

MATEMÁTICAS
cotidianidad y belleza

INMACULADA GAYTE DELGADO | PEDRO MARÍN RUBIO |
J. M. MUÑOZ PICHARDO | JUAN NÚÑEZ VALDÉS |
ANTONIO PÉREZ JIMÉNEZ |
RAMÓN PIEDRA SÁNCHEZ | RAFAEL VILLA CARO
(COORDINADORES)

MATEMÁTICAS

cotidianidad y belleza



Editorial Universidad de Sevilla
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

SEVILLA 2020

Colección: Divulgación Científica
Núm.: 21

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito de la Editorial Universidad de Sevilla.

© EDITORIAL UNIVERSIDAD DE SEVILLA 2020

Porvenir, 27 - 41013 Sevilla.

Tifs.: 954 487 447; 954 487 451; Fax: 954 487 443

Correo electrónico: eus4@us.es

Web: <<http://www.editorial.us.es>>

© Inmaculada Gayte Delgado, Pedro Marín Rubio,
J. M. Muñoz Pichardo, Juan Núñez Valdés, Antonio
Pérez Jiménez, Ramón Piedra Sánchez y Rafael Villa Caro
(coordinadores) 2020

Impreso en papel ecológico

Impreso en España-Printed in Spain

ISBN: 978-84-472-1933-9

Depósito Legal: SE 2118-2020

Maquetación: Los coordinadores

Impresión: Podiprint

ÍNDICE

PRÓLOGO	9
<i>Antonio Beato Moreno</i>	
VERDADES ABSOLUTAS QUE NO MATAN A NADIE	13
<i>Eduardo del Campo</i>	
1. ¡La recta no es el camino más corto! Hablemos de curvas y superficies	19
<i>Alfonso Carriazo Rubio, Verónica Martín Molina</i>	
2. Viajando por el país de los números	41
<i>Juan Núñez Valdés, José Antonio Prado Bassas</i>	
3. La Helena de las curvas	63
<i>Rafael Villa Caro</i>	
4. Teoría de Ramsey: ¡un poquito de orden por favor!	79
<i>M^a Ángeles Japón Pineda</i>	
5. El desconocido mundo de los poliedros	97
<i>Manuel Ceballos González, Juan Núñez Valdés</i>	
6. Matemáticas para estudiar el flamenco: el compás	111
<i>José Miguel Díaz-Báñez</i>	
7. Buscando grupos en poblaciones	131
<i>Juan M. Muñoz Pichardo, Teresa Gómez Gómez, M^a Dolores Cubiles de la Vega</i>	
8. El Teorema de los Cuatro Colores: de colorear mapas a vigilar museos	151
<i>M^a Trinidad Villar Liñán</i>	
9. Matemáticas, otros ojos para el médico	167
<i>Inmaculada Gayte Delgado</i>	
10. Calculadoras y cálculos	183
<i>Pedro Marín Rubio</i>	

11. Buscando máquinas de cálculo vivas... desesperadamente 201
Mario de Jesús Pérez Jiménez
12. Mariposas que provocan tornados y siembran el caos 219
Pedro Marín Rubio
13. El Renacimiento. Armonía, Composición y Geometría 235
Belén Güemes Alzaga
14. Fractales: naturaleza y geometría 253
Félix Gudiel Rodríguez
15. Matemáticas en la planificación del transporte 265
Francisco A. Ortega Riejos, Miguel A. Pozo Montañaño
16. Sobre relojes de sol. Cónicas y proyecciones 285

PRÓLOGO

La difusión de la ciencia permite a la sociedad tener acceso al conocimiento que va transformando la vida de las personas y del mundo a lo largo de la historia y que, sin duda, seguirá transformándolo en el futuro. En un mundo cada vez más tecnológico y fundamentado en descubrimientos científicos, es necesario que todas las personas tengan nociones de los conocimientos y herramientas sobre los que se sustentan estos progresos. Las Matemáticas han formado parte del desarrollo de la humanidad desde sus inicios y su divulgación es un deber del matemático con su comunidad.

