GUIA DIDACTICA

sctm04

sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas 2004

MODULO 2

Matemáticas, Ciencia y Tecnología

22 de octubre - 12 de noviembre de 2004

Aula Magna de las Facultades de
Matemáticas y Física

http://www.anamat.ull.es/sctm04

Cursos Universitarios Interdisciplinares 2004

**Vicerrectorado de Extensión Universitaria y
Relaciones Institucionales**

Universidad de La Laguna

Curso Universitario Interdisciplinar
"Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas" 2004
Guía Didáctica del Módulo 2

Coordinadores de Edición

M. Isabel Marrero Rodríguez
Juan D. Betancor Ortiz
Juan A. García Cruz
José M. Méndez Pérez
M. Edith Padrón Fernández
Rodrigo Trujillo González

Diseño y maquetación

M. Isabel Marrero Rodríguez

La Laguna, octubre de 2004

Índice

Presentación 7

Programa 13

Resúmenes de las conferencias 18

Ramón A. Orive Rodríguez
De cómo toda ciencia exacta está dominada por la idea de aproximación 19

Rafael A. Montenegro Armas
Modelización y simulación numérica de campos de viento orientados a procesos de contaminación atmosférica 21

Manuel de León Rodríguez
Nuevas oportunidades para la investigación matemática en el siglo XXI 24

Andrea Brito Alayón
Simulación de desactivación y regeneración de reactores catalíticos 25

Manuel J. Barrera Niebla
Aplicación de los métodos matemáticos semi-integrales y de convolución a la ciencia electroquímica 26

Miguel A. Rodríguez Delgado
La química y las matemáticas: resolución de demandas sociales 28

David Martín de Diego
Buscando lo óptimo: de la reina Dido a la carrera espacial 30

Néstor V. Torres Darias
Caos en sistemas biológicos 32

Clara Régulo Rodríguez
Las matemáticas en la heliosismología 34

Alfonso Romero Sarabia
Geometría para entender el Universo 36

Domingo Chinea Miranda
La geometría de Gauss y Riemann: algunas aplicaciones a la física 38

Emilio Casuso Romate
Métodos matemáticos para la construcción de modelos en astrofísica 40

José M. Lorenzo Salazar
Volcanes, terremotos y matemáticas 42

Santiago Brouard Martín
Enredo y teleportación cuántica 44

José L. Sánchez de la Rosa
Análisis de señales neurofisiológicas 45

Presentación

Curso Universitario Interdisciplinar
"Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas" 2004

Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Institucionales
Universidad de La Laguna

Objetivos

Las Matemáticas desempeñan un papel protagonista en nuestros días. Como herramienta fundamental para el análisis, la cuantificación y la modelización de fenómenos, están presentes en todas las disciplinas y aparecen continuamente en las más variadas situaciones de la vida cotidiana. Sin ellas no serían posibles los avances científicos y tecnológicos que sustentan la sociedad de la información o contribuyen al bienestar de sus ciudadanos.

Paradójicamente, tanto el conocimiento como el reconocimiento público de las Matemáticas son escasos. El objetivo del presente curso es destacar y difundir su importancia en los ámbitos social, científico y tecnológico, familiarizando al alumnado con las herramientas y los métodos matemáticos propios de las diferentes áreas de conocimiento, necesarios para entender el mundo en que vivimos.

Oferta formativa

El curso forma parte de la Oferta Oficial de Créditos de Libre Elección de la Universidad de La Laguna y tiene una carga lectiva de sesenta horas (seis créditos). Se estructura en dos módulos optativos e independientes de treinta horas (tres créditos), distribuidos en quince sesiones de dos horas cada una, de acuerdo al siguiente calendario:

Módulo 1: Matemáticas y Sociedad
22 de marzo – 16 de abril de 2004, de 17:30 a 19:30 horas*.

Módulo 2: Matemáticas, Ciencia y Tecnología
22 de octubre - 12 de noviembre de 2004, de 17:30 a 19:30 horas.

* Los viernes 26 de marzo y 16 de abril, de 16:00 a 18:00 horas.

Contenidos

El módulo 1, *Matemáticas y Sociedad*, reflexionará sobre las matemáticas como elemento de creación cultural y analizará los modelos matemáticos propios de las ciencias sociales y económicas. El módulo 2, *Matemáticas, Ciencia y Tecnología*, expondrá diversas aplicaciones tecnológicas e industriales de las matemáticas y tratará algunos aspectos de su interacción con las otras ciencias experimentales: física, astrofísica, biología y química.

