

Matemáticas al sureste

Autoría: Luis Fernando Díaz Domínguez

Afiliación: Matemático, ingeniero y Agente de la Innovación de la Comunidad de Madrid

TIPO	PÁGINAS	IDENTIFICADOR
Divulgación matemática e historia de la ciencia	189-199	TDL-78-2022-189-199

RESUMEN DOCUMENTAL

Ensayo que busca la intersección entre la historia de Almería y las matemáticas. El autor recorre episodios vinculados al sureste peninsular y los conecta con desarrollos científicos, desde vestigios prehistóricos y la etapa islámica hasta la minería, la astronomía y la investigación contemporánea. El texto combina referencias históricas, geográficas y científicas para mostrar cómo una disciplina abstracta puede leerse a través de un territorio concreto y de sus transformaciones.

PALABRAS CLAVE

Almería · matemáticas · astronomía · historia de la ciencia · sureste peninsular · divulgación · territorio

CITA BIBLIOGRÁFICA

Luis Fernando Díaz Domínguez. «Matemáticas al sureste». Torre de los Lujanes, n.º 78, 2022, pp. 189-199. ISSN 1136-4343.

Matemáticas al sureste

Por
Luis Fernando
Díaz Domínguez
*Matemático. Inge-
niero. Agente de
la Innovación
de la C.A.M.*

Almería es el vértice del sureste peninsular español. Sus automóviles mostraban las letras “AL” en las matrículas. Como madrileño admirador de Almería y apasionado por las Matemáticas, se me ocurrió este título – que parece aludir a una especialidad - para un ensayo en el que pretendo hallar la *intersección* entre una tierra y una ciencia.

De Almería se podría hablar sobre algunos trazos encontrados en abrigos rocosos de la Sierra de María-Los Vélez, que parecen indicar actividad matemática en la protohistoria. También, sobre las culturas neolíticas de Los Millares y El Argar, la expulsión de los moriscos y posterior repoblación, la guerra civil y la emigración, el movimiento artístico denominado *indaliano*, las bombas atómicas norteamericanas, el mundo del cine o la energía solar en Tabernas, el karst

de Sorbas, o los cultivos de invernadero, pero me interesa detenerme en el dominio árabe, el siglo XIX marcado por minería, uva y esparto, y la astronomía en Calar Alto, porque voy a relacionar esos tres asuntos con las Matemáticas.

Para tranquilidad del lector no versado en esta ciencia exacta, es el momento de comentar que en el desarrollo de este texto no se encontrarán detalles de cálculo y mucho menos propuestas de demostraciones o ejercicios. Interesa la síntesis, la presentación de las líneas generales y de los logros conseguidos.

La Edad Media Árabe es el momento de expansión de ese pueblo desde el Indo al Cabo de San Vicente, a lo largo de Asia Menor y el norte del Mediterráneo. A nuestra tierra, que llaman *Isbania*, llegan los árabes no solamente con alfanjes, sino con una Matemática que han recogido de todas las culturas de los pueblos que ahora dominan: Caldea, Babilonia, Egipto, Fenicia. Y de otros pueblos del área mediterránea como Grecia y Roma. Nos traducen la Matemática griega y gracias a ellos conocemos a Euclides. Fundan escuelas de ciencias exactas en Toledo, Zaragoza, Córdoba, Sevilla, Jaén, Granada y Almería. Las estadísticas hablan. 182 matemáticos hispano árabes, de los cuales 32 se localizan en el reino de Granada, 5 en Murcia y 10 en Almería. De entre los almerienses destaca

Abensaid (o Caíd Saíd)

Nacido en Almería, ejerce de caíd en Toledo, colabora con Azarquiel en la confección de las Tablas Toledanas, un gran avance en la Astronomía de la época. Abensaid estudia movimientos de astros, la trepidación y su relación con los signos del zodiaco. Pero

Abensaid es, además jurista e historiador. Su obra *Tabacat* se convierte en un referente de la historia de las naciones y de su desarrollo científico.

Desde la llegada, en el año 711, hasta la caída de Almería en poder de los Reyes Católicos, en el año 1489, los matemáticos almerienses se aplican con ahínco en la práctica de lo exacto a diversos campos. La agronomía es uno de ellos. Los valles de Adra, Andarax y Almanzora aún conservan vestigios de las canalizaciones construidas por los árabes. La topografía está además, al servicio del catastro. Pero, no sólo es esa geometría la que preocupa. Parábolas e hipérbolas son necesarias con fines de comunicaciones militares. Segmentos esféricos, para la astronomía. Con seguridad, los almerienses Abensuda, Moguáfac, Benabdala, además del ya mencionado Abensaid, tienen que estudiar en profundidad las directrices del Corán, que inspiran el complicado derecho de herencia y todo lo necesario para la correcta orientación de edificios hacia La Meca, así como la confección de calendarios para asegurar horarios de oración e hitos en la vida religiosa. En cuanto a la Astrología, que no es ciencia pero sí una profesión bien pagada, hay que decir que se aprovecha de los resultados astronómicos para predecir en función de conjunciones astrales y eclipses.