Decía D. Miguel de Guzmán en su libro *Cuentos con cuentas* lo siguiente: *“El juego y la belleza están en el origen de una gran parte de la matemática. Si los matemáticos de todos los tiempos se lo han pasado tan bien jugando y contemplando su juego y su ciencia, ¿por qué no tratar de aprenderla y comunicarla a través del juego y de la belleza?”* Con ello expresaba su deseo de que el contacto con las matemáticas sea agradable y a la vez fomenta el mismo placer en otros desarrollos matemáticos de apariencia más seria y complicada, pero que presentan en el fondo, si se los mira bien, el mismo espíritu divertido.

Los matemáticos han de tender puentes entre su trabajo profesional y su entorno, tratando de hacer entendibles las matemáticas, y hacer que el público en general se sienta atraído e interesado por los contenidos presentados, reto fundamental a superar por todo esfuerzo divulgador.

Desde la Facultad de Matemáticas se es consciente de esta necesidad y en esa línea trabajan varios profesores desde hace muchos años. Como parte de esta labor, nació el Plan de Divulgación de la Facultad de Matemáticas, impulsado por un grupo de profesores que intentan divulgar las matemáticas y hacerlas atractivas e interesantes a cuanta audiencia sea posible, con especial énfasis en los alumnos de Enseñanza Secundaria.

En los últimos años son numerosas las actividades en las que este grupo ha intervenido con muy buenos resultados, y sería una larga tarea describirlas en todo detalle. Sin embargo, creo importante destacar tres de las

iniciativas emprendidas. Por un lado, el esfuerzo en la divulgación de las matemáticas se ha entendido siempre como parte de un marco más general, siendo ésta una de las razones de la participación en el proyecto QUIFIBIOMAT, que es una acción divulgativa conjunta que se desarrolla durante la Semana de la Ciencia entre las facultades de Química, Física, Biología y Matemáticas. Este proyecto consiste en jornadas de puertas abiertas dirigidas a centros de Enseñanza Secundaria y ha servido para que muchos de los alumnos participantes hayan optado por estudios relacionados con las Ciencias. Por otro lado, se han promovido numerosas conferencias divulgativas organizadas y financiadas desde la Facultad mediante planificaciones anuales, encuadradas en los denominados Programas de Actividades y complementadas con visitas a los centros de Enseñanza Secundaria. Estas actividades son impulsadas por el Grupo de Divulgación desde hace más de una década. Finalmente, debe destacarse la gran acogida de las charlas llevadas a cabo por los integrantes del Grupo de Divulgación en el Aula de la Experiencia de la Universidad de Sevilla, una acción formativa integrada en el contexto de los Programas Universitarios de Mayores.

Fruto del trabajo desarrollado durante los primeros años del Grupo de Divulgación, nació la obra coral *Prisma: Un paseo entre las matemáticas y la realidad*. En ella se recopilaron varias charlas divulgativas en catorce capítulos, con dieciocho autores, que se extiende por distintas ramas de las matemáticas y por diversas épocas históricas. Esta obra fue galardonada con el premio Universidad de Sevilla a la Divulgación Científica 2008/2009 por decisión unánime del jurado y el XIV Premio Nacional de Edición Universitaria a la mejor monografía en las áreas de Ciencias Experimentales y de Tecnologías.

El presente libro que se abre al lector es fruto de un nuevo esfuerzo de síntesis de las conferencias desarrolladas por el Grupo de Divulgación. Como en la obra anterior, todos los capítulos han sido escritos para que puedan ser entendidos por un lector casi sin conocimientos previos de la materia, mostrando aspectos de las matemáticas de utilidad en la vida real o problemas cotidianos que las matemáticas pueden resolver.

