

Juan Carlos Dalmasso

Luis Antonio Santaló: creatividad y compromiso

Para comenzar deseo destacar la iniciativa de los editores de *Yupana*, dedicada a promover un juicio crítico sobre los problemas de la Educación Matemática. Se trata de un tema muy complejo desde la educación, que tiene que ver con los aspectos más profundos de la personalidad de un joven, para lograr habilidades, actitudes, costumbres y tradiciones que le permitan incorporarse y adaptarse a una sociedad cambiante. Se requiere lograr una actitud crítica e independiente para incorporarse plenamente a la cultura. No menos complejos son los otros aspectos del problema que aporta la matemática, siempre viva y cambiante desde su propia concepción, extendiendo sus métodos a otras disciplinas y creando además recursos tecnológicos que provocan frecuentes cambios curriculares. Estos cambios exigen cada vez mejor formación de los profesores para poder conducir el aprendizaje de los jóvenes.

1. La matemática en la educación

El juicio de Santaló sobre estas cuestiones puede traer claridad a los problemas actuales de la educación matemática y, sería oportuno hacer una semblanza del matemático cuya reputación incluye su trayectoria como educador de ideas claras y útiles. Santaló vivió en la convicción de que la matemática en la educación es

uno de los aspectos fundamentales para lograr un desarrollo eficaz de las sociedades modernas. Es un hecho real y evidente que el mundo de hoy está presidido por la ciencia y la técnica. Ello es consecuencia de que los grandes procesos alcanzados, de profunda incidencia en todos los órdenes, han nacido en los laboratorios. Tanto los antibióticos que han prolongado la vida como los medios modernos de comunicación que permiten vivirla más intensamente o las modernas instalaciones del hogar que la hacen más placentera son obra de las investigaciones científicas y tecnológicas y su consecuencia es el progreso. Esto no surge de manera espontánea, es el resultado del esfuerzo de muchos, que trabajan e inventan para conservarlo ó incrementarlo.

Empezada la carrera hay que seguir avanzando y para esto se necesita inteligencia educada para la investigación.

En la base de todo trabajo científico está la matemática, como la herramienta más adecuada e in-

dispensable para su conducción, que ayuda a clarificar situaciones confusas, precisar conceptos y conducir razonamientos. De manera que nuestra sociedad ha optado por el desarrollo tecnológico y avanza en esa dirección: hoy, la enseñanza consiste, más que en mostrar conocimientos adquiridos que el alumno leerá por su cuenta cuando lo necesite, en ejercitar la capacidad deductiva, la habilidad para el descubrimiento. Más que saber cosas interesa saber aprender cosas; más que resultados interesa la actitud mental y los métodos que conducen a ellos. Por ello es necesario “concentrar todos los esfuerzos académicos en la enseñanza media y en la formación de sus profesores”.

Es frecuente en nuestros días que conocimientos matemáticos tenidos como superiores, o no necesarios para determinados objetivos, pasen a ser utilizados en problemas inmediatos de la técnica o de las ciencias aplicadas o se hagan indispensables dentro de la matemática misma. El profesor de matemática debe estar preparado para asimilar y mantenerse al corriente de esas novedades. Diríamos que el objetivo central hacia el cual debe concentrarse el mayor esfuerzo de la reforma de los planes de estudio en la formación de profesores de matemática es incrementar al máximo el cociente entre la matemática que conocen y la matemática que enseñan. Es alarmante pensar que este coeficiente alcance valores menores que uno. Esto explica los temas “tabúes” como probabilidades, geometría, cálculo, álgebra lineal, etc., que nunca son enseñados pese a ser parte del programa.

Pensando en contribuir en la formación de los más chicos, Santaló publicó tres libros destinados a los primeros años de la enseñanza media: *Iniciación a la creatividad I, II y III*, que él mismo presentó como guía para el aprendizaje y sobre lo cual volveremos más adelante. Fue un ferviente partidario de la pedagogía de la creatividad y el descubrimiento: “...si es como dicen que Dios creó al hombre a su imagen y semejanza, cuando éste crea es cuando más se asemeja a Dios...” ; esta postura de su pensamiento se opone a los que quieren parecerse a Dios acumulando poder.

