

Medicina, matemáticas y regreso al futuro

PASCUAL PIÑERA SALMERÓN^{1,2}, FRANCISCO MARÍN PÉREZ³

¹Secretario de Investigación de SEMES, España. ²Servicio de Urgencias, Hospital General Universitario Reina Sofía, Murcia, España. ³Grupo de Investigación de Métodos Cuantitativos e Informáticos. Facultad de Ciencias de la Empresa, Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, España.

La historia de la relación entre la matemática y la biología data, al menos, de hace 250 años. Ya Descartes estaba convencido que en las matemáticas se encontraba la herramienta para una teoría unificada de todas las ciencias. Por tanto, se hacía necesaria una explicación matemática para las funciones fisiológicas. Las partes más antiguas y elementales de las matemáticas –las anteriores a la invención del cálculo infinitesimal por Newton (1643-1727) y Leibniz (1646-1716)– no carecen de aplicaciones prácticas: agrimensura, levantamiento de planos, navegación, contabilidad, cálculo de intereses, etc. Sin embargo, la introducción del cálculo infinitesimal vino a suponer un salto de gigante para el ámbito de actuación de la matemática e interesa subrayar que ese salto es inseparable de la aparición histórica de la primera ciencia: la física¹. No es exagerado afirmar que nada de la física moderna o de lo en ella basado, del avión a los rayos X, del automóvil a la resonancia magnética, de las telecomunicaciones a la radioterapia, hubiese sido posible sin las matemáticas.

El nexo entre las ciencias de la vida y la estadística tampoco es nuevo. Los padres fundadores de la estadística, Karl Pearson (1857-1936) y Ronald Fisher (1890-1962), ambos licenciados en matemáticas por la Universidad de Cambridge, estuvieron en todo momento motivados por aplicaciones biológicas. El primero, por su interés en la teoría de la evolución; el segundo, por sus convicciones eugenésicas. Esta relación de la estadística y las ciencias de la vida se materializa incluso en parte de la terminología: en estadística se habla de «tratamientos» o «contagios». aún en casos en que se analice un problema de fabricación industrial o se lleve a cabo un estudio sociológico. Un segundo grupo de conexiones entre la medicina y

las matemáticas se engloba en el campo llamado biología matemática, cuyo núcleo, histórica y metodológicamente, lo constituye la dinámica de poblaciones. Y es así porque, además de aplicarse a especies interactuantes, se emplea también en los estudios epidemiológicos, donde los grupos de individuos sanos, infectados o susceptibles de infección, desempeñan el papel de las especies. Se trata de un cuerpo de doctrina bien desarrollado, donde reina la parte de las matemáticas llamada “sistemas dinámicos”.

En estos momentos de crisis y recortes, en los que deberíamos optimizar todos los recursos que tenemos en nuestras manos, Taboada *et al.*² nos muestran cómo podemos aplicar técnicas de modelado de individuos a la medicina mediante la simulación. La simulación es uno de los sistemas más interesantes cuando el elemento fundamental a estudiar es el humano. El modelado es un proceso de aprendizaje observacional, en el que la conducta de un individuo o un grupo (el modelo) actúa como estímulo para generar conductas, pensamientos o actitudes semejantes en otras personas que observan la actuación del modelo. Las técnicas de modelado tratan de enseñar los principios o reglas que deben guiar la conducta en contextos determinados en lugar de generar respuestas imitativas simples. La conjunción de ambas (simulación y modelado) hace que el esfuerzo de los autores sea interesante pero, a nuestro juicio, se debería hacer un esfuerzo futuro para intentar realizar el estudio en más hospitales de cara a obtener resultados más concluyentes. El primer paso está dado, pues el número de variables que se manejan tanto cuantitativas como cualitativas es elevado, y al hacerlas interaccionar entre ellas se obtiene una base que los responsables sanitarios deberían tener en cuenta. Estas experiencias

CORRESPONDENCIA: Pascual Piñera Salmerón. Servicio de Urgencias. Hospital General Universitario Reina Sofía. Avda. del Intendente Jorge Palacios, 1. 30003 Murcia, España. E-mail: pascual.piñera@gmail.com

FECHA DE RECEPCIÓN: 30-4-2012. **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 3-5-2012.

