Las matemáticas y
el mundo que nos rodea

Stefan
Buijsman

MASES y MENOS

Alianza editorial

MASES Y MENOS

Las matemáticas y el mundo que nos rodea

STEFAN BUIJSMAN

Traducción de Julio Grande

Índice

Introducción

Retrocedamos un poco en el tiempo. Estoy observando con mirada vidriosa a mi profesor de Matemáticas; en una pizarra digital hay una serie de fórmulas y, al lado, puede verse el dibujo de una línea ondulada entreverada con unas cuantas líneas rectas. Como todo alumno que haya recibido clases de matemáticas en los cursos superiores del bachillerato, no tengo más remedio que aprender el funcionamiento de esas fórmulas y dibujos. ¿Por qué? En mi caso, porque mi propósito es estudiar Astronomía. Lo que no sabía en ese momento es que soy demasiado impaciente para estudiar esa carrera. Pero supongamos que sí lo hubiera sabido y que, además, en mi profesión actual casi nunca tuviera la necesidad de hacer cálculos; en ese caso, habría tecleado en Google esta pregunta: ¿para qué sirven las matemáticas?

El primer resultado que desembucha Google, si lo ponemos en neerlandés, es un artículo del diario *de Volkskrant* sobre el teorema de Pitágoras y la repartición de las pizzas. Es algo muy concreto, pero desarrolla una parte muy pequeña de la utilidad de las matemáticas, ya que sin ellas ni siquiera hubiera sido capaz de buscar una respuesta a mi pregunta en Google o hubiera llegado a un artículo que no tendría casi nada que ver con mi pregunta. Un buscador como Google sólo es posible haciendo un uso inteligente de las matemáticas, y no me refiero solamente a que los ordenadores trabajan con unos y ceros, sino también a que la manera en que Google determina lo que es una respuesta relevante a mi pregunta está basada en una parte de esta ciencia. Antes de que los fundadores Sergey Brin y Larry Page inventaran su método en 1998, el mejor resultado para quien tecleara en la línea de búsqueda «Bill Clinton», por ejemplo, era una foto suya con el chiste del día. Quien buscara «Yahoo» en Yahoo ¡ni siquiera vería aparecer en los primeros diez resultados la propia página web de la empresa! Actualmente, esto ya no es así y es algo que tenemos que agradecérselo a las matemáticas.

Sin embargo, hay muchas personas hoy en día que tienen la misma sensación que tenía yo en la escuela secundaria: se encuentran ante una pizarra llena de fórmulas que no comprenden demasiado bien y que no volverán a ver nunca más en la vida cotidiana, así que no es de extrañar que las matemáticas les parezcan incomprensibles e inútiles a muchos, aunque en realidad es todo lo contrario, porque, en verdad, las matemáticas desempeñan un importante papel en nuestra sociedad moderna y a menudo, para quien mire detrás de las fórmulas, también pueden llegar a comprenderse mejor de lo que suele creerse. La manera en que Google nos elige la información exhibe la influencia que ejercen las matemáticas en nuestra vida diaria, tanto en el sentido positivo como en el negativo, y una muestra de los efectos secundarios que encontramos en servicios digitales tales como Google, Facebook y Twitter es la capacidad que tienen de reforzar opiniones ya existentes. En la actualidad, surgen constantemente noticias falsas que difícilmente pueden rebatirse y eso se debe, en parte, a la manera en que funcionan estos servicios y redes sociales. Sólo podremos tratar de manera inteligente con ellos si llegamos a comprender a qué se debe que sean precisamente esta clase de servicios de internet los que refuerzan nuestras opiniones y por qué la manera en que esto ocurre no puede cambiarse así sin más.

En este libro quiero mostrar lo útiles que son las matemáticas. En cierto sentido, está dirigido a mi yo más joven, ahora que les he cogido el tranquillo. Al mismo tiempo, está dirigido a todas las personas que, como me pasaba a mí antes, piensan que los cálculos matemáticos sólo son un engorro y que en el futuro será estupendo perderlos de vista y no tener nada que ver con ellos. Desde que trabajo como filósofo de las matemáticas y reflexiono mucho sobre cómo funcionan y cómo las enseñamos, soy consciente de que esta disciplina es muy relevante, ya tengas que calcular cosas en tu profesión o no. Las matemáticas tratan de mucho más que de fórmulas —que apenas encontrarás en este libro—, pues si bien son muy prácticas a la hora de calcular algo específico, a menudo distraen de las ideas subyacentes.