Como sabemos, abarcó la docencia de diversas maneras: enseñó el oficio a jóvenes alumnos de matemática y a científicos de otras disciplinas, incluidos los del área tecnológica y fue profesor universitario, logrando el reconocimiento de sus alumnos. Además, fue autor de libros de texto exitosos sobre temas considerados particularmente difíciles, y cuyo tratamiento resulta eficaz por destacar lo importante, mediante ideas claras expresadas con un particular dominio del lenguaje. Algunos de sus libros fueron traducidos a varios idiomas. También fue autor de monografías para el desarrollo de importantes temas. En cada una de ellas plantea un esquema u hoja de ruta para avanzar adecuadamente; para ser usada en la redacción de futuros libros, incorporando todos los aspectos necesarios para hacer un texto. Por otra parte, hizo importantes contribuciones para mostrar a la sociedad la presencia poderosa e influyente de la matemática en la cultura. Desde este ángulo son importantes los artículos que escribió en revistas especializadas y de cultura general, destacando los acontecimientos históricos que jalonaron la trayectoria del tema en cuestión. Son dignos de mención los artículos sobre el tomógrafo computado o el de los juegos a la matemática, para popularizar la teoría de grafos, o varios problemas ingeniosos que llevaron a la teoría de las variaciones.

Queremos mostrarlo como el matemático que asumió la responsabilidad de conducir la comunidad iberoamericana de matemática, a la que le dio su impronta. Para él la educación era una tarea relevante y de ninguna manera menor.

Santaló despertó admiración en el mundo con su obra de creación. Es prácticamente el padre de la Geometría Integral; llegó a Hamburgo en 1934 justo cuando Blascke y sus alumnos empezaban a

publicar sus primeras comunicaciones sobre esta nueva disciplina geométrica. Su libro, *Introduction to Integral Geometry*, de 1953, fue traducido a varios idiomas incluido el ruso y el chino, y utilizado en muchas universidades del mundo. En la *Encyclopedia of Mathematics and its applications*, de Addison Wesley, 1996, Santaló es el autor de *Integral Geometry and Geometry Probability*. El editor Marck Kay lo presentó como: "...is for many years the undisputed leader in the field of Integral Geometry..." como lo destacó el Dr. Manuel Balanzat en el homenaje de la Unión Matemática Argentina.

Sólo un gran matemático con la amplia resonancia mundial que él logró en su juventud puede asumir la dirigencia de una comunidad científica. Santaló era admirado por sus condiscípulos pero también por sus profesores; pero cuando se esperaba su incorporación como catedrático en la Universidad de Madrid, estalla la Guerra Civil Española. Después se incorpora a la vida académica en la Argentina. Como es bien conocido, en el período que va de la Primera a la Segunda Guerra Mundial, los matemáticos se organizaron en torno de Rey Pastor y prepararon un ambiente propicio para la intensa actividad que comienza en la década del 40 con la incorporación de otras personalidades como Beppo Levy en Rosario, Alejandro Terracini en Tucumán, Pedro Pi Callejas en San Juan, Manuel Balanzat en San Luis y al finalizar la década, Antonio Monteiro. Se consolida así un cuadro de comunicaciones y publicaciones científicas que crean las condiciones propicias para el trabajo de matemáticos argentinos en el exterior, como ocurrió con Alberto Calderón en 1948, becado por la Fundación Rockefeller y su brillante carrera científica. Pero, sin duda, el hecho que tuvo mayor resonancia fue el premio Nobel de Bernardo Houssay en 1947, porque tuvo incidencia sobre la política científica para el desarrollo tecnológico. Y en él Santaló jugó un importante papel como estrecho colaborador en la formación y puesta en marcha del CONICET.

A mi modo de ver, Santaló es el científico intuitivo que desborda geometría, que ayuda a visualizar las ideas más abstractas; brota de su interior un modo particular de ver las cosas, que genera interés, que anima a sus discípulos a meterse en tema, a sumergirse. Es el científico convencido de que la verdad nunca es absoluta, por lo que no extraña que en todos los aspectos haya sido un moderado; "apasionadamente moderado", dirá Balanzat en su presentación. Defendió estoicamente su derecho a decidir no decidir cuando las pasiones y los fanatismos presionaban a su alrededor. Partidario de un nuevo humanismo, mostró siempre delicadeza, señorío, tolerancia y una aguda ironía, como recurso retórico, tanto para aventar ciertas situaciones no deseadas como para dis-tender con hilaridad breves momentos en sus conferencias. Su voz siempre fue esperada, y más cuando las aguas se encrespaban y amenazaban salir de cauce.

2. Construir una comunidad y crear una tradición

En 1960, durante las Jornadas Matemáticas en homenaje al sesquicentenario de la Revolución de Mayo, Santaló trazó un panorama de las matemáticas latinoamericanas y su perspectiva de crecimiento, incluida la educación. Desarrolla la idea de que la enseñanza de cualquier disciplina debe estar influida por el ritmo con que evoluciona la sociedad en el momento de ser enseñada. En particular, para el caso de las matemáticas, tanto los contenidos como los métodos de enseñanza dependen del estado en que se encuentra la evolución general de las ciencias, que siempre tienen a la matemática o en la modalidad de su razonamiento, un fundamental punto de apoyo. Sus reflexiones apuntaban a las causas sociales y culturales que frenaban el desarrollo, y que finalmente sintetiza en dos: la falta de tradición científica y la soledad.

