

La ciencia, entre la especulación y la certeza

Primera parte

Ana María Cetto

En la vida hay pocas certezas. Hay quienes dicen que la única cosa cierta es que todos morimos, tarde o temprano. Yo he conocido otras certezas y una tiene que ver con José Antonio de la Peña.

En una de las tradicionales visitas de fin de año de los sobrinos a nuestra casa, le hicimos la clásica pregunta al mayorcito de ellos (tendría unos 10 años): ¿qué quieres ser de grande? Nunca he visto a un joven de su edad responder con mayor certeza: matemático. Fue tan contundente su respuesta que no nos quedó la menor duda de que así sería.



Nota. Estimados lectores, en el año 2018 se llevó a cabo una reunión académica en el Instituto de Matemáticas de la UNAM, IMATE, en homenaje al profesor José Antonio de la Peña en ocasión de su aniversario sesenta.

En ella participaron una amplia variedad de universitarios, entre ellos físicos, biólogos y matemáticos, reflejando la influencia que ha logrado el trabajo del profe de la Peña en distintas regiones de la ciencia.

El título del evento fue

El futuro de la ciencia:
especulaciones y certezas.

En el año de 2019, bajo el título Especulaciones y certezas en torno al futuro de la ciencia, el IMATE editó un muy interesante libro que recoge algunas de las aportaciones y puntos de vista que se vertieron en esa reunión. Los editores del libro fueron los profesores Carlos Prieto, Ana Irene Ramírez y José Seade.

El texto que a continuación reproducimos es el primer capítulo del libro y fue elaborado por nuestra estimada colega la profesora Ana María Cetto.

Agradecemos profundamente al equipo editorial del IMATE y a Ana María Cetto el permitirnos reproducir este trabajo en el Boletín.

La versión impresa del libro se puede conseguir directamente en el edificio del IMATE (planta baja).

Recomendamos ampliamente darse una vuelta por allá y conseguirlo.

José Antonio lleva las matemáticas en la sangre. Ha hecho muchas otras cosas en la vida, cosas trascendentes como las que son mencionadas en otras partes de este merecido homenaje. Ha realizado una valiosa labor como director, presidente, organizador, promotor, constructor de instituciones. Se ha codeado con prácticamente todas las áreas del conocimiento. Pero en lo más profundo de su ser, además de un ser humano muy integral -o quizá por esto- José Antonio es matemático.

Until I know this sure uncertainty, I'll entertain the offered fallacy.
William Shakespeare, *The Comedy of Errors*.

De acuerdo con el título del encuentro, hemos sido convocados para reflexionar y debatir, cada uno desde su perspectiva, acerca de especulaciones, certezas y el futuro de la ciencia. Sobre esto último hablaré hacia el final, en el terreno que me corresponde: el de la mecánica cuántica y sus fundamentos.

Antes de entrar en materia, debo admitir que los términos certeza y especulación me provocan escozor y desazón. El primero de ellos, "certeza", porque anuncia el fin de la duda, de la búsqueda, de la indagación. Induce a la parálisis. Y también, por qué no decirlo, porque no pocas veces la certeza resulta engañosa; se declara triunfadora para, después de un tiempo que puede ser más o menos corto o largo, ser derrumbada por el peso de nuevas evidencias.

El segundo término, *especulación*, puede tener significados muy diversos. *Especular*, según el diccionario, quiere decir *reflexionar en un plano exclusivamente teórico*, o también *hacer conjeturas sobre algo sin conocimiento suficiente*. Pero no sé si a ustedes les suceda lo que a mí, que no puedo evitar pensar en la otra acepción, la de *comerciar, traficar, procurar provecho o ganancia fuera del tráfico mercantil*, la cual conlleva un sentido peyorativo (salvo, quizás, para los que la practican).

Bien, supongamos que no fue este último el sentido que se le pretendía dar al incluir el término en el título de este encuentro. Aunque tampoco estoy segura de que se pretendiera llevarlo al terreno de la filosofía, donde por especulación se entiende *la actividad intelectual que permite la resolución dialéctica de las contradicciones en una unidad de orden superior*. Esta acepción ocupa un lugar central en la filosofía de Hegel, para quien tal procedimiento de resolución (la *Aufhebung* o superación) constituía la esencia del pensamiento filosófico.

La historia de las ciencias, y la de la física en particular, han estado marcadas por un sinnúmero de certezas y especulaciones; ambas han jugado un papel importante, y lo siguen jugando. No siempre positivo, pero tampoco siempre negativo.

