ANDREI NIKOLAIEVICH KOLMOGOROV

Francisco Armando Carrillo Navarro

Andrei Nikolaievich Kolmogorov, nació el 25 de abril de 1903 en el pueblo de Tambov, Rusia, y murió el 20 de octubre de 1987 en Moscú. Él fue, quizás, el primer matemático soviético contemporáneo considerado entre los más grandes matemáticos del siglo XX. Su gran creatividad y sus contribuciones fundamentales fueron en una vasta variedad de campos de la matemática, tan grande que sería imposible tratarlos ni de manera general, mucho menos entrar en detalle aquí de estas contribuciones.

Nos conformaremos con mencionar una lista no exhaustiva de áreas que enriqueció debido a su investigación: La teoría de las series trigonométricas, de la medida, de conjuntos, de integración, en lógica constructiva, topología, teoría de aproximación, de probabilidad, de procesos estocásticos, de información, de estadística matemática, sistemas dinámicos, teoría de autómatas, de algoritmos, lingüística matemática, teoría de turbulencia, mecánica celeste, ecuaciones diferenciales, el décimo tercer problema de Hilbert, balística, y aplicaciones de la matemática a la biología, geología y cristalización de metales.

Con más de 300 artículos, libros de texto y monografías, Kolmogorov cubrió casi todas las áreas de las matemáticas, excepto la teoría de números. En todas esas áreas, sus contribuciones no fueron en temas aislados sino que expusieron tanto introducciones fundamentales como profundas relaciones, además de que iniciaron nuevos campos de investigación.

Aparte de su trabajo tan penetrante en las matemáticas y la ciencia, Kolmogorov dedicó mucho de su tiempo a impulsar la enseñanza de las matemáticas a nivel de escuelas secundarias en la Unión Soviética y de proveer e impulsar escuelas especiales para los estudiantes de matemáticas dotados. Famosos son también sus esfuerzos por capturar en forma cuantitativa algunos aspectos de la poesía rusa, especialmente la de Pushkin. Se decía de él que era fascinante oirlo dar una conferencia, entendiera uno ruso o no. En 1942 casó con Anna Dmitriyevna Egorov, no pudiendo tener hijos propios.

Además de su innegable reconocimiento en el ámbito científico, Kolmogorov también fue reconocido a nivel social. La URSS le confirió las siete órdenes de Lenin, la orden de la revolución de octubre y también el alto título de héroe del trabajo socialista; ganó los premios Lenin y los premios de estado y ocupó el primer lugar de todos los matemáticos soviéticos en ser elegido miembro de organizaciones académicas y científicas extranjeras, ya que contó con más de 20 de estas membresías, de entre las cuales se cuentan: La Real Academia de Ciencias de Holanda (1963), la Real Sociedad de Londres (1964), la Sociedad Nacional de EUA (1967), la Academia de Ciencias de París (1968), la Academia de Ciencias Polaca, la Academia de Ciencias de Rumania (1956), la Academia Leopoldina de

Ciencias de Alemania (1959), la Academia Americana de Ciencias y Artes de Boston (1959).

Le distinguieron con los doctorados honorarios de las universidades de París, Berlín, Varsovia, Estocolmo, etc. Lo eligieron miembro honorario de la de Moscú, Londres, India, y de las sociedades matemáticas de Calcuta, de la Real Sociedad Estadística de Londres, del Instituto de Estadística Internacional y de la Sociedad Meteorológica Americana. En 1963 le concedieron el premio internacional de Bolzano.

LOS PRIMEROS AÑOS: 1903-1933

Kolmogorov nació en el pueblo de Tambov, debido a que su madre Mariya Yakovlevna Kolmogorova había retrasado su recorrido desde Crimea. Ella murió cuando aún Kolmogorov era un niño y la responsabilidad de la educación de éste recayó en la hermana de su madre Vera Yakovlevna Kolmogorova, "una mujer independiente que llevó a cabo altos ideales sociales. Tales ideales los heredó a su sobrino, criándolo con sentido de responsabilidad, independencia de opinión e intolerancia hacia la ociosidad y hacia la mala realización de las tareas y con la idea de entender, no sólo de memorizar".

Kolmogorov trató a su tía como si fuera su madre, hasta su muerte en 1950 en Komarovka, a la edad de 87 años. Por parte de su madre Kolmogorov fue de linaje aristócrata, su abuelo Yakov Stephanovich Kolmogorov fue un jefe de distrito de los nobles de Uglich.

Pasó sus primeros años (antes de la revolución de 1917) en el seno familiar. Los datos acerca de su padre son menos claros; aparentemente, el padre de Kolmogorov fue hijo de un clérigo y fue agrónomo con un entrenamiento altamente especializado, al que llamaban en ese tiempo "un agrónomo docto".