Para ello parte de su propia experiencia de joven matemático que llega a una universidad alemana de reconocida tradición científica, que lo asimila al medio, que lo contagia por el contacto íntimo que tiene este trabajo, con el humor de sus discípulos y el de su maestro. Ese ámbito de discusión y de reflexiones le facilitó llegar a los primeros resultados. Más tarde comentó

...la matemática se transmite por contagio y no por herencia, necesita de un ambiente que impregne las aulas, las bibliotecas, los comentarios cotidianos, las conversaciones en familia; y en fin, ese ambiente que está en todas partes, que llega incluso a las manifestaciones culturales, es el que se llama tradición científica. Es imposible de improvisar o trasplantar, y sólo se puede crear lenta y cuidadosamente, con la paciencia y tenacidad con la que empiezan las obras perdurables.

Si los comienzos son difíciles después hay una compensación; esta tradición sigue una inercia, que puede perderse, como ocurrió en la Grecia clásica o con los árabes en la Edad Media, para citar sólo dos ejemplos. Esta idea de la tradición científica, que influye poderosamente para hacer matemática, tiene su correlato en “cómo se aprende matemática, ya que matemática se aprende haciendo matemática, resolviendo problemas”.

Miguel de Guzmán toma esta misma idea:

la educación matemática se debe concebir como un proceso de inmersión en las formas propias de proceder del ambiente matemático, a la manera como el aprendiz de artista va haciendo imbuido, como por ósmosis, en la forma peculiar de ver las cosas características de la escuela en la que se entronca (...) esta idea tiene profundas repercusiones en la manera de enfocar la enseñanza y el aprendizaje... (Tendencias innovadoras en Educación Matemática, OMA, 1992).

La idea de comunidad, que se consolida en la medida en que se van creando ámbitos matemáticos en distintos lugares y niveles, resultó esencial para romper con la soledad. El matemático aislado no existe, necesita de la crítica de sus conjeturas y la refutación para no equivocarse el camino; no hay autodidactas en esta disciplina. Muchos, cuando abandonan el ambiente que los contiene, terminan dedicándose a otra cosa. La crítica juega un papel importante y mucho más en la matemática que, parece un milagro, después de 2.500 años mantiene su estilo.

Esto también puede verse en la educación; cuando muchos estudiantes se reúnen para discutir y plantear problemas, como por arte de magia, la matemática empieza a florecer. Este es el milagro que se logra entre muchos, “porque, según Santaló, las ideas, como las chispas del pedernal, nacen del contacto íntimo, de la discusión, incluso de la pelea. Y no basta disponer de bibliografía, pues la lectura de libros y revistas es una condición necesaria pero de ninguna manera suficiente”. Algo que también deben saber los futuros profesores de la enseñanza media.

Estas estrategias que acabamos de analizar fueron el plan del corto y mediano plazo en la década del 60. Era una época de mucha euforia, empezaban los primeros full time y, como dijimos, muchos jóvenes matemáticos argentinos y de toda Latinoamérica fueron a los más avanzados centros de investigación del mundo a trabajar en nuevos temas, participando de las novedades. Esa década tan activa fue decisiva para lo que hoy tenemos. Santaló, con un grupo de matemáticos, diseñó un proyecto de educación de matemática moderna para la enseñanza media.

Paulatinamente se fue consolidando la idea de que “la matemática es una labor de equipo que

trabaja no simultáneamente pero lo hace sin discontinuidad en el tiempo, y que se traslada con dificultad en el espacio, donde la obra precedente, en su conjunto más que en sus detalles, influye de manera poderosa sobre la obra presente” .

Si había que vencer la soledad y esto empezaba a resolverse, era tarea de la educación ayudar a crear una tradición científica tanto en la actividad escolar como en la extraescolar. Desde esta última partió la idea de realizar olimpiadas de matemática, cuyos éxitos tuvieron amplia repercusión; para concretarla se apeló a matemáticos jóvenes y entusiastas y a buenos profesores de la enseñanza media. Ligados con los mismos objetivos de promoción científica se formaron clubes matemáticos, se realizaron campamentos científicos, se participó de ferias de ciencia, se organizaron maratones matemáticas y jornadas de ingenio y recreación y, subsidiados por empresas y organismos oficiales se llevaron a cabo seminarios cortos de tiempo completo para alumnos de enseñanza media. Se trató, en suma, de simular el ambiente de una comunidad científica. En líneas generales, se completó así la actividad extracurricular voluntaria, que abarcó la faja etaria de diez a dieciocho años.