Otros matemáticos hispano-árabes están vinculados a Almería, no por nacimiento, sino por ser esta tierra la que eligieron como lugar para desarrollar su actividad profesional. Hablamos de Beneltonaizí, Benabdala, Benibrahim, Abensar, Abensoleiman y Abnroxahid, todos ellos con nombres, apellidos y sobrenombres que indican el lugar de procedencia de la familia, que nos obligan a resumir. Trabajan la Aritmética, la Geometría, el Álgebra, la Astronomía y la Enseñanza.

De la Aritmética destaco un sencillo método de cálculo de la raíz cuadrada de un número, que da un error de una centésima respecto de lo que hoy se consigue con una calculadora de bolsillo. No sólo eso. Estudian razones, proporciones, series, progresiones, leyes de las operaciones y divisibilidad. En concreto, el faradí – profesional de la partición de herencias – tiene que llevar a cabo complicados cálculos con números fraccionarios. Quedan ejemplos y ejemplos de lo que hoy en día se denominarían estudios de casos.

El álgebra, desarrollada inicialmente por el griego Diofanto, conoce con los árabes una significativa sistematización. Se estudian las soluciones de diversos tipos de ecuaciones. Entre estos métodos hay uno muy curioso que resuelve la ecuación de segundo grado mediante un truco geométrico por el cual se llega a esa solución general que nuestros jóvenes aplican hoy en día en sus jornadas escolares de matemáticas no siempre apreciadas.

En algunos casos, desde Almería, estos matemáticos se dirigen a otros puntos del orbe árabe; llegan hasta la gran Damasco y dan a conocer los resultados de sus trabajos contribuyendo al desarrollo científico de aquella gran comunidad humana.

Pero llega el ocaso para lo árabe en Almería. En los muros de la alcazaba de la ciudad encontramos una inscripción que reza:

Si la belleza acaba, dámela antes de que pase.

Más, si dura, ¿qué temes al dar lo que es eterno?

La eternidad aludida en la estética de la frase nos conduce a un concepto filosófico y matemático: El infinito.

José Echegaray y Eizaguirre (1832-1916)

Madrileño de apellidos euskaldunes, de padre aragonés y madre navarra, toma contacto con el sureste en Murcia, donde cursa el bachillerato. Poco después, Madrid de nuevo. Dos cursos de preparación para la Escuela de Caminos y cinco cursos para lograr el título. Siete años de abundancia matemática y de otras materias. En esa época, la influencia de la Escuela Politécnica Francesa es notable. La Matemática que llega a España desde allende los Pirineos, sea francesa o no, está traducida a la lengua de Molière. Geometría, Análisis, Álgebra, Cálculo, todo con acento francés.

El Echegaray de veintiún años logra título y gana oposición. Su plaza, Granada, pero será derivado a un destino en Almería. Se ha de ocupar de la supervisión de la primera carretera que se está construyendo. Media docena de kilómetros entre la ciudad de Almería y el pueblo de Gérgal. El viaje de tres jornadas ha de ser a lomos de caballería, por ramblas y caminos de herradura. En su equipaje, José lleva tres libros de Matemáticas: La Teoría de Números, de Lagrange. Las investigaciones Aritméticas, de Gauss. La Mecánica Analítica, de Lagrange. Entre las tres obras, digamos que unas 1500 páginas de guarismos y cálculos.

Almería, en aquel 1854, es una ciudad de luz radiante, blancura de cal y olor a sal y arriería. Cuenta con 17000 habitantes. Carece de carreteras o ferrocarril. La comunicación ha de ser, forzosamente por mar. Por esa vía importa tejidos y exporta lo que da la tierra, geológica y agraria. Muchos minerales: mármol, plomo, hierro, azufre, sal, cobre, mercurio y plata. Y naranjas, uva y esparto. El comercio marítimo con Málaga, Cádiz, Orán, Marsella y Gibraltar, así como la industria minera ha creado en Almería una burguesía que en algunos casos lleva apellido inglés y que en las féminas luce rostros

de bellos y oscuros ojos y cabello. Se habla la lengua de Byron, se toma té, se lee el periódico La Crónica meridional, cuyo lema es “Diario de intereses generales”. En ese diario se relata el terremoto de Fiñana, la sequía, el brote de cólera y el precio, en maravedís, de la ración de pan. Los domingos, función de teatro en el María Cristina.

