

Entrevista a César Camacho

Director del Instituto de Matemática Pura y Aplicada - IMPA, de Río de Janeiro y fundador del Instituto de Matemática y Ciencias Afines - IMCA, en el Perú

¿Qué es la matemática? ¿Cuál es su esencia, origen, estética y significado en la sociedad? ¿Cuál sería su importancia en la comunicación entre las personas?

La actividad matemática consiste en la búsqueda de estructuras lógicas que expliquen nuestro universo de una manera organizada. En este sentido, la matemática es también un lenguaje lógico mediante el cual intentamos comprender y explicar el mundo en el que vivimos. El matemático francés Henri Poincaré (1854-1912), uno de los más notables científicos de todos los tiempos, expresó esto de una manera sucinta: *“Faire des mathématiques, c’est donner le même nom à des choses différentes”* (Hacer matemáticas es darle el mismo nombre a cosas diferentes).

El mecanismo mediante el cual la matemática se desarrolla comienza por la propuesta de “problemas” que pueden aparecer como parte inherente de su estructura lógica o por las interpretaciones matemáticas (modelos) de fenómenos reales. La actividad matemática más noble se concentra en la solución de tales problemas por medio de “demostraciones”. Una demostración es una argumentación que a partir de axiomas acordados alcanza una conclusión mediante una secuencia de raciocinios lógicos. A la expresión de la conclusión se le llama teorema. Los teoremas son permanentes. El progreso de la matemática, sin embargo, puede traer como consecuencia la simplificación de sus demostraciones y, aun más, diferentes demostraciones pueden enriquecer la matemática ofreciendo nuevos vínculos conceptuales con otras áreas. Este fue el caso, por ejemplo, de la tesis de C. Gauss (1777-1855), que con-



sistió de la demostración del teorema fundamental de álgebra que dice que toda ecuación algebraica:

$$Z^n + a_{n-1} Z^{n-1} + \dots + a_0 = 0, n \geq 1,$$

donde los coeficientes a_0, \dots, a_{n-1} son números complejos, posee una solución que es un número complejo. Posteriormente, Gauss dio otras tres demostraciones del mismo teorema. Cada una de ellas significó una contribución notable a la matemática.

La permanencia de los teoremas a través del tiempo trasciende las civilizaciones y hace de la matemática una ciencia universal, que no tiene barreras de idioma ni políticas.

Existe una estética de la matemática. Es posible para un matemático apreciar la belleza de un resultado o de un raciocinio, su simplicidad, su armonía intrínseca y su valor conceptual contribuyen a la intuición de una estética propia. Ella sirve de guía a los matemáticos para intuir resultados.

La evolución de las demostraciones de los teoremas hace cada más accesible la matemática a la población. Teoremas antes solo comprendidos por un pequeño grupo de mentes privilegiadas son ahora asimilados correctamente por una enorme cantidad de estudiantes porque, con el pasar del tiempo, nuevas técnicas e ideas elaboradas por los matemáticos han sido absorbidas en el sistema educacional simplificando los conceptos. La permanencia de la matemática va valorizando la acumulación de este conocimiento en bibliotecas. Una biblioteca moderna de matemática estaría incompleta sin las publicaciones más importantes del siglo XIX, y aun de muchas del siglo XVIII.

La civilización como la conocemos no existiría sin la matemática. No habría computadoras ni motores de ningún tipo. La ingeniería sería precaria y la salud volvería a alcanzar índices prehistóricos. Es imposible disociar la matemática del desarrollo humano. En consecuencia, es fundamental para la sobrevivencia de la sociedad en niveles adecuados que los países mantengan sistemas educacionales eficientes, con el propósito de transmitir conocimientos

mínimos que permitan al ciudadano una comprensión clara de los acontecimientos modernos. Hoy en día vemos en los diarios referencias a encuestas, análisis estadísticos, tasas de interés, gráficos de aplicaciones financieras etc., y son relativamente pocos los ciudadanos que saben interpretar estos conceptos.

Voy a atreverme a hacer algunas recomendaciones sobre lo que debería ser una educación mínima en matemática en la enseñanza primaria, de fundamental importancia para un aprendizaje posterior, ya que la matemática tiene también un carácter acumulativo y muchas veces debe haber prerequisites básicos para absorber nuevos conceptos. No entro en el asunto más complejo de hacer consideraciones sobre la enseñanza media por entender que estaría apartándome demasiado de la pregunta. Hago estas recomendaciones basándome en mi experiencia de matemático, consciente de que estas pueden no coincidir con la enseñanza que se practica en nuestras escuelas.