Para mostrar que las matemáticas son más importantes y comprensibles de lo que creen muchas personas, hablaré aquí sobre unas cuantas ramas de las matemáticas y de las ideas que hay detrás. Es sorprendente la cantidad de aplicaciones que tienen algunos de los campos de esta ciencia, aplicaciones que todo el mundo es capaz de comprender, sobre todo si te olvidas por un momento de las fórmulas que subyacen en segundo plano. Tomemos la teoría de los grafos: un buscador como Google la utiliza para ordenar los resultados de la búsqueda, pero también se utiliza, por ejemplo, para predecir cómo reaccionará a un tratamiento un paciente con cáncer y para estudiar los flujos de tráfico en una gran ciudad.

Lo mismo vale para los demás campos de las matemáticas modernas que tocará este libro: la estadística y el cálculo integral y diferencial. Las ideas que subyacen suelen ser inesperadamente simples y son mucho más útiles de lo que puedes llegar a suponer en el colegio. Con la estadística te encuentras casi cada día: en la forma de los números en las noticas sobre delincuencia, economía, política, etcétera, etcétera. A menudo no está claro lo que hay que hacer exactamente con esos números o de dónde vienen; no en vano ya hace cien años que se nos lleva advirtiendo de que las estadísticas pueden llegar a ser engañosas, y, desde entonces, esa advertencia sólo ha ido creciendo cada vez más.

El papel de las diferenciales e integrales se parece más al de la teoría de grafos: son útiles porque posibilitan todo tipo de aplicaciones sin que nos demos cuenta. Desde la Revolución Industrial se han utilizado, entre otras cosas, para mejorar la eficacia de las máquinas de vapor, hacer que los coches circulen de manera autónoma y construir rascacielos. Si hay una rama de las matemáticas que haya cambiado la historia, es ésta.

Pero antes de que empiece a profundizar de manera más extensa en las muchas aplicaciones modernas de esta ciencia, debemos remontarnos a sus primeros principios. Para esto no necesitamos buscar complicados problemas históricos o eruditos de la Antigüedad, sino que nos adentraremos en la historia del ser humano en sí. Cada ser humano dispone, al nacer, de un número notable de destrezas matemáticas, por lo que en principio podríamos sobrevivir perfectamente sin clases de Matemáticas. La historia nos enseña que estas habilidades innatas empiezan a fallar tan pronto como las personas comienzan a convivir en grupos más numerosos. En un momento dado, las sociedades se vuelven simplemente demasiado grandes para poder funcionar sin matemáticas y, por eso, viramos hacia la aritmética y la geometría. Algunas culturas han conseguido seguir viviendo sin forma alguna de matemáticas, pero en estos casos siempre se trata de pequeñas sociedades que, por ejemplo, no construyen ciudades. La abstracción de las matemáticas es necesaria para asuntos como la organización de una comunidad, para la seguridad, para la construcción de casas y otros edificios, para la regulación del abastecimiento de víveres, etcétera. Ellas simplifican más los problemas prácticos y, al simplificarlos, hacen más manejable el mundo a nuestro alrededor.

La cuestión de la utilidad de las matemáticas no trata sólo de esta disciplina en la práctica. Es, en primer lugar, una cuestión filosófica, y por eso empezaré y terminaré este libro con una incursión en la filosofía. Los filósofos de las matemáticas, como yo, llevan siglos ocupándose de cuestiones como qué son las matemáticas y cuál es el funcionamiento de su aplicación, sin preocuparse demasiado de los problemas de aritmética ni de las fórmulas. En parte son cuestiones sin dilucidar, aunque dentro de la filosofía hemos progresado lo suficiente como para señalar el aspecto que debe tener la respuesta correcta.