3. La matemática curricular

La actividad escolar es, sin lugar a dudas, la más importante, por estar dirigida a todos y ser obligatoria. Son pocos los buenos profesores que pueden guiar el aprendizaje de la matemática en el sentido de la invención de que hemos hablado. Es en esta dirección que Santaló pensó los tres libros sobre *Iniciación a la creatividad* como una guía para el aprendizaje. Al dirigirse a los alumnos les advierte cuál es el sentido de la memoria en matemática y los induce a trabajar con inteligencia mientras adquieren ciertas habilidades como clasificar, contar, medir, observar, etc. Plantea problemas con variada dificultad. Cuando se dirige al profesor apunta directamente a formar un ambiente amable de trabajo, recomendando “no es que todos deben hacer todo sino que entre todos deben hacer todo, como en toda comunidad organizada”.

La educación necesita un nuevo diseño que canalice el esfuerzo consciente para pensar ideas y crear métodos respondiendo a las preguntas clásicas. ¿Cómo se enseña? ¿Para qué se enseña? ¿Qué debemos enseñar hoy? ¿Quién debe enseñar? ¿Qué manera hay de vincular la investigación científica con la enseñanza para mantener permanentemente actualizada la educación?

El hombre actual y, seguramente, el de varias generaciones atrás, se encuentra con una matemática que está ahí, que debe aprender en la escuela para obtener un certificado que le permita continuar sus estudios o trabajar. Algunos piensan que todo eso les sirvió de poco. Sin embargo, la costumbre de siglos la ha llevado a ser un hecho social, lo que hace parecer imposible su supresión. Y, cuando ello ocurrió, como hace poco en los cursos del polimodal, buscaron rápidamente reincorporarla para tapar fallas todavía más profundas, que afloran en cada examen de ingreso a la universidad. El peso de su tradición lleva a que, incluso en los cambios más pequeños en su presentación u ordenamiento produzca fuertes y hasta apasionadas polémicas entre profesores, maestros, alumnos, padres, funcionarios y espectadores varios, no demasiado competentes. En su opúsculo *Matemática y sociedad* (Docencia, 1980), Santaló analiza estas cuestiones.

La matemática comparte el área curricular con otras disciplinas, tanto las ligadas a las ciencias como las llamadas humanísticas. El rápido crecimiento de cada una de ellas y su promoción por los medios de comunicación llevó a un paulatino crecimiento de su contenido, lo que provocó la división de la enseñanza en compartimientos estancos, formando una suerte de archipiélago con

escasa relación entre las islas que lo componen. De ahí las ideas de ciencia integrada que durante mucho tiempo fueron motivo de discusión. Se trataba de evitar la dispersión a la que conduce la enseñanza enciclopedista como sumatoria de saberes y sin una organización que la contenga. Esta es la situación en nuestros días, que pretende ser rica en contenidos muy amplios, en memorizaciones, y sin vertebración formativa en el sentido intelectual, pues no plantea el desarrollo de la capacidad para establecer relaciones entre esos conocimientos, de manera de lograr un sistema: es decir, un conjunto de saberes organizados que formen una unidad. Por eso Santaló hablaba de coordinación curricular para referirse a la idea de señalar, dentro de los programas de cada disciplina, las posibles y deseables interacciones que posibiliten aires renovados de método científico en las “humanidades” y un enfoque más humanista en las ciencias.

En el diseño curricular de la matemática moderna se aprecian las ideas del nuevo humanismo, en donde ciencia y filosofía vuelven a unirse pero donde la ciencia es la armadura mental de nuestra civilización, la fuente de nuestra fuerza y salud intelectual. Pero no la única. No se vive sólo de verdades. La ciencia deberá reducir al máximo el peligro de un conocimiento científico abandonado a su propio tecnicismo; de esta manera enaltecerá las implicaciones humanas de la ciencia y las reintegrará a la vida. Tal como Santaló piensa cuando adhiere a las palabras de G. Sarton (1937, *The history of science and the new humanism*, Harvard University Press).