CONFLICTO DE INTERESES: Ninguno

pueden trasladarse a cada centro, a los días en que el flujo de usuarios es mayor en los servicios de urgencias hospitalarios (SUH) y, dentro del día, a la banda horaria con mayor presión. Ello permitiría prepararse incluso para hacer frente a una llegada masiva de usuarios en un momento inesperado, aunque la llegada de usuarios es la variable más difícil de cuantificar por no ser constante. El peor resultado encontrado en el estudio presentado, en cuanto a rendimiento, coincide con el perfil junior de los médicos. Y está de acorde, por un lado, con lo que expresa y de los que se queja la mayoría de los responsables de los SUH: la presencia, a veces excesiva, de profesionales sin experiencia en medicina de urgencias y emergencias (MUE). Por otro lado, es bien sabido que la inexperiencia aumenta el *burnout* en MUE^{3,4}. En conclusión, el simulador es un método muy interesante en la toma de decisiones ya que de una manera rápida y sencilla, teniendo la base muy depurada, permite saber qué número de personas y qué grado de experiencia se necesitan en cada momento. Podría reducir el tiempo de espera, la saturación y, por ende, los posibles colapsos tan habituales en determinadas épocas del año en los SUH.

Actualmente, dos de los métodos de aprendizaje maquinal más ampliamente utilizados en tareas de clasificación son los árboles de decisión (AD) y las redes neuronales (RN). En este último caso, la arquitectura más utilizada son los perceptrones multicapa (PMC)⁵. Sin embargo, cada uno de ellos puede presentar distintas dificultades en las aplicaciones al mundo real. Por ejemplo, los AD pueden ser pocos flexibles para generalizar sobre datos de prueba excesivamente ramificados. En el caso de los PMC, hay que definir su estructura –número de nodos y capas– y, aún definida ésta, no hay garantía que converja a una solución aceptable. La clasificación mediante AD es un método no paramétrico ampliamente utilizado en el reconocimiento de patrones complejos, especialmente cuando en la tarea de clasificación se involucran varias clases de patrones y un gran número de atributos. En este sentido, el artículo de Sánchez Losada *et al.*⁶, eminentemente matemático en su base, intenta establecer un modelo de predicción para gestionar los recursos disponibles por los sistemas de emergencias médicas (SEM) ante incidentes con múltiples víctimas. Proponen dos métodos (modelos) matemáticos. El primero está basado en el aprendizaje de una RN artificial sobre grandes emergencias pasadas para que, al igual que la RN biológica, “aprenda”, es decir, un sistema experto. El segundo está basado en AD,

que son sistemas probabilísticos que en base a una ocurrencia desarrolla respuestas en ramas y proveen un método efectivo para la toma de decisiones. Esto es así dado que los AD plantean claramente el problema para que todas las opciones sean analizadas, permiten analizar totalmente las posibles consecuencias de tomar una decisión, proveen un esquema para cuantificar el costo de un resultado y la probabilidad de que suceda, y ayudan a realizar las mejores decisiones sobre la base de la información existente y de las mejores suposiciones. Debemos señalar en este editorial que dichos métodos, las RN y los AD, son bastante complicados en cuanto a su punto de partida. Se precisarían equipos de emergencias preparados para la toma de datos en el lugar del problema (datos de todo tipo: incidente, personas implicadas, lugar, hora del día, meteorología,...) y ponerlas en común con otros equipos diseminados por todo el país. Estas técnicas se traducen matemáticamente en ecuaciones econométricas: una variable a predecir en función de un número, tan grande como interese, de variables explicativas. Éstas pueden ser dicotómicas, lo que dificulta el cálculo, y además se necesita mucho “aprendizaje” para dar una ecuación más o menos cuasi-perfecta. Por otro lado, cuando la variable a predecir es de dos tipos, observada y estimada, y cuando además la estimada es muy distinta de la observada, la complicación es mayor y el resultado disminuye en fiabilidad. El árbol agregativo da un conjunto de resultados del que, tal vez, sería posible sacar más información si la muestra fuera de mayor tamaño como para poder ser más concluyente.