*And speculation appears to have led [my brother Humphry]
to experiment, and experiment to further speculation,
with such rapid progress, that in a few months he formed
a new hypothesis, and flattered himself
that he had triumphed...*

John Davy (1)

La hipótesis atómica, por ejemplo, surgida casi al mismo tiempo en la antigua Grecia, en India y en China, en intentos diversos por reducir la complejidad del mundo de los fenómenos para acercarse a su comprensión, ha sido una especulación sumamente fructífera, con impacto hasta el presente. Nuestra comprensión acerca de los constituyentes últimos de la materia ha evolucionado de manera notable en el transcurso de los milenios, y seguramente seguirá evolucionando. Sin embargo, la idea de que el mundo está hecho de unas cuantas partículas elementales indivisibles ha logrado mantenerse de pie aun frente al escepticismo de un buen número de connotados químicos y físicos, entre ellos Humphry Davy, Wilhelm Ostwald, Ernst Mach -o el propio Max Planck- antes de 1900.

La alquimia también ha estado asociada históricamente con la especulación. Si bien ya milenios atrás los egipcios practicaban la alquimia mediante la preparación de aleaciones metálicas, fueron los griegos los que, atraídos por la idea de la transmutación, desarrollaron todo un cuerpo de especulaciones sobre la naturaleza y composición de la materia. Con el tiempo, lo que empezó como una mezcla de conocimientos prácticos, conjeturas y suposiciones evolucionó exitosamente hacia lo que hoy conocemos como química, no sin antes pasar por el sueño de la "piedra filosofal" o "elíxir de los elíxires" del medioevo. La transmutación de los elementos dejó de ser, finalmente, mera especulación de los alquimistas cuando sobrevino el descubrimiento de la desintegración de núcleos atómicos pesados en otros más ligeros.

Otras especulaciones han tenido un final menos afortunado. Durante el siglo XVIII proliferaron diversas teorías sobre el flogisto que dividían a sus proponentes sin que ninguna de ellas llegara a prosperar. También durante el siglo XIX, las especulaciones sobre la existencia de un éter luminífero absoluto dividieron a los científicos, hasta que llegó Einstein a abolirlo de una vez por todas en 1905 con su teoría de la relatividad especial. Sin embargo, la idea de que el espacio está permeado de una forma de energía de naturaleza electromagnética, no sólo sobrevivió gracias al trabajo de Planck de 1911 -dando al traste para siempre con la noción de un vacío absoluto- sino que ha sido extendida a otros campos, incorporándose como un componente esencial en las modernas teorías cuánticas de campo. Nuestras especulaciones continúan, y hoy comprenden desde la naturaleza de la materia y la energía oscura a escala cósmica, hasta la existencia de superpartículas, que podrían explicar a su vez la materia oscura.

Ya en el terreno de la biología, podemos mencionar el

notable ejemplo de la especulación sobre la generación espontánea de seres vivos que, como tantas otras especulaciones de larga vida, surgió en la época aristotélica. Fue apenas en el siglo XVII cuando comenzaron a multiplicarse las observaciones y los experimentos que la pusieron en duda y finalmente acabaron con ella, no sin acres controversias entre los científicos de la época (2). Y no olvidemos el vitalismo, que tuvo sus orígenes también en las culturas antiguas y sobrevivió, apoyado por no pocos biólogos, hasta entrado el siglo XX.

En cambio, en lo que concierne a la teoría de la evolución de Darwin hay quienes todavía hoy en día consideran que no es ciencia sino mera especulación (3). Con todo y que la evolución por selección natural es apoyada por datos y observaciones de una gran variedad de disciplinas científicas, incluidas la paleontología y la genética, la aparente ausencia del "eslabón perdido" que demuestre que el mono es ancestro del ser humano es tomada por antievolutionistas como prueba del carácter especulativo -si no es que fracaso- de la teoría de Darwin. Es cierto que, puestos en el terreno de la ciencia, para refutar una teoría dada frente al cúmulo de pruebas que la apoyan puede bastar una prueba en contrario; pero ante tanta evidencia se requiere más que la ausencia de una prueba para demostrar la falsedad de la teoría.

Los invito ahora a trasladarnos al territorio de la mecánica cuántica. Desde sus albores, la teoría cuántica ha probado ser un terreno fértil pero escabroso, donde las especulaciones y certidumbres pueden tener todo tipo de suerte o de destino. Tomemos como ejemplo la historia del espín. Con el experimento de Otto Stern y Walter Gerlach en 1922, había quedado demostrada la existencia de una cantidad asociada a los electrones, sin contraparte clásica, que daba lugar a una "duplicidad" de valores cuánticos. En un intento por darle sentido físico a esta nueva cantidad, el joven alemán Ralph Kronig, siendo estudiante de la universidad de Columbia, propuso en 1925 la idea del espín como una rotación interna del electrón, después de haber escuchado una conferencia de Wolfgang Pauli en Alemania. Sin embargo, Pauli rechazó de inmediato esta propuesta, afirmando que la idea del espín "es ciertamente una buena idea, pero claro que no tiene nada que ver con la realidad". Él había recién descartado de la mecánica cuántica cualquier tipo de modelo, ¡y ahora Kronig proponía que el electrón gira en el espacio!