La diversidad de los autores, respecto a su especialización en las matemáticas, ha dado lugar a una obra de divulgación que además de ser amena se extiende por una amplia variedad de las ramas de las matemáti-

cas. Hay capítulos donde se exponen situaciones relacionadas con la Geometría, con la Teoría de Grafos, con el Álgebra, con la Estadística, con el Análisis Matemático, con el Cálculo Numérico, con la Computación Natural, con la Teoría del Caos, con los Fractales, con la Investigación Operativa, etc., y también relacionados con una amplia variedad de épocas históricas, desde los egipcios hasta nuestros días, pasando por los griegos, los romanos, la Edad Media o el Renacimiento. La obra, pues, nos proporciona una visión extensa de las aplicaciones de las matemáticas a través de la historia.

Espero que la lectura de este libro le haga sentir más cercana la labor de los matemáticos. Disfrute de la belleza de las matemáticas y descubra cómo se usan en la vida cotidiana.

ANTONIO BEATO MORENO
Decano de la Facultad de Matemáticas
Universidad de Sevilla

VERDADES ABSOLUTAS QUE NO MATAN A NADIE

Corría la revolucionaria primavera árabe de 2011 y en el frente de la guerra civil de Libia los rebeldes que querían derrocar a Gadafi nos advertían a los periodistas en medio de la carretera entre Bengasi y Trípoli, con el desierto del Sáhara a la izquierda y el mar Mediterráneo a la derecha: “¡Cuidado!”. Si seguíamos avanzando, a partir de allí corríamos peligro de muerte. Un elemental cálculo mirando el horizonte y el mapa nos permitía conservar la vida: si el ejército regular contra el que combatían los rebeldes se apostaba a X kilómetros de nosotros y los proyectiles de sus ametralladoras y de su artillería tenían un alcance de Y kilómetros, no nos pasaría nada siempre que nos mantuviéramos a una distancia mayor.

El problema se agravaba cuando el otro bando avanzaba de repente: si la sencillísima resta de X menos Y daba resultado igual o menor que cero, nos podía matar un obús. Porque esa cuenta negativa indicaba que nos habíamos quedado dentro del área batida por el fuego. En los números rojos que anunciaban la sangría. Las armas (pongo por ejemplo) de dos kilómetros de alcance que se emplazaban antes a dos kilómetros y medio de nosotros habían avanzado 700 metros sin que nos diéramos cuenta. ¡Ya estábamos a tiro! Entonces era mejor salir corriendo... Para seguir viendo y escuchando las explosiones de la guerra desde la prudente distancia de seguridad que se demostraba cuando $X - Y$ daba un resto positivo. No hacían falta estudios para darse cuenta de la diferencia. Aunque hubiésemos sido analfabetos, el instinto de supervivencia, que se basa en la intuición y la lógica –el matemático sentido común–, nos habría empujado a ponernos a salvo.

Cuento esta historia como caso práctico de que las matemáticas integran nuestra vida a cada instante. ¡De calcular correctamente depende que sigamos vivos! Se objetará que hay muchísimos conocimientos que, además de difíciles de comprender, carecen de utilidad práctica, o eso parece. ¿Para qué –dirá alguien– nos sirve el mayor número perfecto conocido hasta la fecha (el 48º de la lista que abre el 6, la de aquéllos que son iguales a la suma de sus divisores excepto ellos mismos: $6 = 1 + 2 + 3$), descubierto el 25 de enero de 2013 por Curtis Cooper, que tiene casi 17.5

millones de cifras? Ignoro para qué sirve –a alguien se le ocurrirá algo– pero su mera existencia me fascina después de haberme enterado de ella en *Matemáticas. Cotidianidad y belleza*, el apasionante libro que tú, lectora, lector, tienes ahora en las manos.

