

## ¿POR QUÉ HACER MATEMÁTICAS?

*Querida Meg:*

Como probablemente esperabas, me alegré mucho al enterarme de que estabas pensando en estudiar matemáticas, en parte porque eso quiere decir que las semanas que pasaste leyendo y releendo *A Wrinkle in Time* hace algunos veranos, y todas las horas que dediqué a explicarte *tesseract*s y dimensiones superiores, no fueron en balde. En lugar de responder a tus preguntas en el orden que las planteabas, déjame abordar primero la más práctica: ¿hay alguien, aparte de mí, que realmente se gane la vida con las matemáticas?

La respuesta es diferente de lo que piensa la mayoría de la gente. Hace algunos años en la universidad donde trabajo se realizó una encuesta entre los alumnos y se descubrió que, de entre todas las titulaciones, la que llevaba a obtener unos ingresos medios más altos era... matemáticas. Es verdad que la encuesta se hizo antes de que se abriera la nueva facultad de medicina, pero en cualquier caso echa por tierra un mito: que un matemático no puede conseguir un trabajo bien remunerado.

Lo cierto es que encontramos matemáticos todos los días y en todas partes, pero apenas nos damos cuenta. Antiguos alumnos míos han gestionado cervecerías, fundado sus propias compañías electrónicas, diseñado automóviles, creado *software* informático o comerciando con futuros en el mercado de valores. Sencillamente no se nos ocurre pensar que nuestro gestor bancario pueda ser licenciado en matemáticas, o que las personas que inventan o fabrican reproductores de DVD y MP3 emplean a muchos matemáticos, o que la tecnología que transmite esas sorprendentes imágenes de las lunas de Júpiter se basa fundamentalmente en las matemáticas. Sabemos que nuestro médico es licenciado en medicina, y que nuestro abogado lo es en derecho, porque éstas son profesiones específicas y bien definidas que requieren formación igualmente específica. Pero no vemos chapas metálicas en los portales de los edificios en los que se anuncie que dentro hay un licenciado en matemáticas que, a cambio de unos buenos honorarios, le resolverá cualquier problema matemático para el que necesite ayuda.

Nuestra sociedad consume muchas matemáticas, pero todo sucede entre bastidores. La razón es simple: ahí es donde funcionan. Cuando uno conduce un automóvil no quiere tener que preocuparse por todas las cosas complicadas que hacen que funcione, lo que quiere es subir al coche y salir de viaje. Por supuesto, ayuda a ser mejor conductor el que uno conozca los fundamentos de la mecánica del automóvil, pero eso no es esencial. Lo mismo pasa con las matemáticas. Uno quiere que el sistema de navegación de su automóvil le dé las direcciones sin tener que hacer los cálculos matemáticos. Uno quiere que su teléfono funcione sin que tenga que entender el procesamiento de la señal y los códigos de corrección de errores.

Sin embargo, algunos de nosotros tenemos que saber cómo se hacen los cálculos matemáticos, o ninguna de estas maravillas podría funcionar. Estaría bien que los demás fueran conscientes de lo mucho que nos valemos de las matemáticas en nuestra vida cotidiana; el problema de poner las matemáticas tan lejos entre bastidores es que mucha gente no sabe que están allí.

A veces pienso que la mejor manera de cambiar la actitud de la gente hacia las matemáticas sería pegar una etiqueta roja que rezara "Matemáticas en el interior" en cualquier cosa que necesita de las matemáticas. Habría una etiqueta en cada ordenador, por supuesto, y supongo que si tomásemos la idea literalmente deberíamos pegar una en cada profesor de matemáticas. Pero también deberíamos colocar una pegatina matemática roja en cada billete de avión, teléfono, automóvil, semáforo, vegetal... ¿Vegetal?

Sí. Ya pasó el tiempo en que los granjeros plantaban simplemente lo que habían plantado sus padres, y los padres de éstos antes. Prácticamente cualquier planta que uno puede comprar es resultado de un largo y complicado programa de cultivo comercial. Todo el tema del "diseño experimental", en el sentido matemático, fue inventado a principios del siglo XX para facilitar una manera sistemática de evaluar nuevos tipos de plantas, por no mencionar los métodos más recientes de modificación genética.

Espera. ¿Esto no es biología?

Biología, por supuesto. Pero también matemáticas. La genética fue una de las primeras partes de la biología en hacerse matemática. El Proyecto Genoma Humano tuvo éxito gracias al gran y hábil trabajo realizado por los biólogos, pero un aspecto vital de todo el proyecto fue el desarrollo de potentes métodos matemáticos para analizar los resultados experimentales y reconstruir secuencias genéticas precisas a partir de datos muy fragmentarios.

Así que los vegetales llevan su pegatina roja. Casi todo lo que existe lleva un pegatina roja.