Echegaray, señorito de Madrid enfundado en su uniforme de ingeniero, poco puede hacer fuera de su jornada de trabajo. Acaso, un paseo por la alameda o una ocasional conducción de la lancha del práctico del puerto, que no confía en la habilidad náutica del joven. La sencilla habitación de la Pensión de los Vapores, en la calle del Emir, es su refugio de lectura. Echegaray se entrega con pasión a la lectura de su dotación bibliográfica traída a lomos de caballería.

Lagrange (Lagrangia en su origen italiano de Torino), nacionalizado francés, ha participado en el comité de implantación del Sistema Métrico Decimal y es matemático de gran prestigio. Su obra *Mecánica Analítica*, cuya lectura acomete José, es un prodigio de cálculo de estática, cinemática, dinámica, hidrostática, gravitación, oscilaciones, etc, cuya particularidad reside en la total ausencia de figuras o acompañamientos gráficos. Fórmula matemática pura. Aplicación del cálculo infinitesimal en todos los niveles para explicar cualquier fenómeno físico.

Gauss, a quien han llamado “Príncipe de las Matemáticas” es una de las figuras científicas más importantes del siglo XIX y de toda la Historia. Polifacético, trabaja desde la Matemática a la Botánica, desde la Física a la Astronomía. Pero a nuestro José le interesa sus *Investigaciones Aritméticas* y esa es la lectura que acomete a la luz del candil. Griegos, árabes, renacentistas europeos, habían trabajado la Teoría de Números, pero hay que decir que Gauss pone en orden todo lo anterior y aporta novedades. Trabaja unos extraños con-

ceptos: módulos, congruencias y residuos. En su época pudieran haber sido recibidos como divertimentos, pero en nuestro siglo XXI encuentran enorme aplicación en el aparato matemático necesario para satisfacer las necesidades de la criptografía y la seguridad en estos dispositivos que reciben el nombre de ordenadores y teléfonos móviles. Como ejemplo de lo mucho aportado por Gauss, baste un curioso método para resolver una ecuación de segundo grado con tres incógnitas, que nos da la posibilidad de relacionar números tales como 23, 24 y 41. No es fácil encontrar soluciones con números enteros. Gauss nos lo facilita con unos ingeniosos cambios de variables.

Legendre es el tercer autor objeto de la avidez de José. Por si fuera poco, Legendre expone, en su *Teoría de Números*, ciertos teoremas que otros grandes de siglos anteriores habían enunciado pero no demostrado.

Es ingenioso el método de construcción de fracciones continuas, que encontrará gran aplicación en el cálculo de engranajes en un momento en el que la industrialización exige construcción de maquinaria y ésta la incorporación de ruedas dentadas a sus mecanismos.

Mas Echegaray contrae fiebres y vuelve a Madrid. Ya no volverá a ejercer la Ingeniería de Caminos, pero sí la docencia en esa especialidad. Y con extensión en el tiempo. Es profesor en la Escuela de Caminos y en un centro docente propio. Saca mucho partido de aquella Mecánica Racional que leyó en Almería.

No se contenta con impartir Geometría Proyectiva y tantas otras asignaturas, sino que emprende una abundante actividad editorial, resultado de su docencia y de la investigación llevada a cabo. Echegaray no es uno de los grandes de la ciencia exacta, pero tiene la virtud de ser un gran divulgador de la Matemática de la época y de contri-

buir con sus propias elaboraciones. Firmado por Echegaray encontramos su Cálculo de Variaciones, precursor del Análisis Funcional necesario para fundamentar la Física Cuántica. De Geometría, un par de obras de problemas resueltos sobre Geometría Analítica y sobre Geometría Proyectiva. Un innovador texto sobre la Teoría de Galois, gran innovación en la época. Y unas Disertaciones Matemáticas, de exquisita composición.

No queda espacio en estas líneas para comentar con detalle el Echegaray disertador en el Ateneo, ministro de Hacienda – homenajeado como tal en aquel billete de 1000 pesetas – acompañante de Amadeo de Saboya a su llegada a España y portador de aquel honroso premio Nobel, logrado por el mérito de haber llevado las costumbres populares a su extensa obra literaria. Pero Almería, tierra de espejo de sol en su amplia y cálida bahía y de reflejo de luna llena en la sinuosa costa, sigue recordando a Don José Echegaray.