Kolmogorov empezó a trabajar a temprana edad (pero presumiblemente después de la revolución) y antes de ser estudiante en la Universidad de Moscú, trabajó algun tiempo como conductor de trenes. Ingresó a la Universidad en el otoño de 1920 con un conocimiento bastante claro de las matemáticas que obtuvo de un libro llamado "Nuevas ideas en matemáticas", sin tener ningún problema en reunir los requisitos mínimos para pasar al segundo grado. Esto fue en el año de 1921.

Por algún tiempo Kolmogorov estuvo tan interesado en la historia rusa como en las matemáticas, de ahí que realizó una investigación científica seria sobre los manuscritos de los siglos XV y XVI referentes a relaciones agrarias del Novgorod antiguo. En este período temprano de la post-revolución de Octubre, la vida matemática en Moscú era dominada por la "joven Luzitania" (1920-1923) y por la "post-Luzitania" (1923-1927), un apodo para la escuela de la teoría de funciones reales, encabezada por N.N. Luzin, legendario personaje logró al parecer la admiración entusiasta de sus pupilos. Entre los primeros temas matemáticos que tomó Kolmogorov se cuentan la teoría de conjuntos, la geometría descriptiva y la teoría de las funciones analíticas. En 1921-22 obtuvo su primer resultado matemático independiente (la existencia de la serie de Fourier-Lebesgue con coeficientes de

Fourier arbitraria y lentamente decrecientes) y se hizo discípulo de N.N. Luzin. Durante ese tiempo también se acerco a P.S. Urysohn, quien trató de interesarlo en problemas topológicos. Puesto que Kolmogorov había obtenido algunos resultados en la teoría descriptiva de funciones, este trabajo no se adaptó a los planes de Luzin y Urysohn lo puso en contacto con P.S. Alexandrov quien tenía interesantes investigaciones mejor relacionadas con este tema. Sin embargo, por ese tiempo Kolmogorov construyó una serie de Fourier divergente dondequiera, un resultado que atrajo la atención internacional y lo llevó de nuevo al lado de Luzin. Por esta razón los contactos de Kolmogorv con Alexandrov estuvieron muy limitados en ese tiempo. Kolmogorov se interesó también en Lógica Matemática y en 1925 publicó un artículo en la revista Mathematicheskii Sbornik sobre la ley de exclusión media, el cual fue una fuente continua de trabajos posteriores en lógica matemática. Esta fue la primera publicación Soviética sobre lógica matemática que contenía resultados novedosos (muy substanciosos) y la primera investigación sistemática en el mundo de la lógica intuitiva. Kolmogorov se anticipó a una larga y amplia formalización del razonamiento intuitivo de A. Heyting, e hizo una correlación más definida entre la matemática clásica y la intuitiva. Kolmogorov definió una operación por "incrustación" de una teoría lógica en otra. Usando esta –históricamente la primera de tales operaciones, ahora llamada "operación Kolmogorv"– incrustación de la lógica clásica en la lógica intuitiva, probó que la aplicación de la ley de exclusión media por sí misma no lleva a una contradicción. En 1932, Kolmogorov publicó un segundo artículo sobre lógica intuitiva, en el cual por primera vez se propuso una semántica (para esta lógica) libre de fines y aspiraciones filosóficas e intuitivas. Este artículo hizo posible tratar a la lógica intuitiva como lógica constructiva.

El interés de Kolmogorov por la Teoría de la Probabilidad empezó en 1924. Su primer paso en esta área fue realizado conjuntamente con A.Y. Khinchin. En 1928, Kolmogorov tuvo éxito al encontrar condiciones necesarias y suficientes para que la ley fuerte de los grandes números se sostuviera y probó la ley de la iteración logarítmica para sumas de variables aleatorias independientes, bajo condiciones muy generales en los sumandos. En "Una teoría general de la medida y el cálculo de probabilidades" (1929) propone un primer borrador sobre un sistema de axiomas para la teoría de la probabilidad, basado sobre la teoría de la medida y la teoría de funciones de variable real. Tal teoría primero había sido sugerida por E. Borel en 1909, fue desarrollada más a fondo por Lomnicki en 1923, y recibió su forma final tan acertada con el tratamiento clásico de Kolmogorov, de 1933. El pequeño libro llamado "Fundamentos del cálculo de probabilidades", publicado en alemán en 1933, inmediatamente se convirtió en la formulación definitiva del tema. Esto determinó no solamente un nuevo estado en el desarrollo de la teoría de la probabilidad como una rama de las matemáticas, sino también aportó las bases necesarias para la creación de la teoría de procesos aleatorios –el tema de su artículo de 1931–. Es aquí donde primeramente fueron formulados los teoremas básicos en distribuiciones infinito-dimensionales, ahora los fundamentos lógicos para la construcción rigurosa de la teoría de funciones aleatorias y las sucesiones de variables aleatorias. Las ideas involucradas permanecen en el corazón de la teoría moderna de los procesos aleatorios; forman los conceptos esenciales en cada idea de la teoría de control y juegan un papel vital en la síntesis posterior de Kolmogorov de la teoría de información y la teoría ergódica. Muchas de las contribuciones de Kolmogorov en