En la educación primaria el estudiante debe aprender a contar con los números enteros y saber las cuatro operaciones elementales: adición, sustracción, multiplicación y división. Es importante que los estudiantes sepan de memoria la tabla de multiplicar y que se habitúen a realizar mentalmente operaciones simples. Esto genera en los niños una intuición de la grandeza asociada a los números y de la proporción entre ellos. Es fundamental que aprendan progresivamente a realizar las cuatro operaciones en el papel y que dominen los procedimientos (algoritmos) para llevar a cabo estos cálculos. También es necesario que los estudiantes se familiaricen con los números decimales y las fracciones, y que estos conceptos se asocien con experimentos geométricos. Este es un salto conceptual grande, ya que el estudiante pasará a presenciar la existencia de números reales no enteros.

El uso de la máquina de calcular no es aconsejable, no solo porque inhibe la práctica mental con números sino porque ella viola conceptos fundamentales de matemática. Por ejemplo, el concepto de que la multiplicación y división son operaciones inversas cuando se opera con números no nulos, es violado por las máquinas. Divida 1 por 3 y la máquina responderá 0,333333, multiplique este número por 3 y la máquina responderá 0,999999, que es diferente de 1.

Es importantísimo que los alumnos sean instruidos en la práctica de la regla de tres, fundamental para una buena comprensión de la proporcionalidad. Todos los conceptos mencionados deberían ser objeto de muchos ejercicios que acostumbren al estudiante a enfrentar desafíos y a buscar soluciones cada vez más creativas. Finalmente, la escuela primaria debería incluso propiciar una iniciación a la geometría, con la introducción de figuras geométricas básicas tales como la recta, el círculo, el cuadrado, el rectángulo, el triángulo, el cubo y la esfera.

Actualmente, la matemática es vista como un instrumento para mejorar la calidad de vida de las personas. ¿Cuáles son sus usos en la producción y los servicios públicos?

En realidad vivimos ahora una época en que la matemática reina de manera omnipresente en la sociedad, en nuestra vida diaria. El uso generalizado de computadoras no sería posible si no fuese por el sistema de numeración binario de Leibnitz. El uso sistemático del código de barras en los supermercados es posible debido a un proceso de reconocimiento, que es matemático. El progreso de las telecomunicaciones genera permanentes desafíos

matemáticos. Por ejemplo, es necesario comprimir datos para enviar información sin exceder la capacidad de las redes. El diseño de algoritmos que comprimen y descomprimen datos es un problema matemático para el cual la Teoría de Wavelets, puramente matemática, ha tenido gran importancia. El análisis de imágenes de satélites es hecho por métodos de computación gráfica que utilizan resultados avanzados de optimización y probabilidad, dos teorías puramente matemáticas. Los recursos a pilotos automáticos, que guían los aviones la mayor parte del tiempo, utilizan sistemas regidos por la Teoría de Control, una teoría matemática. Recientemente la actividad bancaria pasó a requerir la participación de matemáticos. Esto es consecuencia de la globalización de las actividades bancarias y de la existencia de un mercado financiero mundial, fruto del progreso de las telecomunicaciones.

La complejidad de las operaciones financieras también contribuyó para esto. Por ejemplo, los negocios con derivados y opciones, es decir, la promesa de comprar un cierto bien a un precio determinado por un mecanismo bien determinado con base en información futura. Es evidente que esto implica análisis de riesgo para realizar estos negocios. Los matemáticos han construido sofisticados modelos probabilísticos destinados a estimar algunos de los índices sobre los que se basan los precios. Esta es una área de la matemática que actualmente está en proceso de consolidación. Se llama matemática financiera y se la enseña en algunos centros avanzados de matemática. La mecánica cuántica, la cristalografía y la tecnología de comunicaciones no podría existir sin la base que les proporciona la teoría de grupos.

El desarrollo de la tomografía por rayos X (las tecnologías de escaneo CAT y MRI) se ha construido sobre la geometría integral. La generación de códigos de sigilo para transmitir datos con seguridad depende de la aritmética de los números primos.

Usted es reconocido como uno de los matemáticos más destacados de la actualidad. ¿Cuáles son sus propios aportes a la matemática universal?