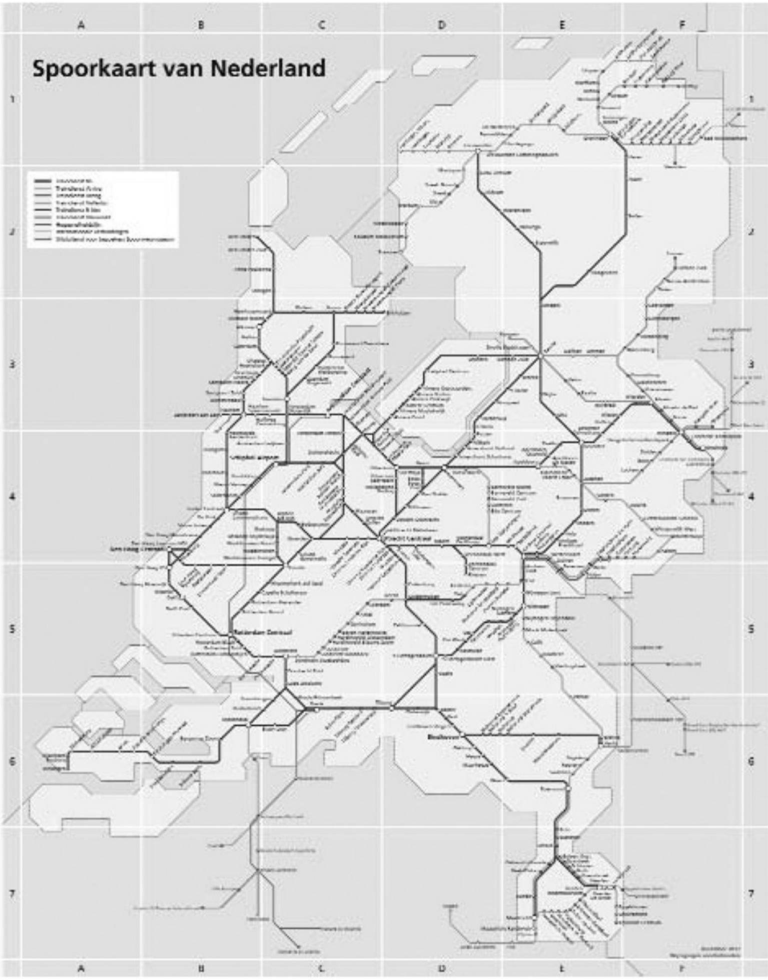
Sin embargo, debes ser tú mismo quien al final —como en la mayoría de cuestiones filosóficas— elijas lo que piensas sobre esta ciencia y qué respuesta a esas cuestiones es la que más te gusta. Tú mismo deberás también determinar si estás satisfecho con la manera en que las matemáticas se están aplicando hoy en día. ¿Las ventajas de Facebook, por ejemplo, compensan sus inconvenientes? La respuesta a esa pregunta te la dejo a ti. Entre tanto, intentaré explicar cuál es su función en esa clase de aplicaciones; por qué Facebook tiene los inconvenientes que, entre tanto, todos conocemos y cómo es posible que esos inconvenientes no puedan resolverse con un simple cambio de la idea matemática subyacente.

1

Las matemáticas que nos rodean

Un año tras otro tenemos una parte de las matemáticas detrás de una decisión que afecta a la totalidad de los Países Bajos, ya que los horarios y los lugares adonde van los trenes se determinan basándose en el trabajo de un grupo de matemáticos. Los Ferrocarriles Neerlandeses (NS) comunican los requisitos que deben cumplir esos horarios —por ejemplo, la frecuencia con la que debe circular un *intercity* entre el aeropuerto de Schiphol y Nimega— y queda en manos de los matemáticos, en cuyos cálculos se basa la guía definitiva de horarios e itinerarios, la tarea de encajarlo todo tan bien como sea posible, de manera que la hora a la que llega tu tren depende de una serie de cálculos, siempre y cuando no se hayan cubierto los raíles de hojas otoñales o se haya producido un retraso por cualquier otra razón.

Pero, en realidad, eso es algo que no tiene nada que ver con los cálculos. ¿Por qué es bueno que los matemáticos realicen la guía de circulación de trenes? Los Ferrocarriles Neerlandeses emplean alrededor de 3.000 trenes que paran en casi 400 estaciones. Para evitar accidentes, los trenes no pueden circular demasiado cerca los unos de los otros ni pueden utilizar al mismo tiempo el mismo andén de una estación, pero los viajeros tampoco quieren que un tren tenga que esperar antes de llegar a una estación hasta que el andén quede libre. Una vez que han llegado al andén, esos viajeros quieren a continuación que su trasbordo se realice sin complicaciones, de manera que no se vean obligados a correr para alcanzar la siguiente conexión, pero lo que tampoco quieren es tener que esperar media hora al haber perdido por los pelos el tren por enésima vez. También, a veces, hay puentes ferroviarios que deben abrirse, cambios de aguja rápidos o lentos, y así sucesivamente. Es igual que un puzle, pero uno que tiene una manera de colocar las piezas mejor que la otra. Podría hacerse una guía de horarios e itinerarios como se hace un puzle: preparas todas las piezas y empiezas con lo más sencillo, montando luego a partir de ahí el resto del puzle.