teoría de la probabilidad y estadística, lo hicieron merecedor del reconocimiento como el mejor representante de esta disciplina.
En 1931 apareció el artículo de Kolmogorov "Métodos analíticos en la teoría de la probabilidad", en el cual puso los fundamentos para la teoría moderna de los procesos de Markov. De acuerdo a Gnedenko: "En la historia de la teoría de la probabilidad es difícil encontrar otros trabajos que hayan cambiado los puntos de vista establecidos y las tendencias básicas en la investigación de manera tan decidida. En realidad, este trabajo podría considerarse como el principio de una nueva etapa en el desarrollo de la teoría global".

La teoría tenía algunos precursores: A. A. Markov, Poincaré y Bashelier, Fokker, Planck, Snolukhovski y Chapman. Sus ecuaciones particulares para problemas individuales en física, obtenidas informalmente, siguieron como casos especiales en la teoría de Kolmogorov. Una larga serie de publicaciones subsecuentes siguió por parte de Kolmogorov y sus seguidores, de entre los cuales una artículo de Kolmogorov trata un problema básico de estadística matemática donde introduce su famoso criterio (prueba de Kolmogorov) usando la función de distribución empírica de variables aleatorias observadas para probar la validez de una hipótesis sobre su distribución verdadera. En general las ideas de Kolmogorov sobre probabilidad y estadística han conducido a numerosos progresos teóricos y a numerosas aplicaciones en las ciencias físicas actuales.

Después de su graduación en 1925, Kolmogorov alargó su estancia en la universidad por cuatro años más como estudiante en investigación, pero finalmente en 1928-1929 por el control estricto en el número de años que un estudiante tiene en investigación lo forzaron a terminar. Un número sin precedente de 70 estudiantes acabó en 1929, incluyendo a Kolmogorov. Esto suscitó el problema de dónde continuar su investigación. Aleksandrov fue el instrumento que aseguró a Kolmogorov la única vacante disponible en 1929 contra la pesada competencia en el Instituto de Matemáticas y Mecánica de la Universidad de Moscú.

JUVENTUD: 1929-1940

A partir de 1930-1940 Kolmogorov publicó más de sesenta artículos en teoría de la probabilidad, geometría descriptiva, estadística matemática, teoría de funciones de variable real, topología, lógica matemática, biología matemática, filosofía e historia de las matemáticas. En 1931 Kolmogorov se convirtió en profesor de la Universidad de Moscú y desde 1937 mantuvo el puesto en la teoría de la probabilidad. Desde ese tiempo data la larga amistad entre él y Aleksandrov (57 años).

En 1930-1931 Kolmogorov y Aleksandrov estuvieron principalmente en el extranjero. El año de 1930 lo pasaron ambos en Gottingen. Aquí Kolmogorov tuvo contactos con R. Courant sobre los teoremas de límites, con H. Weyl en lógica intuitiva y con E. Landau en teoría de funciones. En el verano Kolmogorov y Aleksandrov visitaron a Carathéodory en Munich (teoría de la medida) y fueron invitados a permanecer con Fréchet en el mediterráneo (para trabajar en teoría de probabilidad en el caso de Kolmogorov). El viaje allí implicó el ir de excursión a través de Baviera, permaneciendo con Fréchet por alrededor de un mes, visitando la tumba de P.S. Urysohn en Normandía, y continuó hacia París. Aleksandrov abandonó París hacia finales de septiembre, vía Gottingen, y Kolmogorv permaneció hasta diciembre y tuvo reuniones con Borel y P. Lévy, especialmente con este último. Mientras Kolmogorov regresó a Gottingen, Aleksandrov pasó la primavera de 1931 en Estados Unidos. Como otro punto de referencia de este período, se mencionó frecuentemente el artículo "Matemáticas" para la segunda edición de la Gran Enciclopedia Soviética. Otra área que estudió en ese entonces fue la Topología, simultáneamente con el topólogo norteamericano J.W. Alexander e independientemente de él, Kolmogorov descubrió la noción de cohomología y fundó la teoría de las operaciones cohomológicas. El trabajo de Kolmogorov y su escuela determinaron de manera considerable sobre las profundas conexiones entre la topología, la teoría de las ecuaciones diferenciales ordinarias, la mecánica celeste y la teoría de sistemas dinámicos, en su estado actual.