Abordó el problema de la educación contemporánea armado de estas aspiraciones unificadoras pero, quedan fuera de discusión los “¿para qué?” en la matemática operativa de la vida cotidiana. Está claro que la pregunta se refiere a la matemática filosófica, que apunta directamente a los objetivos que todo profesor debe conocer: desarrollar las aptitudes para distinguir los componentes de una situación, reconocer situaciones análogas, poseer actitud crítica, conjeturar y construir cadenas de deducciones, predecir y generalizar resultados, construir y saber aplicar modelos, etc.; incluso la adquisición de habilidades para medir, calcular, hacer gráficos y representaciones, introducir términos y símbolos, expresar con claridad los resultados, etc. Pero todos estos objetivos son válidos para cada una de las otras disciplinas porque son los objetivos de la educación general y establecidos por la sociedad desde todas sus manifestaciones: el mundo académico, la universidad, las empresas, los centros profesionales, el periodismo a través de los medios de comunicación, las comunidades religiosas, las minorías nacionales, las revistas especializadas, etc.

Con esos objetivos, la pregunta es qué enseñar para alcanzarlos desde la matemática de manera de prever las necesidades instrumentales y metodológicas del corto y mediano plazo, según lo demanden la ciencia, la tecnología y la cultura. Estas demandas pueden ser perentorias en épocas de rápidos cambios tecnológicos y la educación debe acompañar el ritmo que impone la sociedad.

En los años 60 Santaló afirmó que el 90 % de los contenidos curriculares vigentes era obsoleto, y participó de las reuniones internacionales aportando sus conocimientos y experiencias para el diseño global. Esa reforma surgió para desarrollar una matemática más amplia, que abarcara las nuevas estructuras en diversas áreas, y hacerla más fecunda. Así, incorporó las probabilidades y estadística e introdujo la teoría de grafos, no pudiendo evitar que todo ese crecimiento se hiciera a expensas de la geometría intuitiva.

Se plantea ahora la pregunta de quiénes deben enseñar matemática. Faltan buenos profesores, profesores bien formados para una sociedad que necesita que los jóvenes sepan pensar de manera independiente. Se trata de educar en el método matemático, o sea, el que siguen los matemáticos para sus descubrimientos, que no es el lento y pesado camino de los silogismos sino el que intuye

resultados que luego exponen mediante razonamientos atomizados. Una cosa es descubrir y otra es justificar lo descubierto. Hay que enseñar a descubrir más que a presentar el descubrimiento. Hace falta educar la intuición que, sin despreciar el uso de la lógica, permite dar saltos y adquirir nuevos conocimientos.

Hay una falencia cultural que se debe, en parte, a que los institutos de formación de profesores están muy alejados de los centros de investigación y raramente comparten reuniones académicas. Tampoco existen intercambios en seminarios y jornadas sobre temas que deberían importarles. Finalmente, la rutina del docente lo aleja también de su centro de formación y, entonces, no encuentra contención ni estímulo, quedando aislado en su propia soledad. Surge así la paradoja de tener destacadas personalidades con resonantes éxitos en el exterior, a la par de una docencia mediocre donde enseñar es tarea menor, mal paga y maltratada.

Santaló no sólo llegó a las aguiléñas cumbres de la geometría integral sino también lo hizo en el campo de las probabilidades geométricas, la geometría diferencial, la geometría de los cuerpos convexos, la teoría de números y la teoría del campo unificado. Desde ese lugar privilegiado observó que, con el crecimiento de la comunidad matemática, muchos de estos problemas tenderían a resolverse. El resultado está aún por verse y la pregunta quedará abierta mientras se hable de educación sólo en la elocuencia vacía y cotidiana de funcionarios y burócratas, mientras vemos que en la realidad son meras palabras, sin la voluntad para diseñar un proyecto de educación destinado a los jóvenes creadores, inventores e imaginativos que el país necesita.

Referencias bibliográficas

Balanzat, M. (1979). Presentación. *Revista de la Unión Matemática Argentina*, Bahía Blanca, 1979, vol. 29, nº 1 y 2.

Santaló, L.A. (1994). *La enseñanza de las matemáticas en la educación intermedia*. Rialp, Madrid.

Santaló, L.A. (1981). *Enseñanza de la matemática en la escuela media*. Docencia, Buenos Aires.

Santaló, L.A. (1946). Origen y evolución de algunas teorías matemáticas. Cálculo de variaciones. *Gazeta de Matemática*, nº 29, Portugal.

Santaló, L.A. (1956). De los juegos a la matemática. *Revista Mirador*, Buenos Aires, octubre 1956.

Houssay, B.A. (1960). *La investigación científica*. Columba, Buenos Aires.

Educación matemática en las Américas (1961). Conferencia Interamericana, Colombia.

Mathematical education in the America II (1966). Howard Efehr, Perú.

Proceeding of the International Congress on Mathematical Education (1983). Birhauser.

Proceeding of the International Congress on Mathematical Education (1972). Exeter.