Astronomía en la Sierra de los Filabres

Presente y futuro en Almería. Se trata de observar el espacio. Se trata de buscar estrellas, galaxias, nebulosas, novas, supernovas, enanas blancas, gigantes rojas, estrellas de neutrones, agujeros negros y cuásares. El astrolabio árabe y el telescopio renacentista han quedado superados por el espectrógrafo, que capta la “carta de identidad” de los objetos lejanos a partir de la luz que nos llega de los mismos. Pero para esta actividad bueno es disponer de más de 200 noches al año de nubosidad nula. Eso lo ofrece la montaña llamada Calar Alto, de 2168 metros de altitud sobre el nivel del mar medido en Alicante. Allí encontramos media docena de edificaciones de cúpula semiesférica que albergan la más avanzada

óptica alemana. El CSIC español, la Universidad Complutense y el Instituto Max Planck de la Universidad de Heidelberg se encargan de llevar adelante la investigación más avanzada del cosmos. Observamos, anotamos, pero ¿cómo interpretamos esos datos?. Matemáticas. Modelos matemáticos. Un modelo matemático bien conocido es el del estudio de las características de una población mediante la distribución normal, gráficamente representada por la “campana de Gauss” (¡otra vez Gauss!). La Historia ha utilizado esta ciencia desde la antigüedad. Largo camino recorrido desde la trigonometría egipcia, telescopio galileano y mecánica newtoniana, para llegar al modelo cuanto-relativista gracias al cálculo diferencial absoluto de Ricci y Levi-Civita. Pero el modelo matemático del siglo XXI se impregna de lo estocástico, ya que en el universo todo es aleatorio. Incluso se pretende modelizar el caos y la catástrofe. Y puestos a dar forma, ¿por qué no pensar que las galaxias puedan presentar siluetas fractales?

El caso es que encontrándonos en Almería es casi inevitable lo árabe. Carmen (jardín), Califa (jefe supremo) y Alhambra (fortaleza roja) son términos que aparecen en la literatura científica propagada por Calar Alto. No se trata de fantasías. Son las siglas de algunos de sus proyectos de investigación más punteros. CARMENES, CALIFA y ALHAMBRA son acrónimos identificadores de los proyectos referidos.¹ Siglas en lengua inglesa demasiado complicadas para intentar desmenuzarlas ahora. Lo importante es comentar en qué consisten.

¹ CARMENES (Calar Alto high-Resolution search for M dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optical Echelle Spectrographs)
 CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey).
 ALHAMBRA Advanced Large Homogeneous Area Medium Band Redshift Astronomical Survey,

CARMENES es búsqueda de exoplanetas. Y se consigue. El HD147379b es localizado fuera del sistema solar. Parece que no tiene agua, al menos en forma líquida. Completa su órbita en 86 días y tiene una masa ligeramente superior a la de Neptuno. La posición media es calculada mediante el método de los multiplicadores de Lagrange (¡otra vez Lagrange!) y las ecuaciones representativas del movimiento de un cuerpo sometido a la influencia gravitatoria de otros es un asunto tratado por el operador hamiltoniano.

CALIFA aporta la distribución de densidad espacial de galaxias. A partir de la observación de 600 galaxias a lo largo de 250 noches se crea un catálogo con velocidad, edad, composición química de cada elemento estudiado. La historia de las galaxias comienza a tomar forma. La Matemática aporta la herramienta necesaria para determinar la separación entre galaxias, la amplitud de expansión, la probabilidad de formación de una estrella y la probabilidad de pertenencia a una galaxia. Lo estocástico, servido a la medida.

ALHAMBRA habla sobre el desplazamiento al rojo fotométrico bayesiano. El desplazamiento al rojo es una de las consecuencias de la Teoría de la Relatividad y una prueba de su validez. Lo bayesiano significa el estudio de la probabilidad de ocurrencia de un suceso cuando se conoce cómo ha sucedido anteriormente. Es una especie de ventaja para los probabilistas.

El estudio de sólo 4 grados en 8 regiones del cielo – que no es mucho – aporta información sobre 10.000 objetos, revoltijo de galaxias, cuásares, estrellas y demás, de nuestro sistema solar o de fuera del mismo. Con ello se logra un cartografiado cósmico de gran importancia, si bien se entiende que ha de ser un suma y sigue. Aquí hay que mencionar que la Matemática aporta la distribución

del fondo de imágenes y la distribución del desplazamiento al rojo. Todo estocástico. Todo bayesiano.

Pero el futuro exige. Se continuará buscando agua en el espacio. Aparecerán en escena exoplanetas, enanas marrones, agujeros negros y supernovas. Proseguirá el cartografiado del universo. Se querrá cumplir el sueño de Einstein, la confirmación de ondas gravitatorias. Se pretenderá validar la hipótesis de aquel periodista almeriense apellidado Cassinello, según la cual en el universo lo infinitamente pequeño y lo infinitamente grande han de encajar en el mismo modelo matemático.