Volviendo de nuevo a la simulación, ésta se emplea en investigación aplicada cuando el proceso es muy complejo para ser estudiado de forma analítica. Evidentemente, aunque el valor futuro de una serie temporal no sea predecible con total exactitud, el resultado tampoco puede ser completamente aleatorio para que su estudio tenga interés. Debe existir alguna regularidad en cuanto a su comportamiento en el tiempo, lo que hará posible su modelado y, *por ende*, la predicción. La metodología tradicional para el estudio de series temporales es bastante sencilla de comprender, y fundamentalmente se basa en descomponer las series en varias partes: tendencia, variación estacional o periódica, y otras fluctuaciones irregulares. Díaz Herrero *et al.*⁷ proponen un estudio que proporciona, desde el punto de vista matemático, la mejor respuesta al problema de volumen de demanda y tiempos de asistencia en caso de poder trasladar, en forma de aplicación infor-

mática, a los centros de los SEM correspondientes para hacer las consultas pertinentes. Cuando se trata de estudiar fenómenos que tienen variaciones en el tiempo y dichas variaciones se presentan más o menos reiterativamente, hay diversos métodos para efectuar pronósticos que conduzcan a dar respuestas adecuadas. Los más conocidos son las series temporales y sus desestacionalizaciones, los modelos econométricos y los indicados como ARIMA, MAPE, RMSE Y MaxAPE⁸. Hay que ser muy experto en predicciones para poder entenderlos e interpretarlos. Los autores han desarrollado un buen trabajo (aunque en ocasiones de compleja comprensión) en cuanto que indican qué modelo es el que podría hacer mejor predicción. Sería deseable la realización de estudios similares en otros centros para dar solidez a las conclusiones que los autores alcanzan en dicho trabajo.

Como hemos podido comprobar en estos tres artículos^{2,6,7} las matemáticas pueden seguir colaborando con la medicina de forma estrecha y continua de cara a intentar facilitar la gestión de los SUH, los SEM y las condiciones de trabajo y, de esta forma, contribuir a la mejor atención de los enfermos que recaban atención urgente. En la vida, y también en la medicina, siempre hemos deseado saber qué nos traerá el futuro y así po-

der tener una mejor planificación vital, tanto personal como laboral. Y aunque en la vida esto parece difícilmente alcanzable, puede no serlo tanto en la medicina, donde gracias a las matemáticas podemos dar algún paso que permita anticipar qué va a pasar los próximos días en nuestros SUH y SEM.

Bibliografía

- 1 Sanz-Serna JM. Matemáticas y Medicina. La Gaceta de la RSME. 2008;11:665-77.
- 2 Taboada M, Cabrera E, Epelde F, Iglesias ML, Luque E. Sistema de ayuda a la toma de decisiones para servicios de urgencias hospitalarios diseñado mediante técnicas de modelado orientado a individuos. *Emergencias*. 2012;24:189-95.
- 3 Fernández O, Hidalgo C, Martín A, Moreno S, García del Río B. Burnout en médicos residentes que realizan guardias en un servicio de urgencias. *Emergencias*. 2007;19:116-21.
- 4 Tomás S. Introducción a la seguridad clínica del paciente. *Monografías Emergencias*. 2007;2:1-6.
- 5 Munárriz, Luis Álvarez. Fundamentos de inteligencia artificial. España. Murcia: Universidad de Murcia, 1994.
- 6 Sánchez Losada JA, Romero Sánchez S, Caamiña García M, Habed Lobos N, Jiménez Carrascosa JF, Touza Garma B, et al. Respuesta inmediata ante grandes emergencias: modelo matemático basado en redes neuronales y árboles de decisión. *Emergencias*. 2012;24:175-80.
- 7 Díaz-Hierro J, Martín Martín JJ, Vilches Arenas A, López Del Amo González MP, Patón Arévalo JM, Varo González C. Evaluación de modelos de series temporales para la previsión de la demanda de emergencias sanitarias. *Emergencias*. 2012;24:181-8.
- 8 Aguirre Jaime, Armando. Introducción al tratamiento de series temporales. Aplicación a las Ciencias de la Salud. Madrid: Ed. Díaz de Santos; 1994.