¿Qué pueden aportar las matemáticas en la lucha antiterrorista?

Asurancetúrix

La pregunta

Durante el pasado mes de marzo, coincidiendo con el primer aniversario de los atentados de Madrid, hemos visto cómo los medios de comunicación se llenaban de noticias relacionadas con el terrorismo. Un hecho que motivó esta saturación fue la celebración en la capital de España, entre los días 7 y 9 de marzo, de la Cumbre Internacional sobre Terrorismo. En ella, y a lo largo de distintas ponencias, se analizó el fenómeno terrorista desde diversas perspectivas. Como descorazonadora conclusión de todo lo dicho en este foro se podía extraer que la amenaza terrorista está lejos de ser controlada. Debemos resignarnos, se vino a decir, a convivir con ella y a minimizar su impacto en nuestras vidas. Ante esta situación, desde un punto de vista profesional, me planteé la siguiente pregunta:

"¿Qué pueden aportar las matemáticas en la lucha antiterrorista?"

Tras una breve reflexión fui capaz de concluir que realmente no conocía nada en esa línea de trabajo. Es más, ni siquiera sabía si se habría hecho algo. Sin embargo, la curiosidad, una característica común, creo, a casi todos los matemáticos, me impulsó a buscar información sobre el tema. Con la inestimable colaboración de *Google*, y dedicando un buen puñado de tardes, encontré algunos trabajos que vinieron a responder a mi pregunta. El objetivo de esta nota es mostrar, a grandes rasgos y empleando el menor número posible de tecnicismos, algunos de los trabajos que sobre este tema se están desarrollando.

Algunos antecedentes: matemáticas y guerra

El terrorismo no es más que otra manifestación de la guerra, y el desarrollo de algunas ramas de las matemáticas ha estado íntimamente ligado a las necesidades bélicas de distintos periodos históricos. Ya en la antigüedad Arquímedes desarrolló para su amigo y protector, el rey Hieron II, diversos ingenios mecánicos que resultaron de gran utilidad, al menos en un primer momento, en la defensa de Siracusa, atacada por las legiones romanas de Marcelo, como describe Plutarco en su obra *Vidas paralelas*.

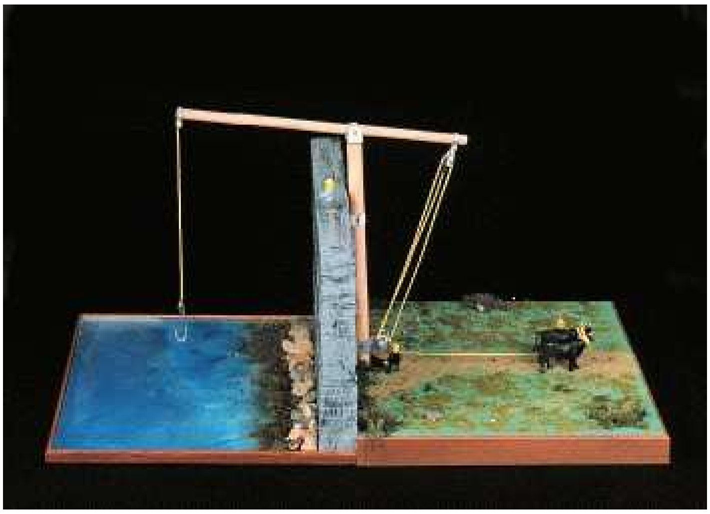

Figura 1: Máquina ideada por Arquímedes para el hundimiento de barcos desde el interior de un recinto amurallado.

Mucho más recientemente, durante la Segunda Guerra Mundial, la aportación de los matemáticos fue fundamental para descifrar el código que utilizaba *Enigma*, la máquina que codificaba los mensajes del alto mando alemán. Durante los años 20 y 30 del siglo pasado, un grupo de matemáticos polacos consiguió un algoritmo que permitía descifrar los mensajes encriptados por una primera versión comercial de *Enigma*. Esta primera versión de la máquina fue mejorada en los años anteriores al comienzo de la guerra por el ejercito alemán y en especial por su marina. Gracias a los conocimientos desarrollados en Polonia, un grupo de matemáticos británicos, entre los que se encontraba A. Turing, personaje fundamental en el desarrollo de la computación, pudieron construir una máquina, que denominaron *Bomba*, que permitía descodificar los mensajes alemanes de modo rutinario. Durante el mismo periodo histórico, también a iniciativa de los militares británicos, y con objeto de dar una distribución más racional a los recursos disponibles, la investigación operativa conoce un gran desarrollo. Su influencia se demostró decisiva en la Batalla Aérea Británica o en la Batalla del Atlántico Norte.