El mapa de las vías férreas de los Países Bajos con todas las estaciones y compañías transportistas.

Imaginemos que fuera así. Ese grupo de matemáticos construye en las oficinas centrales de los Ferrocarriles Neerlandeses un modelo a escala de la red ferroviaria del país: una enorme vía de tren con el aspecto del mapa anterior. Organizan 3.000 trenes en miniatura que circulan con sus velocidades correspondientes por la pequeña vía. Una especie de Madurodam, el pequeño país a escala que puede verse en La Haya, pero con 400 estaciones en lugar de las cuatro existentes en miniatura. La guía de horarios e itinerarios puede examinarse ahora en la realidad y ves delante de tus narices lo que pasa cuando dos trenes circulan demasiado cerca el uno del otro y chocan.

Por supuesto que en la práctica no funciona un modelo a esta escala. El espacio en las oficinas de los Ferrocarriles Neerlandeses es demasiado reducido como para colocar allí 400 estaciones y hacer que circulen miles de trenes al mismo tiempo por las vías eléctricas en miniatura. Además, seguro que todo saldría mal, por lo que los trenes se retrasarían y esos retrasos no son tan importantes para la guía de horarios e itinerarios. Naturalmente, todo ha de ser dispuesto para que la red ferroviaria no se altere si llega tarde un tren, pero en realidad está reproduciendo la situación ideal en la que todo sale bien.

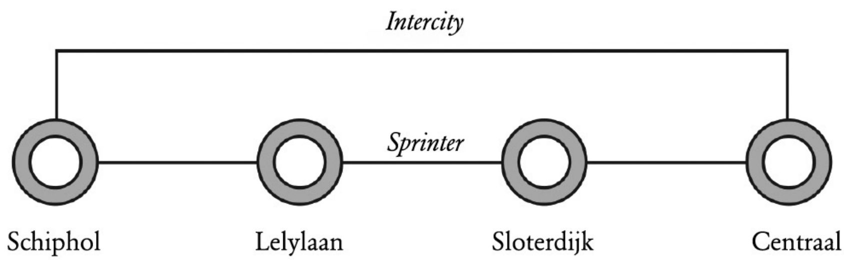
De ahí que haya un grupo de matemáticos que deba cumplimentar esa guía. Al observar el problema desde una perspectiva matemática, en realidad pueden pasar por alto todos esos «pequeños» problemas. ¿Tormentas primaverales? En las matemáticas no existen. El problema matemático sólo trata de las líneas en el mapa sobre las que circulan puntitos imaginarios. Esos puntitos circulan siempre a su debido tiempo, nunca llegan a una tormenta de nieve cuando están circulando y nunca les afectan las averías. En otras palabras, abstrayendo más los problemas, te evitas tener en cuenta todo tipo de vicisitudes, lo que facilita por sí mismo encontrar una solución. Aplicar las matemáticas al problema ayuda, porque las matemáticas ignoran todos esos detalles insignificantes. En el mapa de las vías férreas sólo se ven puntitos y líneas, sin todas esas cosas prácticas que luego un maquinista sí que deberá tomar en consideración. Aquí sólo se trata de dos cosas: las horas a las que llegan los diferentes trenes a una estación y las horas a las que salen. Si sabes cuáles son los números que hacen posible que todo encaje, el puzle está resuelto. Al verlo todo como un gran problema de aritmética con horarios de trenes, resulta más fácil tener en cuenta el meollo de la cuestión, y es en esto en lo que radica el principal valor de las matemáticas.