Las innumerables variantes del saber matemático pueden tener o no aplicaciones prácticas, pero todas ellas nos revelan la belleza intrínseca de la vida –me refiero a todo, lo que palpita y lo inorgánico, lo visible y lo invisible, en la escala universal y en la casera–, a la vez que nos transmiten la paz de comprender que pese al horror de las guerras, las miserias y las injusticias como aquéllas de las que he escrito como periodista a lo largo de los años, es decir, a pesar de todo lo que falla y es error, absurdo, caos y sinsentido en este mundo, rige el orden perfecto e inmutable de las leyes de la naturaleza, más allá de las contingencias humanas de la Historia. Un orden que nos ofrece cierta seguridad si sabemos apreciarlo. Como un refugio neutral. Las dudas te reconcomen con tus problemas de cada día, pero al menos tienes a mano certezas como ésta: la línea más rápida –que no más corta– entre dos puntos no es la línea recta sino la fabulosa curva cicloide. Eso es así y no hay que darle más vueltas (ver el capítulo “La Helena de las curvas”).

Con las matemáticas se obra el bien (casi siempre) o el mal, como, pongamos por caso, hace el corrupto cuando fija el porcentaje de comisión que le corresponde por un contrato amañado, o como hicieron los nazis al calcular al detalle los parámetros de las cámaras de gas para optimizar el exterminio, y en este punto me acuerdo de lo que Moshe Haelion me enseñó un día en una playa cerca de Tel Aviv remangándose la manga de la chaqueta. En la piel del interior del brazo izquierdo aún tenía grabado el “114923” con que lo marcaron en Auschwitz y el “116505” que era su sello de Mauthausen.

Corresponde a la ética dirimir la bondad o maldad de las aplicaciones de la ciencia. Pero las leyes matemáticas, como se comprueba al recorrer los 16 capítulos de este libro, son en sí mismas no sólo bellas sino benéficas, en la medida en que el ejercicio de comprenderlas estimula el razonamiento, que es el sustento de la paz. Sus 24 autores nos invitan a maravillarnos y a disfrutar de puro placer intelectual ante la variopinta perfección del universo e incluso de una realidad –o como se pueda nombrar lo inefable– que trasciende el universo mismo, pues habita en la eternidad de un más

allá abstracto, intocable a la erosión del espacio y el tiempo. ¿El paraíso? Como dijo Agustín de Hipona, o San Agustín, en una cita que me ha emocionado conocer en este libro: “Seis es un número perfecto en sí mismo y no porque Dios creara el mundo en seis días, más bien lo contrario es verdadero. Dios creó el mundo en seis días porque este número es perfecto, y será perfecto para siempre, incluso si el trabajo de los seis días no hubiese existido”. En otras palabras, que el orden matemático seguirá siendo válido aunque desaparezca todo en el juicio final. Visto así, Dios es sencillamente la metáfora de ese orden matemático, nada más ni nada menos. Aunque su grandeza sería menor sin los imperfectos humanos –o los extraterrestres que buscan por su cuenta en otros planetas– que a lo largo de los siglos y hasta hoy día, como hacen con sus brillantes trabajos los expertos de este volumen, dedican lo mejor de sí a descubrir y hacer entender a los demás la red matemática que lo sostiene todo.

Un día, poco después de que mi amigo Rafael Villa me pidiera –lo que le agradezco– unas palabras para este libro, me fijé en una camiseta de ésas con mensaje crítico que se ven por la calle. La llevaba puesta mi mujer. Decía, en inglés: “*Baby*, cálmate. La verdad (Nº 7) es sólo un punto de vista. Nada será lo mismo”. Después de reflexionar durante un tiempo y de aprender y divertirme con estas páginas, aquel mensaje me ha dado pie para llegar a la siguiente conclusión, que es un elogio sincero a la comunidad matemática. Me explico. La verdad, como dice el eslogan de la camiseta, puede ser sólo un punto de vista en los conflictos humanos, de acuerdo; pero los matemáticos manejan en cambio verdades demostradas, axiomas absolutos. Leyes naturales, realidades objetivas. No obedecen a dogmas de fe sino a enunciados irrefutables. Los matemáticos tienen razón. Conocen la verdad. Y sin embargo no conozco a matemáticos que sean tipos dogmáticos, intransigentes, absolutistas, integristas.