Al final de los 30, la atención de Kolmogorov fue dirigida hacia la mecánica de la turbulencia. En las manos de Kolmogorov y su escuela, la teoría de la turbulencia obtuvo una forma matemática precisa como una aplicación de la teoría de la medida en espacios funcionales. Con gran intuición física, en dos cortos artículos en 1941, Kolmogorov postuló en formas matemáticas concisas, ideas sobre la estructura de los fluidos y gases componentes del movimiento de la turbulencia a pequeña escala, latentes en el trabajo anterior de G.I. Taylor. Esas hipótesis implican muchos resultados cualitativos que son ampliamente aplicables, como por ejemplo dentro de la turbulencia que ocurre en la estela de un avión. Algunas de las relaciones cuantitativas surgen como nuevas leyes de la naturaleza –como la ley de Kolmogorov de "2/3" que dice: en cada desarrollo de flujo turbulento el promedio de las diferencias cuadradas de las velocidades en dos puntos es proporcional a la potencia 2/3 de la distancia entre ellos (si esta distancia no es demasiado pequeña o no es demasiado grande)–. Kolmogorov hizo también predicciones cuantitativas sobre la base de sus teorías, que posteriormente fueron confirmadas experimentalmente, por ejemplo la estructura estratificada del océano, un efecto conocido como "pancakes". Las contribuciones de Kolmogorov en 1941 a la teoría de la turbulencia son quizá las más importantes en la larga historia inacabada de esta teoría.

AÑOS INTERMEDIOS: 1940-1960

Kolmogorov se interesó en cada rama de la ciencia, y sus alumnos escribieron acerca del crecimiento cristalino, acerca de la geometría de la interacción de las plantas, también hizo contribuciones significativas al proceso "nacimiento y muerte" y a la genética. Uno de esos artículos lo llevó a una confrontación con Lysenko. En una postura valerosa para enfatizar la verdad científica, en un artículo publicado en 1940 en la sección "Genética" de Dokl. Akad. Nauk. URSS, Kolmogorov mostró que el material recolectado por los seguidores del académico Lysenko recomendado de Stalin, apoyaba las leyes de Mendel, contrario a la opinión general. Otro trabajo conjunto (con Piskunov y Petrovsky) trataba la tasa de avance de un gen ventajoso en un medio ambiente lineal, (un tema estudiado de manera independiente por R.A. Fisher, para quien Kolmogorov tenía un alto respeto). Éste fue adaptado después para describir la propagación de epidemias, de rumores y de innovaciones.

La teoría de suavizamiento y predicción de series de tiempo estacionarias es asociada usualmente al nombre de Norbert Wiener pero en realidad ésta fue desarrollada simultáneamente por Wiener y Kolmogorov durante la segunda guerra mundial.

En el período de la post-guerra, Kolmogorov regresó su atención a la turbulencia e hizo pequeñas mejoras a las leyes descubiertas anteriormente por él, verificándolas también de manera experimental. Temas en el vasto rango de la mecánica clásica, teoría ergódica, teoría de funciones, teoría de la información y la teoría de los algoritmos pertenecen a este período. Se las ingenió para encontrar conexiones entre campos totalmente desconectados y publicó un pequeño número de artículos, pero bastante fundamentales en cada uno de los temas. En su trabajo de sistemas dinámicos uno puede distinguir dos períodos, en 1953-1954 hizo una contribución seminal al problema fundamental de la mecánica clásica identificado 50 años antes por H. Poincaré en su estudio del movimiento de los planetas alrededor del sol. El problema con un planeta nos lleva a un problema integrable perfectamente conocido, pero el tomar en cuenta la interacción gravitacional entre los planetas produce profundos cambios cualitativos relacionados con el hecho de que ahora las ecuaciones son "no integrables". Al atacar este problema Kolmogorov, su gran logro fue desarrollar una teoría de sistemas hamiltonianos bajo pequeñas perturbaciones la cual tiene varias aplicaciones prácticas, entre otras en el estudio de campos magnéticos y la física del plasma. Este trabajo también avanzó con las mejoras hechas por Arnold, alumno de Kolmogorov, y por Moser, y es ahora conocido como el estudio de los "toros-KAM". Estudios computacionales subsecuentes confirman apropiadamente que las intervenciones de Kolmogorov abrieron el enorme y fructífero campo del "caos" en sistemas dinámicos, el cual tiene gran atracción en la actualidad. Estos estudios condujeron también para mejorar el pronóstico del clima.