Esto hizo que Kronig se desistiera de publicar su modelo del espín, descalificado como especulativo por la autoridad de Pauli. Poco tiempo después, alentados por su profesor Paul Ehrenfest, dos estudiantes de la Universidad de Leiden, George Uhlenbeck y Samuel Goudsmit, publicaron la hipótesis del espín como una propiedad intrínseca del electrón. En los textos de física se da el crédito del descubrimiento del espín a los dos físicos holandeses. Pauli mismo propuso un nuevo número cuántico con dos posibles valores para resolver algunas inconsistencias en



tre los resultados espectrales y la naciente mecánica cuántica, y en menos de dos años desarrolló la teoría matemática del espín que le valió el premio Nobel.

Este es un caso, como hay muchos en la historia, en que a una especulación se respondió con una expresión de absoluta certeza. Cuántos manuscritos no han sido publicados porque un árbitro está absolutamente convencido de la invalidez de una hipótesis o conjetura, independientemente de las perspectivas que ofrezca. No es posible saber *a posteriori* el impacto específico que tuvo para la física el incidente del espín, aunque ciertamente lo tuvo para Kronig. En otras instancias, sin embargo, las consecuencias de una afirmación o negación contundente se han hecho notar en la ciencia. Recuérdese, por ejemplo, la sentencia de Newton respecto de la imposibilidad de eliminar el cromatismo de las lentes, que ocasionó que durante cosa de dos siglos no se desarrollasen microscopios con sistemas de lentes acromáticos. ¿Quién se hubiera aventurado a cuestionar la autoridad de Newton? Obviamente, Sir Isaac sabía mejor que nadie que el poder refractivo del vidrio depende del color de la luz...

Recuérdese también la larga historia de conjeturas acerca de la naturaleza corpuscular u ondulatoria de la luz, a la que contribuyó Newton con su creencia firme en el carácter corpuscular de la misma. ¿Cómo se atrevía entonces Thomas Young a conjeturar, 130 años después, que sus patrones de interferencia obtenidos al hacer pasar la luz por una doble rendija evidenciaban la naturaleza ondulatoria de la luz? En su propio país, que era también el de Newton, Young -un individuo genial, erudito y políglota- era calificado de radical e inepto. Irónicamente, fue gracias a los trabajos posteriores de los franceses Augustin Fresnel y François Arago sobre la teoría ondulatoria de la luz que la conjetura de Young logró finalmente ser aceptada.

La certeza es peligrosa en cuanto se convierte en dogma e inhibe la exploración de ideas alternativas.

Inasmuch as mathematical theorems refer to reality, they are not certain, and inasmuch as they are certain, they do not refer to reality.
A. Einstein (4)

Continuará

Bibliografía

- (1) *The collected works of Sir Humphry Davy*, edited by John Davy. Smith, Elder and Co., Londres, 1839, p. 33.
- (2) James Strick, *Encyclopedia of Microbiology*, Moselio Schaechter, ed. Academic Press, 2009, Cap. 10. DOI: 10.1016/B978-012373944-5.00326-6.
- (3) Véase por ejemplo: *Is evolution science or mere speculation?* Motsoko Pheko, Pambazuka News, Oct 19, 2015.
- (4) Albert Einstein, *Geometrie und Erfahrung*. Springer, Berlin, 1921.

CIMPA School Algebraic and Tropical Methods for Solving Differential Equations

From June 12th to 23rd, 2023
Instituto de Matemáticas, UNAM, Oaxaca, México
The School will be in-person, with live streaming sessions.

Differential equations are typically considered to be a subject of mathematical analysis or, more generally, "continuous mathematics". However, algebraic and discrete methods have been successfully applied to questions about differential equations such as, for example, finding symmetries or closed-form solutions.

Recent years have witnessed significant development of constructive aspects of algebraic geometry and tropical algebra including deep theory and efficient algorithms. Exploring connections between these advances and problems about differential equations creates numerous opportunities for applying algebraic and tropical methods in the realm of differential equations.

The goal of the school is to introduce the participants to selected constructive methods of algebraic geometry and tropical algebra, present existing applications of these methods to differential equations, and engage the participants into working on open problems in this area.

Courses

Computational commutative algebra,
Tropical geometry,
Differential algebra,
Topics in differential algebra,
Newton's method for differential equations,
Tropical differential algebra.

Registration will be open until March 1st, 2023
(the deadline for applications for CIMPA support).

Contact:

Lara Bossinger: lara@im.unam.mx

Más información en la página:
<https://cimpaschool2023.eventos.cimat.mx/>

Boletín de Matemáticas