Matemáticas: Cotidianidad y belleza nos recuerda que los genios, desde Pitágoras a Newton, que han forjado esta ciencia, también adolecían de penosas debilidades humanas. Se peleaban. Se plagiaban. Se calumniaban. En todo caso, no hicieron tanto daño como otros. La Historia está llena de dictadores que eran de profesión militares, empresarios, abogados, escritores, artistas... No se me ocurre ninguno matemático. Qué curioso. Es como si el conocimiento de las verdades absolutas sobre el mecanismo esencial de las cosas lo contrapesasen en su vida social con una actitud flexible, abierta, tolerante, racional, relativista. Ningún matemático, me atrevo a

aventurar, disparará nunca a nadie para imponer la verdad científica por mucho que, a diferencia de los fanáticos totalitarios, tenga toda la razón del mundo desde el momento y hora en que la suya sí está probada. ¿Podemos imaginar que alguien asaltara el poder con este grito?: “¡En nombre de la ley de la gravedad y el teorema de Pitágoras, proclamo el califato universal!”. Son gente razonable y discreta y no incurrirán en semejante ridiculez. No obstante, tendrían que presentarse más a menudo a las elecciones democráticas. Hacen falta líderes políticos con la claridad mental de un Euclides y de un Al Juarismi, no aprendices de Hitler ni sicarios que degüellen creyéndose enviados de Mahoma.

Acordándome de los hombres y mujeres, buenas personas, comprensivas, que me enseñaron matemáticas en parvulitos, el colegio y el instituto, pienso qué bien les habría venido que tuviéramos en clase un libro como éste, tan interesante como bien escrito. Sus autores son de ciencias puras pero también manifiestan un alto dominio de las letras. Nos relatan estas aventuras matemáticas con la clara sencillez y la buena prosa del narrador riguroso y ameno. Merece ser no sólo un *bestseller*, sino un *most read*: que se venda, se lea y se consulte muchísimo. Es apto para todos los públicos. Engancha.

En sus casi trescientas páginas nos cuentan historias de curvas, de superficies, de números. De teorías como la de Ramsey y de teoremas como el de los Cuatro Colores. De poliedros, de grupos, de calculadoras, de probabilidades, de azares. De la geometría humana del Renacimiento y la fractal de la naturaleza. De la aplicación de las matemáticas para la sanidad o para la planificación del transporte, de las cónicas, de los relojes de sol y hasta del sistema que subyace a los palos del flamenco. Y nos presentan a los hombres, y algunas mujeres, que desentrañaron lo que hasta entonces era inexplicable. Los conceptos que de antemano creíamos extraños y obtusos, se vuelven familiares cuando nos los explican y los comprendemos. Así me ha pasado al toparme con criaturas que desconocía, como los números narcisistas. Apelativo que refleja que el jardín aritmético es un terreno estupendo para sembrar poesía y humor.

Dedicamos la mayor parte de nuestro tiempo de lectores y espectadores de los medios de comunicación a informarnos de lo que marcha mal en el mundo. Pero las matemáticas nos enseñan que lo que funciona de forma impecable es muchísimo más y nos rodea como el aire. Extender

la educación matemática mejorará a la humanidad, que, sin este saber, no seguiría viva hoy creciendo hacia el universo. Así que enhorabuena a los miembros del Grupo de Divulgación de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Sevilla por remar en ese sentido. Gracias por contárnoslo.

Su luminoso trabajo me inspira una coda: dos y dos serán siempre cuatro aunque no queden ni dioses ni personas para hacer la cuenta y contarlo. Pero es preferible estar vivo para comprobar en persona, cada día, la vigencia de nuestras inofensivas verdades absolutas. Cuatro amigos y sendos botellines de cerveza. A veces nos crecemos y, en virtud de no sé qué teorema aún no demostrado, sumamos cinco. ¡O más!

EDUARDO DEL CAMPO
Periodista y escritor