Para aclarar mejor cómo funciona, podemos reflexionar sobre una pequeña parte de la red ferroviaria. Hay una línea que va del aeropuerto de Schiphol a Amsterdam Centraal. Por ella circulan trenes que paran en ambas estaciones. En los carteles informativos deben aparecer, por tanto, las horas de llegada y salida de los trenes que circulan de Schiphol a Amsterdam Centraal y de Amsterdam Centraal a Schiphol. Además, hay dos tipos de trenes que realizan este trayecto: un *sprinter,* que para también en Amsterdam Lelylaan y Amsterdam Sloterdijk, y un *intercity* que no se detiene en estas dos estaciones intermedias.

El trayecto entre Schiphol y Amsterdam Centraal lo han reproducido los matemáticos, que han utilizado la teoría de grafos, con líneas para las vías y puntos para las estaciones. En la ilustración de la página siguiente, el *sprinter* es la línea inferior, que recorre las cuatro estaciones, mientras que el *intercity* pasa de largo por las estaciones intermedias, aunque circula por la misma vía. Por eso dibujan una línea recta entre Schiphol y Amsterdam Centraal.

Un esquema así es mucho más simple que una maqueta en miniatura con cuatro estaciones y dos trenes. Además, se parece a los dibujos con los que estamos familiarizados.

El mapa de las vías férreas que acabamos de ver podemos comprenderlo con facilidad y los carteles amarillos que utilizan los Ferrocarriles Neerlandeses en las estaciones, para mostrar cómo discurre un trayecto ferroviario, con un diseño semejante. La única diferencia es que allí hay más líneas, ya que en el mencionado esquema pueden verse dos rutas de tren en el mismo trayecto.



Sprinter e *intercity* entre Schiphol y Amsterdam Centraal.

Con unos cuantos números añadidos es posible, además, hacer cálculos con este esquema. Se puede indicar cuánto tarda en llegar de un círculo al otro poniendo un número en cada línea. El *intercity,* por ejemplo, tarda 14 minutos en ir de Schiphol a Amsterdam Centraal. Así pues, a la línea superior le correspondería un «14». Esos números son el punto de partida para completar el puzle: el tiempo en el que llegan el *sprinter* y el *intercity* a Amsterdam Centraal, por ejemplo, no puede ser el mismo, ya que en ese caso chocarían al tener que estar en el mismo momento en el mismo tramo de línea. Los números hacen más sencilla, a fin de cuentas, la cumplimentación de la guía de horarios e itinerarios de los trenes.

Aunque esto no quiere decir que ahora se haya simplificado todo el problema. Con tantas estaciones y trenes, el cálculo matemático es demasiado grande para hacerlo a mano y hay que recurrir a un ordenador adecuado para encontrar una buena solución. El asunto es que, a pesar de todo, es un problema que puede resolverse en un plazo de tiempo razonable, mientras que se tardaría demasiado en elaborar una guía sobre la base de un modelo a escala. Con un ordenador y la interpretación de las matemáticas, es posible registrar dentro de un plazo razonable los nuevos horarios de los trenes y, de esa manera, se puede incluso comprobar si se ha encontrado la mejor solución, lo que no puede hacerse con la ilustración tal como la he dibujado aquí, pero en el capítulo 7 explicaré con más detalle cómo funciona con los Ferrocarriles Neerlandeses. Lo importante es la idea de que las matemáticas se utilizan en toda clase de circunstancias cotidianas.

¿Qué tren he de coger?

Gracias a la teoría de grafos, los Ferrocarriles Neerlandeses pueden decirte también qué tren debes coger para llegar lo más rápido posible a tu destino. Esos consejos también los calcula hoy en día un ordenador, porque resulta más rápido que pedir a un empleado que lo busque en la guía de horarios e itinerarios.

Sin embargo, no suele ser tan difícil hacerte una idea de cuál es el tren que más te conviene. Para quien quiera viajar de Utrecht a Ámsterdam seguro que la mejor opción no es subirse en el tren que va a Venlo. No suele haber tantas alternativas de las que te puedas fiar y, por regla general, también puedes llegar por tus propios medios a saber cuál es la mejor manera de viajar. ¿Cuál es entonces el valor añadido de las matemáticas en las recomendaciones de viaje?

En este caso, las matemáticas ya no simplifican más un problema fácil, pero procuran que puedas resolverlo antes. Un programa de ordenador puede, al igual que tú, mirar en los horarios cuáles son los trenes que circulan en la buena dirección. Ese programa utiliza el modelo matemático para