ABC, 24 de Julio de 2018
CIENCIA - El ABCdario de las matemáticas
Pedro Alegría

Los tiempos han traído cambios de paradigma que han influido incluso en la forma de las redes de las porterías del Mundial de Rusia



Thomas Hales demuestra su solución a la conjetura de Kepler - U. Michigan

Si **Marco Tulio Cicerón** levantara la cabeza y estuviera razonablemente familiarizado con el progreso de las **matemáticas**, podría repetir su famoso comentario ¡O temporas!, ¡o mores! para expresar su incredulidad ante los cambios de paradigma que las témporas han conseguido respecto a las verdades matemáticas. De un tiempo a esta parte, el apelativo de “ciencias exactas” ya no se aplica de forma taxativa a nuestra ciencia. Veamos algunos ejemplos.

A principios del siglo XX se produjo la crisis de los fundamentos de la matemática, que surgió con el planteamiento de las paradojas lógicas y culminó con los resultados de **Kurt Gödel** en 1931 sobre la incompletitud de ciertos sistemas axiomáticos (es decir, donde algunos resultados de la teoría no se deducen de los axiomas que la caracterizan) y de
Paul Cohen
en 1963 en los que concluye que hay teoremas indecidibles (es decir, para los que no se puede probar su certeza ni su falsedad).



Cuatro colores son suficientes para colorear las provincias españolas

Una vez solventada la crisis, no pasó mucho tiempo hasta que apareció la siguiente: el famoso **teorema de los cuatro colores**, que básicamente afirma que puede colorearse un mapa utilizando solamente cuatro colores con los que distinguir países limítrofes, fue planteado en 1852 por
Francis Guthrie
pero no llegó a demostrarse hasta el año 1976 por
Kenneth Appel
y

Wolfgang Haken
. Quizá no sea sorprendente que hubiera transcurrido más de un siglo desde el planteamiento del problema hasta su resolución ni que la demostración fuera la más extensa que se había conocido hasta entonces, pero sí causó sorpresa el hecho de que gran parte de la demostración la realizó ¡un ordenador!, el único ente capaz de analizar (tras más de mil horas de trabajo computacional) cada una de las 1936 configuraciones que quedaron reducidas después del análisis de Appel y Haken.

¡Qué remedio! Si el pulpo puede ser animal de compañía, tendremos que admitir también el procesamiento informático como apoyo a las demostraciones de cierto tipo de resultados matemáticos.

¡Pero no terminan aquí las cesiones! El afamado astrónomo **Johannes Kepler** conjeturó en 1611 que la mejor manera de apilar balas de cañón esféricas (ahora bastaría hacerlo con pilas de naranjas, más sanas) consiste en disponerlas en forma de pirámide apoyando cada esfera sobre los huecos que quedan en la capa inferior.

Resulta que en 1998 (sí, casi cinco siglos después), **Thomas Hales** y su alumno **Samuel Ferguson** de mostraron dicha conjetura (sí, con la inestimable colaboración de algunos eficientes y sofisticados programas informáticos que se encargaron de resolver más de cien mil problemas de programación lineal). ¿Cuál es la sorpresa? Que, cinco años después, los especialistas encargados de la revisión de los cálculos solo pudieron asegurar que el teorema de Hales era cierto al 99%, pues el resto era imposible de verificar.

¿Tendremos que aceptar también que una demostración no sea cierta “con toda seguridad”? De momento no será necesario porque Hales y sus colaboradores no se rindieron y lograron verificar todos los casos. Por fin, el artículo con la demostración formal de la conjetura de Kepler apareció en la revista Forum of Mathematics en mayo de 2017.



Celdas de un panal de abejas

¿Qué tiene que ver todo esto con el mundial de fútbol? Un problema relacionado con la conjetura de Kepler, conocido como **la conjetura del panal de abejas,** se pregunta cuál es la forma que deben tener las celdas, todas iguales, con la que dividir una superficie de modo que la longitud de sus lados sea mínima. En el siglo I a.C., Marco Terencio Varro afirmaba (un poco alegremente) lo siguiente: ¿No tienen seis lados las habitaciones de las abejas, tantos como patas? Los geómetras han probado que este hexágono inscrito en una circunferencia encierra la mayor área.

Cinco siglos después, **Pappus de Alejandría** precisó esta frase afirmando que, de las tres formas con las que puede rellenarse una superficie plana mediante polígonos regulares (triángulos, cuadrados y hexágonos), las abejas eligieron el diseño que permite almacenar la mayor cantidad de miel.

La comprobación de este hecho es muy simple, como se ilustra en la siguiente tabla:

Figura	Área	Perímetro
Triángulo	1	4,56
Cuadrado	1	4
Hexágono	1	3,72



Matemática Española (RSME) *Real Sociedad*