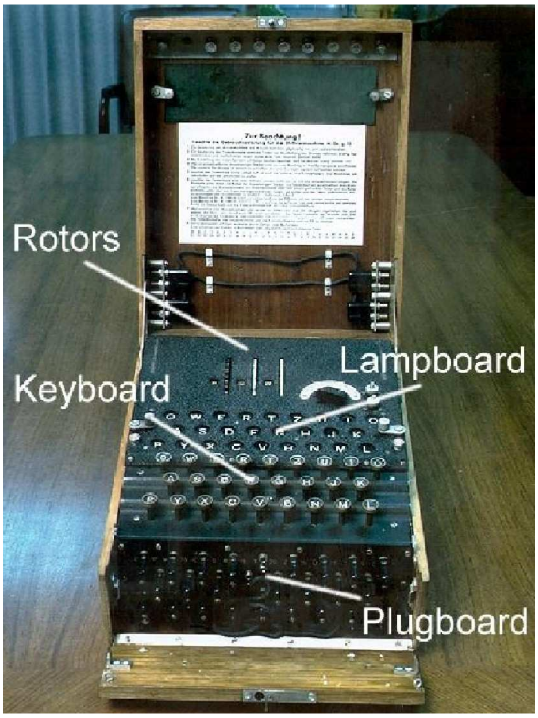

Figura 2: Una imagen de *Enigma* con la indicación de sus partes.

Fundamental fue, también, la contribución de los matemáticos en el desarrollo de la bomba atómica en *Los Álamos*, Estados Unidos. Investigadores de la talla de J. Von Neumann o S. Ulam estuvieron involucrados en el proyecto. Por ejemplo, ellos utilizaron allí por primera vez los métodos de Monte Carlo, muy útiles, por ejemplo, en estimación de integrales. Aunque la aparición oficial de los métodos de Monte Carlo no se produjera hasta el año 1949.

Los estudios teóricos sobre cuestiones relacionadas con la guerra también han ocupado parte de la actividad de los matemáticos. Un buen ejemplo son los trabajos de F. W. Lanchester, ingeniero y matemático inglés, que durante la primera guerra mundial desarrolló lo que se denomina *Ley cuadrática de combate de Lanchester*: una expresión matemática deducida de un sistema de ecuaciones diferenciales que permite *predecir* el desenlace de una batalla. La cosa parece prometedora, pero en la realidad no lo es tanto. Esta expresión involucra una serie de parámetros difícilmente controlables. Pequeñas modificaciones de esta ley, y con una elección de parámetros adecuada, han dado, a posteriori (desgraciadamente), estimaciones bastante exactas de lo ocurrido en diversas batallas, entre ellas la de las Ardenas (véanse [1] y [6]). Resulta interesante mencionar que el trabajo teórico desarrollado por F. W. Lanchester sobre cuestiones bélicas ha sido aplicado con bastante éxito por economistas japoneses, principalmente, en marketing y estrategias de ventas.

Algunas respuestas: las matemáticas del terrorismo

Tras los ataques terroristas sobre las Torres Gemelas de Nueva York se ha producido, principalmente entre los investigadores estadounidenses, como no podía ser menos, un gran desarrollo de la investigación en esta línea de trabajo. Veamos algunos ejemplos de lo que se está haciendo.

El concepto de *riesgo* tiene una fuerte componente matemática, aunque ésta varíe dependiendo del contexto en que se trabaje. Las compañías aseguradoras invierten una buena cantidad de su dinero en la cuantificación del riesgo de que ocurra un seísmo catastrófico o cualquier otro tipo de desastre natural en una región determinada. Este tipo de mediciones se hace utilizando lo que se denomina una *medida de riesgo* y tablas de datos históricos. Otro ejemplo en el que aparece claro el concepto de riesgo es en las inversiones bursátiles. Los inversores desearían saber cuál es la máxima cantidad de dinero que pueden llegar a perder con una determinada inversión. Este problema no es ni mucho menos elemental, y precisa de unas herramientas matemáticas altamente sofisticadas. En el contexto en el que queremos adentrarnos se ha desarrollado el concepto de *riesgo terrorista*. Otra vez son las compañías aseguradoras las que han comenzado el trabajo (comprensible, tienen mucho que perder). El profesor G. Woo, un especialista en riesgos sísmicos que trabaja para RMS (Risk Management Solutions), empresa especializada en el desarrollo de software para análisis de riesgos, ha obtenido en [9] una expresión para estimar la probabilidad de que un cierto objetivo sea atacado por terroristas. Para llegar a su resultado ha tenido en cuenta la aleatoriedad de los ataques terroristas y ha hecho uso de la teoría de juegos. El modelo depende de una serie de parámetros que deben ser estimados mediante tablas históricas o, en su defecto, siguiendo el consejo de expertos antiterroristas. Su trabajo ha sido utilizado como fundamento de un nuevo software desarrollado por la compañía RMS. Otras empresas están implementando modelos con el mismo objetivo pero con diferente metodología.

Figura 3: Red social en la que se muestran las relaciones entre los terroristas involucrados en los atentados del 11-S.