En esta época empezó a trabajar también en la teoría de los autómatas y la teoría de algoritmos junto con su alumno Uspenskii formuló la importante noción de "la máquina de Kolmogorov-Uspenskii", utilizó también la herramienta ascendente que venía de la cibernética (teoría de cómputo) contra el antagonismo inicial en contra de ésta en la URSS. Muchos informáticos de la URSS fueron alumnos de Kolmogorov, o alumnos de los alumnos de él.

El segundo período de 1955-1959 consistió en aplicaciones de la teoría de la información a la teoría ergódica de sistemas dinámicos. Introdujo una idea fructífera de características informativas (entropía) en el estudio de espacios métricos y de sistemas dinámicos. Junto con Arnold, Kolmogorov situó el décimo tercer problema de Hilbert, refutando el resultado conjeturado, mostrando que una función continua en cualquier número de variables se puede representar como la composición de funciones continuas de una sola variable y su suma. La idea de introducir características entrópicas en la teoría de sistemas dinámicos abrió una enorme área nueva. Otro importante concepto fue que un sistema cuasi-regular (ahora llamado sistema Kolmogorov) juega un papel muy importante en el análisis clásico de los sistemas dinámicos con fuertes propiedades estocásticas, como en física, biología y química. En los años 1958-1959 Kolmogorov aplicó la teoría ergódica al fenómeno de turbulencia, el cual tuvo una gran influencia en trabajos posteriores.

ÚLTIMOS AÑOS: 1960-1987

Mientras que en años anteriores Kolmogorov utilizó conceptos de la teoría de la información en las matemáticas, retorna a ella reconstruyéndola usando teoría de algoritmos, incidentalmente cierra el círculo de sus investigaciones dando los fundamentos lógico-algorítmicos a la teoría de la probabilidad.

La teoría de información algorítmica o "teoría Kolmogorov de complejidad", originada con el descubrimiento de descripciones universales de objetos finitos y un acercamiento recurrentemente invariante a los conceptos de la complejidad de la descripción de la aleatoriedad y de la probabilidad a priori. Históricamente está arraigada en la noción de sucesiones aleatorias infinitas de R. Von Mises (Kollectivs) propuesta desde 1919 en adelante como fundamento para la teoría de la probabilidad en el espíritu de una teoría física (de acuerdo al programa bosquejado en el sexto problema de D. Hilbert), usando la interpretación de frecuencia en probabilidad. En 1940 A. Church propuso una versión algorítmica de las sucesiones aleatorias de von Mises, pero los resultados no eran satisfactorios todavía.

En 1933, en una libreta Kolmogorov ejecutó en cierto sentido la sugerencia de Hilbert en su sexto problema: "para tratar (de manera semejante a la geometría) por medio de axiomas las ciencias físicas donde las matemáticas tienen parte muy importante; en primera fila está la probabilidad", Kolmogorov observa en 1963: "esta teoría [aproximación teórica axiomática de Kolmogorov en 1933] fue tan acertada que el problema de encontrar las bases de las aplicaciones reales de los resultados de la teoría matemática de la probabilidad llegó a ser algo secundario para muchos investigadores... [sin embargo] las bases para la aplicabilidad de los resultados de la teoría matemática de la probabilidad para fenómenos reales 'aleatorios' dependía en alguna forma del concepto de frecuencia en probabilidad, cuya ineludible naturaleza fue establecida por von Mises de una manera enérgica".

Sin embargo, von Mises basó su aproximación en sucesiones aleatorias infinitas axiomáticamente postuladas, representando ensayos independientes repetidos con una frecuencia limitada. A esto, Kolmogorov objetó: "El concepto de frecuencia basado sobre la noción de frecuencia limitada como el número de ensayos creciente al infinito no contribuye en nada para justificar o respaldar la aplicación de los resultados de la teoría de la probabilidad a problemas prácticos reales donde siempre tenemos convenido un número finito de ensayos".

