún test, lo que puede contabilizarse con retraso, y el número de fallecidos reales puede estar enmascarado por muertes achacadas a otras causas, mientras que otros números, como el de asintomáticos, son muy difíciles de contabilizar. **"Las estimaciones de parámetros llevan aparejadas una gran incertidumbre acumulada en el tiempo, y sus valores van variando en respuesta a comportamientos de la población, no son fijos, y dado que los modelos epidemiológicos presentan fases de crecimiento exponencial, pequeñas variaciones en los parámetros dan lugar a grandes variaciones en las predicciones con el paso del tiempo"**, aclara Carpio.

Por tanto, **la importancia de estos modelos, más que su posible uso para predicciones cuantitativas es su utilidad para proporcionar una visión de escenarios posibles** (una ola, múltiples olas, olas recurrentes, extinción) dependiendo de los parámetros, **así como para proporcionar una idea de la importancia relativa de distintos factores en el control de la expansión de la infección**. De acuerdo con la profesora, "una idea importante que surgió del estudio de estos modelos, por ejemplo, es la de número de reproducción, una combinación de distintos parámetros cuyo valor indica que la epidemia está en fase de extinción o explosión".

Los diez artículos

Los 10 artículos que finalmente han configurado el volumen **abordan distintos aspectos con datos de varios países** (Brasil, Canadá, Alemania, Italia, Sri Lanka, USA, China...), y **"buena parte de ellos se centra en la eficacia de distintos tipos de intervenciones no farmacéuticas a la hora de mantener controlada la epidemia"**.

Zachary McCarthy y otros investigadores desarrollan una metodología que integra patrones de contacto social extraídos de datos empíricos con un modelo de transmisión de enfermedad, lo que permite el uso de datos organizados por estratos de edad para **inferir la susceptibilidad específica en cada rango de edad, patrones de contacto diarios en los centros de trabajo, en los domicilios, centros educativos y zonas comunitarias**, así como la transmisión en esos entornos en distintas condiciones de distanciamiento social.

Jianhong Wu encabeza el artículo en el que **se analizan la efectividad de medidas de distanciamiento, de protección personal y de detección temprana y aislamiento de personas infectadas** en la reducción de la expansión de la epidemia.

Markus Kantner y Thomas Koprucki estudian la **posibilidad de contener una epidemia a lo largo del tiempo con medidas no farmacéuticas** de tipo distanciamiento social, cuarentenas y restricciones en actos públicos, diseñadas para equilibrar el coste socioeconómico de las mismas y el riesgo de una ola de contagios en tanto se desarrolla una vacuna.

Rinaldo M. Colombo y otros autores proponen **un modelo de expansión de epidemias que considera las fluctuaciones espaciales debidas a la movilidad de la población y a las variaciones de edad, observando el dramático papel que juegan las residencias de personas mayores**. Explica Carpio que la variable de la movilidad es de las más difíciles de cuantificar porque es imposible saber cuánta gente aterriza en los aeropuertos, cuánta gente viene en coche, en trenes, cuántos camiones circulan por carretera, incluso cuánta gente llega en pateras. "Y además cuántos de los que han venido estaban contagiados, por dónde han viajado y dónde han parado. Todo eso no se puede meter en ningún modelo, se pueden sacar algunas ideas, pero **en general la movilidad desestabiliza cualquier modelo**".

Karunia Putra Wijaya es el autor principal del trabajo en el que **se considera el efecto de la estructura de las viviendas en la propagación**.

Thomas Götz y Peter Heidrich introducen una estrategia para **identificar los parámetros de modelos epidemiológicos a partir de cifras oficiales** incluyendo la influencia de los casos no detectados.

Dario Bambusi y Antonio Ponno consideran la **evolución de la población tras un confinamiento**, estudiando la interacción entre diferentes subgrupos.

Luis Tarrataga y otros científicos plantean **estrategias secuenciales de levantamiento e imposición de restricciones para reducir la letalidad**.

Christopher Thron y sus colegas **comparan el efecto de políticas que afectan por igual a toda la población con otras que tienen en cuenta la existencia de subgrupos de alto riesgo para los que se implementan medidas especiales**, concluyendo que las segundas son más efectivas y menos costosas, porque "en general, el retraso en la toma de medidas empeora grandemente las perspectivas".

Kurt Langfeld estudia la **evolución de una epidemia cuando la inmunidad tras un evento potencialmente inmunizador no está garantizada**.