La estructura de *Al Qaeda* está constituida en grupos aislados, lo que minimiza la posibilidad de que la desarticulación de un grupo afecte a los restantes, que se comunican entre sí en circunstancias muy puntuales. Sin embargo, cada uno de estos grupos puede describirse mediante una red. En la figura 3, aparecida originalmente en [4], presentamos la representación en forma de red que hizo V. Krebs, un especialista en el estudio de redes sociales, de los terroristas involucrados en los atentados contra las Torres Gemelas. En esta representación se unen dos puntos (individuos) mediante un segmento cuando hay contacto entre ellos; la anchura del segmento de unión depende del tipo de relación entre los individuos y su intensidad. La información que se utilizó para realizar esta red se tomó únicamente de los medios de comunicación. De tres tipos de mediciones distintas que se pueden efectuar en este tipo de redes (*degree centrality*, *betweenness centrality* y *closeness centrality*), las tres llevan a la conclusión de que el líder indiscutible de los atentados fue Mohamed Atta, seguido de cerca por los pilotos de los restantes aviones.

Esta estructura en forma de red hace pensar a cualquier matemático en un grafo. Ésto fue lo que hizo, en [2], J. D. Farley, un matemático estadounidense que trabaja en el MIT y es especialista en conjuntos ordenados [1]. Basándose en los estudios previos plantea organizar la red como un grafo ordenado: los cabecillas en la parte superior, los *soldados*, si usamos un argot militar, en la parte más baja y en la parte intermedia distintos niveles de mando. Las uniones se establecen entre elementos del mismo nivel o del nivel inferior siempre que haya una relación de subordinación. De esta forma se representan en el grafo todas las posibles cadenas de mando existentes entre los distintos miembros de la célula terrorista. Lo que se plantea Farley es lo siguiente: tras la detención de un determinado número de miembros del grupo, digamos n, ¿cuál es la probabilidad de haber desarticulado el comando? Para ello, en primer lugar define de un modo matemático el concepto de desarticular: romper todas las posibles cadenas de mando existente dentro de la red. La probabilidad la obtiene de un modo sencillo:

$$P = \frac{\text{número de formas posibles de desarticular la red tras detener a n individuos}}{\text{número de formas posibles de desarticular la red}}$$

El interés de este estudio se encuentra en que permite, al menos durante algún tiempo, poder considerar desmantelado un grupo terrorista con una cierta probabilidad, obtenida de un modo relativamente objetivo. Sin embargo, algunos de los problemas que plantea este modelo son bastante obvios. Es necesario conocer previamente una distribución del grupo y sus responsabilidades. Además, el modelo no contempla la posibilidad de reagrupamiento del resto de los miembros del grupo tras la detención de n de ellos.

[1] J. D. Farley, además de lo que ya hemos comentado sobre él, ejerció de asesor matemático durante el rodaje de la película *Una mente maravillosa*, basada en la vida del matemático y premio Nobel de economía J. F. Nash. El trabajo que le valió el premio Nobel fue, precisamente, sobre teoría de juegos.

Lo expuesto es una muestra de los trabajos que se están desarrollando. Sin embargo, se han tratado otras muchas cuestiones: análisis de la combinación de información de inteligencia, utilizando métodos bayesianos, para estimar la probabilidad de ataques terroristas (véase [7]); estudios sobre vacunación masiva de población ante posibles ataques de bioterrorismo, obtenidos mediante el uso de modelos con ecuaciones diferenciales para la transmisión de enfermedades infecciosas (véase [3]); estimaciones para la distribución de un agente bacteriológico volátil en entornos cerrados en los que se han utilizado los trabajos conocidos para la dispersión de aerosoles (véase [8]); o, el efecto de la densidad de individuos en el número de bajas ante un ataque suicida (véase [5]).

Desde nuestra perspectiva no podemos contrastar la efectividad de la mayor parte de estos modelos. De todos modos esperamos que les sean útiles de algún modo a quienes deben serlo: las personas encargadas de la, siempre delicada, tarea de toma de decisiones en la lucha antiterrorista.

Referencias

[1] P. S. Chen y P. Chu, Applying Lanchester's linear law to model the Ardennes campaign, Naval Res. Logist., **48** (2001), 653-661.

[2] J. D. Farley, Breaking Al Qaeda cells: a mathematical analysis of counterterrorism operations (a guide for risk assessement and decision making), Studies in Conflict & Terrorism, **26** (2003), 399-411.

[3] E. H. Kaplan, D. L. Craft y L. M. Wein, Emeregency response to a smallpox attack: the case for mass vaccination, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **99** (2002), 10935-10940.

[4] W. E. Krebs, Mapping networks of terrorism cells, Connections, **24** (2002), 43-52.

[5] M. Kress, The effect of crowd density on the expected number of casualties in a suicide attack, Naval Res. Logist., **52** (2005), 22-29.

[6] T. W. Lucas y T. Turkes, Fitting Lanchester equations to the battles of Kursk and Ardennes, Naval Res. Logist., **51** (2004), 95-116.

[7] E. Paté-Cornell, Fusion of intelligence information: a bayesion approach, Risk Analysis, **22** (2002), 445-454.

[8] V. P. Reshetin y J. L. Regens, Simulation modelling of antrax dispersion in a bioterrorism incident, Risk Analysis, **23** (2003), 1135-1145.

[9] G. Woo, Quantitative terrorism risk assessment, J. of Risk Finance, 4 (2002), 15-24.