Después de una larga controversia de cuatro décadas en la pretendida noción de von Mises de una sucesión aleatoria infinita, en un artículo en 1925 Kolmogorov usa la teoría de algoritmos para describir la complejidad de un objeto finito como la longitud de la descripción más corta (algoritmo para reconstruirla). Esto hace parecer que la definición depende del método algorítmico usado. Sin embargo, esto nos devuelve a que existen métodos óptimos y universales para los cuales las complejidades de los objetos descritos son asintóticamente óptimos. Aunque hay muchos métodos óptimos, las complejidades correspondientes difieren por no más de una constante aditiva. Es natural llamar un objeto aleatorio finito si éste no tiene una descripción de complejidad menor a la que tiene por si mismo. Esto es tentador para definir una sucesión aleatoria infinita como una cuyo crecimiento de complejidad es suficientemente rápido si los segmentos iniciales tienen longitud apropiada, esto relaciona las primeras aproximaciones de von Mises. Debido a las inevitables oscilaciones de la complejidad de prefijos como función de su longitud es que esto no se resolvió. Sin embargo, un matemático Sueco, P. Martín-Loef, que visitó a Kolmogorov en Moscú en 1964-1965 pudo mostrar que bajo definiciones axiomáticas apropiadas de aleatoriedad, uno puede probar de una vez por todas que las sucesiones así definidas satisfacen todas las pruebas efectivas para aleatoriedad y tienen una medida en el conjunto de tales sucesiones infinitas. Esta rigurosidad definió una clase apropiada intuitivamente satisfactoria también para calificar como Kollektivs de von Mises. Después fue mostrado por L.A. Levin, P. Gacs y G.J. Chaitin que uno puede refinar la noción de complejidad definiéndola en relación a un conjunto de descripciones admisibles. Si las descripciones admisibles son restringidas de tal manera que no haya una descripción de un prefijo apropiado de cualquier otra descripción, entonces una sucesión infinita es Martín-L aleatoria si y sólo si cada una de estas sucesiones iniciales finitas tienen una complejidad igual a su longitud (hasta una constante fija).

Con el advenimiento de computadoras electrónicas en los años 50, un nuevo énfasis en algoritmos computacionales y una teoría general de funciones recursivas madura; ideas equivalentes a la complejidad de Kolomogorov vinieron a las mentes de mucha gente, porque "cuando el tiempo es adecuado para ciertas cosas, esas cosas aparecen en diferentes lugares como las violetas al principio de la primavera" es la frase de Wolfang Bolyai en otro contexto famoso. Entonces R. Solomonoff en Cambridge, Massachussets, formuló las mismas ideas en 1960 y publicó su trabajo verdaderamente innovador sobre el tema en 1964, en "Información y Control". De acuerdo a Solomonoff, su trabajo obtuvo más atención después que Kolmogorov empezó a citarlo a partir de 1968, aunque si bien la atribución "complejidad Kolmogorov" parece ser presuntuosa, Kolmogorov dijo: "Yo llegué a conclusiones similares antes de enterarme del trabajo de Solomonoff, en 1963-1964". Aun un tercer inventor independiente entró en escena poco después, Gregory Chaitin, quien se graduó a los 18 años en Nueva York cuando sometió un conjunto de invenciones muy similares para su publicación final en 1965 en "J. Assoc. Comp. Mach." (Publicados en 1966 y 1969, el último artículo contenía la definición de complejidad Kolmogorov y resultados de ésta, mientras que en 1966 aparecieron artículos más extensos de C.E. Shannon acerca de su noción de medida no invariante para la complejidad de las máquinas de Turing). Chaitin dijo: "Esta definición (de complejidad Kolmogorov) fue propuesta de manera independiente alrededor de 1965 por Kolmogorov y Yo... ninguno de los dos tuvimos conocimiento en relación a lo hecho por Ray Solomonoff en 1960".

Uno de los últimos artículos de Kolmogorov fue sobre el tema de teoría de información algorítmica –un artículo publicado en 1987 junto con Uspenskii.

COMO PROFESOR

Las actividades pedagógicas de Kolmogorov comienzan en 1922, cuando es profesor en una escuela experimental modelo, del Comisariado para la Educación de la Población. Ahí enseñó hasta 1925. De 1925 a 1929 fue instructor en la Universidad. Trasmitir conocimientos e ideas científicas fue muy importante para Kolmogorov, su rango de interés en esta actividad abarcó desde los primeros niveles de educación hasta el nivel superior y ocupó mucho de su tiempo. Tomó parte activa en Olimpíadas escolares y dio pláticas a niños en educación primaria. En ese entonces escribió en su libreta sobre el tema: “Matemáticas como una profesión”, la cual circuló en decenas de miles de copias. Puso especial énfasis en la selección de jóvenes dotados matemáticamente, aunque entrenaba matemáticamente al resto en sus carreras posteriores. De acuerdo a Kolmogorov, la mitad de sus estudiantes tenían alrededor de 14-15 años y éstos tomaban la conclusión de que las matemáticas y la física serían poco usadas por ellos. Por este hecho siguió un programa simplificado especialmente para estos estudiantes. "Los principios mecánicamente entendidos en las escuelas que proporcionaban la educación general, que excluye escuelas con un estudio más detallado de temas individuales, han sobrevivido. Como las aplicaciones matemáticas han sido destruidas ya por la creación de las escuelas que daban el entrenamiento especial a los operadores computacionales y a los informáticos". Y: "a la edad entre 14-16 años todo cambia. En esta edad el interés en las matemáticas llega a ser generalmente evidente, rápidamente y sin dolor conduce al estudiante al trabajo concentrado y entonces al trabajo de investigación verdadero del científico joven (entre 18-20 años). … Para los principiantes, la gente joven que entra a por primera vez a la ciencia, es importante que sean convencidos cuanto antes de que son capaces de hacer algo original por ellos mismos. Al ofrecer un tema para la investigación a un graduado o a un estudiante de investigación, este trabajo sobre el tema que sea deberá estimular el desarrollo del joven científico, y debe estar dentro de su capacidad de realizarlo, y al mismo tiempo demandar el esfuerzo máximo del cual sea capaz". La habilidad para ofrecer al estudiante exactamente lo que es más importante y maduro en el desarrollo de la ciencia, y evitar perseguir punto finales, y que sea al mismo tiempo poderoso y que el estudiante lo pueda llevar a cabo, era muy característico en Kolmogorov. El número de estudiantes de investigación de Kolmogorov que obtuvieron su doctorado excede de sesenta.