En mi carrera como matemático he encontrado varios problemas de naturaleza fundamental; algunos los he resuelto, otros no. Entre los primeros, se encuentra un viejo problema subyacente a la obra pionera de dos matemáticos franceses, Briot y Bouquet, que conjeturaron en 1854 que una ecuación diferencial analítica compleja en dos variables siempre tendría una solución analítica pasando a través de una singularidad. Este problema lo resolví junto con el colega matemático Paulo Sad, cuando pasábamos un año de posdoctorado en la Universidad de California, en Berkeley, en 1980. La solución de este problema, que confirmaba la conjetura de Briot y Bouquet, solo fue posible con la introducción de métodos provenientes de otra área matemática llamada geometría algebraica. Yo aprecio mucho este resultado, que hace una conexión insospechada entre las ecuaciones diferenciales y la teoría clásica de geometría algebraica.

Tengo muchos otros resultados, pero creo que sería impropio mencionarlos aquí, ya que requerían una larga disertación antes de enunciarlos.

Usted es fundador y Director del Instituto de Matemáticas y Ciencias Afines (IMCA) de la UNI ¿Cuál es la labor actual y la importancia en perspectiva del IMCA en el país?

El Perú ha tenido desde el siglo XIX excelentes matemáticos. La segunda mitad del siglo XIX vio la aparición en Lima de José Granda y Federico Villarreal. En la primera mitad del siglo



XX tuvimos a Alfred Rosenblat, matemático polaco, emigrado al Perú durante la segunda guerra mundial, y a su discípulo José Tola. Un matemático al que admiro mucho, a través de su libro de análisis, es el cajamarquino Cristóbal de Lozada y Puga. De todos estos yo solo conocí a José Tola, a quien aprendí a admirar por sus sólidos principios y su rigor matemático. Tola creó el IMUNI, un instituto de investigación en matemática, en la UNI, en 1962, el cual atrajo a varios jóvenes alumnos de dicha universidad. Entre ellos estaba yo. En 1968 el IMUNI fue cerrado, víctima de una acción bárbara que provocó un atraso de decenas de años en la matemática peruana. Yo me encon-

traba en esa época en Berkeley, donde concluí mi doctorado en 1971. En esa época recibí una invitación del IMPA de Río de Janeiro, donde trabajo hasta ahora.

En 1997 fue creado el IMCA, Instituto de Matemática y Ciencias Afines, con el propósito de implantar en el Perú la práctica de la investigación matemática a alto nivel. Su existencia es justificada por el gran contingente de jóvenes con talento para la matemática que el Perú posee. Desde 1989 un programa especial dirigido desde el IMPA y con financiamiento del ICTP (*International Centre for Theoretical Physics*), de Italia, seleccionaba y enviaba algunos de estos jóvenes a realizar estudios en el exterior. Con el retorno de los primeros de ellos en 1997 se creó el IMCA en la UNI, resucitando el sueño del IMUNI. El IMCA tiene actualmente un cuerpo de ocho matemáticos, todos doctorados en el exterior, destacados al IMCA por la UNI y por la PUCP. Otros cinco jóvenes, brillantes matemáticos, están cursando un doctorado en el exterior y deberán retornar al IMCA después de formados. El IMCA es una muestra viva de que la cooperación muy productiva entre estas dos notables universidades es posible. Es también un ejemplo de un instituto de investigación científica apoyado por instituciones importantes del exterior, como el IMPA y el ICTP, que contribuyen de manera efectiva al buen desarrollo de la institución.

Desde su fundación, el IMCA ocupa la Casa de las Trece Monedas en el Jirón Áncash. Recientemente, sin embargo, un grupo de empresarios peruanos liderados por el ingeniero Alberto Benavides de la Quintana, decidió reactivar el Patronato de la UNI comenzando por construir un nuevo local para el IMCA en un terreno en La Molina, cedido por el Ministerio de Educación. Hasta donde yo sé, esta iniciativa no tiene precedentes en América Latina. Se trata, sin duda, de una actitud ejemplar de empresarios peruanos que han decidido apoyar actividades científicas.

En 1997 el IMCA inauguró un programa de maestría y recientemente acaba de establecer el doctorado en matemática. Produce libros para los diversos niveles de educación y mantiene un sólido programa de visitantes científicos extranjeros. El IMCA está destinado a ser un centro de excelencia en matemática para los países andinos, recuperando para el Perú el cultivo de esta importante disciplina en su más alto nivel.