¿Vas al cine? ¿Te gustan los efectos especiales? ¿*La guerra de las galaxias*, *El señor de los anillos*? Matemáticas. El primer largometraje animado por ordenador, *Toy Story*, dio lugar a la publicación de unos veinte artículos de investigación en matemáticas. "Animación gráfica por ordenador" no es simplemente ordenadores que hacen imágenes; son los métodos matemáticos que logran que estas imágenes parezcan realistas. Para hacerlo se necesita la geometría tridimensional, las matemáticas de la luz, el "intercalado" para interpolar una serie fluida de imágenes entre un comienzo y un final, y mucho más. La "interpolación" es una idea matemática. Los ordenadores son ingeniería hábil, pero ellos no hacen nada útil sin un montón de matemáticas ingeniosas. Pegatina roja.

Y luego, por supuesto, está Internet. Si algo utiliza las matemáticas, es Internet. El principal motor de búsqueda actual, Google, se basó en un método matemático para encontrar las páginas web que es más probable que contengan la información requerida por un usuario. Se basa en álgebra matricial, teoría de probabilidades y la combinatoria de redes.

Pero las matemáticas para Internet son mucho más fundamentales que eso. La red telefónica se basa en las matemáticas. No es como en la viejas épocas en que los operadores en centralitas conectaban las llamadas enchufando con la mano literalmente las líneas telefónicas. Hoy dichas líneas tienen que llevar millones de mensajes a la vez. Somos tantos, todos esperando hablar con nuestros amigos o enviar faxes o acceder a Internet, que tenemos que compartir las líneas telefónicas, los cables transoceánicos y los repetidores en satélites, o la red no podría soportar todo ese tráfico. Así que cada conversación se divide en miles y miles de fragmentos cortos, y sólo uno fragmento de cada cien se transmite realmente. En el otro

extremo, los noventa y nueve fragmentos que faltan se recomponen llenando los huecos tan suavemente como sea posible (funciona porque las muestras, aunque cortas, son muy frecuentes, de modo que los sonidos que uno produce cuando habla cambian mucho más lentamente que el intervalo entre muestras). ¡Ah!, y toda la señal está codificada de modo que los errores de transmisión no sólo pueden ser detectados sino que pueden ser corregidos en el extremo receptor.

Los modernos sistemas de comunicación simplemente no funcionarían sin una enorme cantidad de matemáticas. Teoría de codificación, análisis de Fourier, procesamiento de señal...

En cualquier caso, tú entras en Internet para conseguir un billete de avión, reservas tu vuelo y apareces en el aeropuerto, subes al avión, y allá vas. El avión vuela porque los ingenieros que lo diseñaron utilizaron las matemáticas del flujo de fluidos, la aerodinámica, para asegurar que se elevaría. Navega utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS), un sistema de satélites cuyas señales, analizadas matemáticamente, pueden decirte dónde estás con un margen de error de un metro. Los vuelos tienen que estar programados de modo que cada avión se halle en el lugar correcto cuando se necesita que esté cerca, en lugar de estar en algún lugar al otro lado del globo, y eso, de nuevo, requiere otras áreas de las matemáticas.

Y eso es lo que pasa, querida Meg. Tú me preguntabas si todos los matemáticos están encerrados en universidades, o si algunos trabajan en estrecho contacto con la vida real. Toda tu vida se balancea como una pequeña barca en un enorme océano de matemáticas.

Pero apenas se nota. Ocultar las matemáticas hace que nos sintamos cómodos, pero las devalúa. Es una pena. Hace que la gente piense que no son útiles, que no importan, que son sólo juegos intelectuales sin ninguna aplicación verdadera. Y por eso me hubiera gustado ver esas pegatinas rojas. De hecho, la mejor razón para no ponerlas es que la mayor parte de nuestro planeta estaría cubierto de ellas.

Tu tercera pregunta era la más importante, y también la más triste. Me preguntabas si tendrías que abandonar tu sentido de la belleza para estudiar matemáticas, si todo se convertiría para ti en ecuaciones, leyes y fórmulas. Puedes estar segura, Meg, de que no te reprocho que preguntes eso, pues por desgracia es una idea muy común, pero no podría ser más errónea. Lo cierto es exactamente lo contrario.

Esto es lo que las matemáticas hacen por mí: me hacen consciente del mundo en el que habito de una forma completamente nueva. Abren mis ojos a las leyes y pautas de la naturaleza. Me proporcionan una experiencia de belleza totalmente nueva.