Fue un instrumento substancial en la transformación (en la Unión Soviética) del verdadero carácter de la Universidad en la educación matemática, en el detalle de la organización del trabajo práctico en matemáticas, y la puesta al día del contenido de las matemáticas. También se dio a la búsqueda incansable de un nuevo contenido de las matemáticas en escuelas secundarias, la fundación de los colegios de internados matemáticos, dio ciclos de conferencias para los profesores en la estructura de las matemáticas modernas. Finalmente, creó a un autor colectivo y participó por sí mismo en la escritura de libros de textos en geometría, álgebra y análisis para los sextos a décimos grados. En el colegio matemático de internos No. 18 en la Universidad de Moscú, conocida como la " escuela de Kolmogorov ", dio clases hasta 26 horas a la semana, y escribió el contenido de los programas de los cursos. También dio conferencias a los estudiantes en música, arte y literatura. Sentía que el desarrollo intelectual debe ser uniformemente balanceado. Los estudiantes anteriores a esta escuela fueron muy capaces y tomaron sistemáticamente el primer lugar en toda la Unión Soviética y en olimpíadas matemáticas internacionales. En 1964 Kolmogorov se convirtió en jefe de la sección matemática de un comité común del programa de la Academia de

Ciencias de la URSS y de la de Ciencias Pedagógicas. Kolmogorov también ordenó un laboratorio estadístico en la Universidad de Moscú, y tuvo éxito en el aumento y florecimiento de la biblioteca, obteniendo grandes fondos; también en la literatura internacional con el uso parcial del dinero que él recibió como parte del premio internacional de Bolzano. En 1972, por iniciativa de Kolmogorov, se inició por primera vez un curso obligatorio en lógica matemática en el Departamento de Matemáticas y de Mecánica en la Universidad Estatal de Moscú. Él escribió el programa (que todavía fue seguido en 1983) y fue el primero en enseñarlo.

Según V.I. Arnold, " Kolmogorov nunca explicó nada sin motivo, siempre planteaba problemas justos previamente preparados, es decir, no los inventaba a la ligera. Él dio al estudiante independencia completa y nunca forzaba para hacer cualquier cosa, siempre esperando del estudiante algo notable. Él no intervenía en el trabajo de los otros profesores y tenía un respeto completo por la personalidad del estudiante. Recuerdo solamente un caso donde él interfirió con mi trabajo: en 1959 me preguntó si estaba de acuerdo en omitir del artículo sobre áreas del círculo auto-mapeadas la sección de aplicaciones a los latidos del corazón, que fue publicada por L. Glass 25 años más tarde, para concentrar mis esfuerzos en las aplicaciones mecánico-celestes de la misma teoría ".

L.S. Pontryagin relata: " Kolmogorov me dio una tarea interesante...: para estudiar (en algunos problemas) campos algebraicos localmente compactos en los cuales la multiplicación no es necesariamente conmutativa... Señalé una semana más tarde a Aleksandrov que lo había solucionado en el caso de campos conmutativos. Con una duda irónica, Kolmogorov dijo: "bien ahora, Lev Semenovich, le oigo haber solucionado ya mi problema, oigámosle". Kolmogorov declaró que mi primera declaración era falsa, pero lo refuté inmediatamente. Entonces él dijo: " sí, parece que el problema resultó ser mucho más fácil de lo que yo supuse ". Nada del resto de mi respuesta despertó duda. Para el caso del campo no conmutativo, el problema era bastante más difícil. Me tomó un año entero trabajarlo". También se dice que Kolmogorov era uno de los pocos matemáticos no-políticos en la Unión Soviética con verdadero poder. Por esto pudo ayudar reservadamente a la gente talentosa con visiones que no necesariamente seguían la moda del pensamiento.