Cuando veo un arco iris, por ejemplo, no sólo veo un arco multicolor y brillante que cruza el cielo. No sólo veo el efecto de las gotas de lluvia sobre la luz del sol, cuya luz blanca se descompone en sus colores constituyentes. Los arco iris siguen pareciéndome bellos y sugerentes, pero aprecio que hay más en un arco iris que la mera refracción de la luz. Los colores son, por decirlo así, una pista roja (y azul y verde). Lo que requiere explicación es la forma y el brillo. ¿Por qué el arco iris es un arco circular? ¿Por qué es tan brillante la luz del arco iris?

Quizá no hayas pensado en estas cosas. Sabes que un arco iris aparece cuando la luz del sol es refractada por minúsculas gotas de agua; la luz de cada color es desviada a un ángulo ligeramente diferente y, tras rebotar en la superficie interior de la gota, llega al ojo del observador desde una dirección distinta. Pero si eso es todo lo que hay en un arco iris, ¿por qué los miles de millones de rayos de diferentes colores procedentes de miles de millones de gotas no se solapan simplemente y se promedian?

La respuesta está en la geometría del arco. Cuando la luz rebota dentro de una gota de agua, la forma esférica de la gota hace que la luz salga fuertemente concentrada en una dirección especial. Cada gota emite de hecho un cono de luz brillante o, más bien, cada color de la luz forma su propio cono, y el ángulo del cono es ligeramente diferente para cada color. Cuando miramos un arco iris, nuestros ojos sólo detectan los conos que proceden de gotas de lluvia que están alineadas en direcciones concretas, y para cada color dichas direcciones forman un círculo en el cielo. Así que vemos muchos círculos concéntricos, uno por cada color.

El arco iris que ves tú y el arco iris que veo yo están creados por gotas de lluvia diferentes. Nuestros ojos están en lugares diferentes, de modo que detectan conos diferentes, producidos por gotas diferentes.

Los arco iris son personales.

Algunas personas piensan que este tipo de comprensión "deteriora" la experiencia emocional. Creo que esto es una tontería. Manifiesta una complacencia estética muy limitada. La gente que hace estas afirmaciones suele presumir de que son personas poéticas, abierto a las maravillas del mundo, pero de hecho sufren de una grave carencia de curiosidad: se niegan a creer que el mundo es más maravilloso que sus limitadas imaginaciones. La naturaleza es siempre más profunda, más rica y más interesante de lo que uno piensa, y las matemáticas proporcionan una forma muy poderosa de apreciarlo. La capacidad para comprender es una de las diferencias más importantes entre los seres humanos y los demás animales, y deberíamos valorarla. Muchos animales se emocionan, pero sólo los humanos piensan racionalmente. Yo diría que mi comprensión de la geometría del arco iris añade una nueva dimensión a su belleza. No resta nada de la experiencia emocional.

El arco iris es tan sólo un ejemplo. También miro a los animales de forma diferente porque soy consciente de las pautas matemáticas que subyacen en sus movimientos. Cuando miro un cristal soy consciente de las bellezas de su red atómica tanto como del encanto de sus colores. Veo matemáticas en las ondas y dunas de arena, en la salida y la puesta de sol, en las gotas de lluvia que salpican en un charco, incluso en los pájaros posados en los cables telefónicos. Y soy consciente -difusamente, como si mirase por encima de un océano brumoso- de la infinidad de cosas que no sabemos acerca de esas maravillas cotidianas.

Luego está la belleza interna de las matemáticas, que no debería ser subestimada. Las matemáticas hechas "por su propio valor" pueden ser exquisitamente bellas y elegantes. No las "sumas" que todos hacemos en la escuela, que por separado son básicamente feas e informes, aunque los principios generales que las rigen tienen su propia belleza. Son las ideas, las generalidades, los repentinos destellos de intuición, la comprensión de que tratar de trisecar un ángulo con regla y compás es como tratar de demostrar que 3 es un número par, o

que tiene perfecto sentido que no puedas construir un polígono regular de siete lados pero puedas construir uno de diecisiete lados, o que no haya manera de deshacer un nudo en el extremo de un cordel, o por qué algunos infinitos son mayores que otros mientras que algunos que deberían ser mayores son en realidad iguales, o que el *único* cuadrado (aparte de 1, si te pones quisquillosa) que es suma de cuadrados consecutivos,  $1 + 4 + 9 + \dots$  es el número 4.900.

Tú, Meg, tienes capacidad para convertirte en una matemática consumada. Tienes una mente lógica y también curiosa. No te convencen los razonamientos vagos; quieres ver los detalles y comprobarlos por ti misma. No sólo quieres saber cómo hacer que las cosas funcionen, quieres saber por qué funcionan. Y tu carta me da esperanzas de que llegarás a ver las matemáticas como yo las veo, como algo fascinante y bello, una manera de ver el mundo sin parangón.

Espero que esto fije el escenario para ti.

Tuyo,

*Ian.*