Los estudiantes de Kolmogorov incluidos en estos años son: Millionshchikov (vice presidente posterior de la Academia de Ciencias de la URSS), Mal'tsev, Nikol'skii, Gnedenko, Gel'fand, Bavli y Verchenko. Los temas se extendieron a la geofísica teórica, lógica matemática, análisis funcional, teoría de las probabilidades, teoría de funciones. Durante y después de la guerra: Shilov, Fage, Sevast'yanov, Sirazhdinov, Pinsker, Prikhorov, Barenblatt, Bol'shev, Dobrushin, Medvedev, Mikhalevich, Uspenskii, Borovkov, Zoloaterv, Alekseev, Belyaev, Mehhalkin, Epokhin, Rozanov, Sinaí, Tikhomirov, Shiryaev, Arnol'd, Bassalygo, y Ofman. También posteriormente Prokhorov, L.A. Levin, Kozlov, Zhurbenko, Abranov, y Bulinskii. Entre sus alumnos se incluye a un número de matemáticos extranjeros bien conocidos, entre quienes se cuenta el Sueco P. Martin-L.; estudiantes que se hicieron miembros de la Academia de Ciencias de la URSS como: A.I. Mal'tsev (álgebra, lógica matemática), S.M. Nikol'skii (teoría de funciones), A.M. Obukhov (física de la atmósfera), I.M. Gel'fand (análisis funcional), Yu V. Prokhorov (teoría de las probabilidades), L.N. Bol'shev (estadística matemática), A.A. Borovokov (teoría de las probabilidades, estadística matemática), A.S. Monin (oceanología), y V.I. Arnol'd. De la academia ucraniana de ciencias: B.V. Gnedenko (teoría de las probabilidades, historia de las matemáticas), V.M. Mikhalevich (cibernética), etc.

CARRERA CIENTÍFICA

Kolmogorov entró en la universidad de Moscú en 1920, se graduó en 1925, y consiguió su (equivalente de) Ph.D. en 1929, cuando también consiguió una posición en la facultad. En 1931 Kolmogorov comenzó como profesor en la Universidad de Moscú, y a partir de 1933-1939 fue director del instituto de investigación científica de las matemáticas en la Universidad Estatal de Moscú. Al parecer, estuvo implicado con la investigación científica de todos los estudiantes graduados en el instituto, no solamente de la suya propia. La mayoría de ellos mencionan las inolvidables excursiones a pie de los domingos en que Kolmogorov invitaba a todos sus estudiantes (los graduados y los no graduados) así como a estudiantes de otros profesores. Estas caminatas de 40 kilómetros en el ambiente de Bolshevo, Klyaz'm y posteriormente Komarovka, se recuerdan como experiencias que estimulaban la intelectualidad y la cultura; terminaban estas caminatas cuando él y Aleksandrov invitaban a la compañía entera a la cena en su dacha. En 1939 Kolmogorov fue elegido como académico de la Academia de Ciencias de toda la Unión Soviética y como secretario de la academia de la sección de Física-Matemática. También hizo un enorme trabajo como jefe del comité de redacción de las matemáticas de la casa editorial de la literatura no nativa y como editor de la sección de las matemáticas de la gran enciclopedia soviética. Durante la segunda guerra mundial Kolmogorov se comprometió al esfuerzo de la guerra solucionando problemas en balística y comenzó la investigación sobre problemas del control de calidad de la producción industrial total. A partir la 1964 a 1966, y a partir de 1976 hasta por lo menos 1983, Kolmogorov fue el presidente de la Sociedad Matemática de Moscú; de 1946 a 1954 y a partir de 1983 fue el redactor en jefe de matemáticas de Uspekhi Math. Nauk. En la Universidad de Moscú, Kolmogorov sostuvo de 1938 a 1966 la cátedra de la teoría de las probabilidades. A partir de 1966 y hasta 1976 fue jefe del laboratorio interdepartamental de métodos estadísticos, y de 1976 a 1980 sostuvo la clase de estadística matemática, que él organizó. A partir del año 1980 Kolmogorov también sostuvo la clase de lógica matemática. De 1951 a 1953 fue director del Instituto de Matemáticas y Mecánica de la Universidad de Moscú; de 1954 a 1956 y de 1978 hasta por lo menos 1983 fue jefe de la sección de matemáticas de la facultad de mecánica y matemáticas. A partir de 1954 a 1958 fue decano de la facultad de mecánica y matemáticas de la Universidad.

REFERENCIAS

[1] O´Connor, J. J. and Robertson, E. F., http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Mathematicians/Kolmogorov.html.

[2] Vitanyi, Paul M. B., http://www.cwi.nl/~paul/KOLMOGOROV.BIOGRAPHY.html.