Profesorado

El curso se concibe como un ciclo de conferencias. Cada tema será impartido por expertos de reconocido prestigio en la materia correspondiente, vinculados a las siguientes entidades e instituciones: Grupo *Analistas Financieros Internacionales* (AFI); Institutos Canario de Estadística (ISTAC), de Astrofísica de Canarias (IAC), y Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (IUSIANI); Freudenthal Instituut (Universidad de Utrecht, Holanda); Universidades de La Laguna, Autónoma de Madrid, Granada, País Vasco y Sevilla; New Mexico State University (New Mexico, USA); Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC); Real Sociedad Matemática Española (RSME); Sociedad Canaria *Isaac Newton* de Profesores de Matemáticas; y Fundación Canaria *Orotava* de Historia de la Ciencia. En particular, el curso servirá como muestra de la investigación básica y aplicada que se desarrolla en la Universidad, contribuyendo al acercamiento entre nuestra institución y la sociedad canaria.

Metodología

El nivel de las charlas será divulgativo pero riguroso y se pondrá especial énfasis en las aplicaciones a la resolución de problemas reales de nuestro entorno más próximo. Se combinará la exposición con la discusión dirigida.

Lugar de celebración

Todas las sesiones del Curso tendrán lugar en el Aula Magna de las Facultades de Matemáticas y Física de la Universidad de La Laguna.

***Página* web**

Cualquier información, tanto documental como de contacto, relativa al Curso, y en particular los materiales docentes correspondientes a las distintas ponencias (según disponibilidad), pueden consultarse en la página *web* del mismo,

http://www.anamat.ull.es/sctm04.

Certificado de Asistencia

Habrá un control de asistencia en cada módulo. La Universidad de La Laguna, por medio del Vicerrectorado de Extensión Universitaria, expedirá gratuitamente un *Certificado de Asistencia* a los alumnos matriculados que hayan atendido como mínimo al 80% del total de horas del módulo (esto es, doce de las quince sesiones). Para obtener este certificado no es necesario someterse a prueba de evaluación alguna.

Convalidación por Créditos de Libre Elección

Cada módulo es convalidable por tres Créditos de Libre Elección, de acuerdo al procedimiento establecido por la normativa vigente.

Según esta normativa, los alumnos cuya asistencia haya sido inferior al 80% de la carga lectiva (doce de las quince sesiones) de un módulo figurarán en acta con indicación de

no presentado. Aquellos que, contando con una asistencia mínima del 80% (doce de quince sesiones), superen además la correspondiente prueba de evaluación, recibirán un *Certificado de Asistencia, Aptitud y Convalidación por Créditos de Libre Elección*, expedido por el Vicerrectorado de Extensión Universitaria, en el que figurará toda la información del módulo y la calificación obtenida, según escala numérica de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa: *0-4.9, suspenso (SS); 5.0-6.9, aprobado (AP); 7.0-8.9, notable (NT); 9.0-10, sobresaliente (SB)*. Quienes no realicen o no superen esta evaluación recibirán únicamente el *Certificado de Asistencia*.

Figura 1. Portada de la página *web* del Curso.

La prueba de evaluación consistirá en la entrega de una memoria individual de entre seis y diez páginas sobre los contenidos del módulo evaluado, que sólo se calificará con *suspenso (SS)*, en una escala de 0 a 4.9, o *aprobado (AP)*, en una escala de 5.0 a 6.9. Para mejorar esta calificación será necesario someterse a un examen tipo *test*, que se puntuará de 0 a 10.

Cabe la posibilidad de concurrir directamente al examen sin la realización previa del trabajo.

Apuntamos seguidamente algunas recomendaciones básicas para una correcta redacción de las memorias de evaluación:

- Se presentará una memoria por cada módulo cursado.
- Se elegirán **doce** conferencias de las quince posibles en el módulo y se estructurará la memoria en otros tantos apartados, cada uno de los cuales contendrá un **resumen** así como una sucinta **valoración personal** del contenido de una de las conferencias elegidas, que deberá incluir un comentario sobre las reflexiones que su análisis haya podido suscitar además de una ponderación del nivel de satisfacción alcanzado respecto a las expectativas creadas.
- La memoria debe ser un trabajo **original** e **individual**. **Bajo ningún concepto puede limitarse a una mera copia** de los materiales docentes proporcionados con el curso (Guía Didáctica, sitio *web*, lecturas complementarias, etc.). Por el contrario, debe reflejar que el alumno ha asistido con aprovechamiento a las distintas sesiones del módulo y es capaz de sintetizar y expresar por escrito, con sus propios términos, el contenido de dichas sesiones, así como de formular razonadamente una valoración de las mismas.

El siguiente cuadro recoge el calendario para la evaluación:

Módulo	Fecha límite para la entrega de memorias	Fecha de realización del examen
1	martes, 27/04/2004	martes, 18/05/2004
2	martes, 23/11/2004	martes, 14/12/2004

Las memorias se presentarán en las Secretarías de los Departamentos de Análisis Matemático o Matemática Fundamental, sitas, respectivamente, en las plantas quinta y tercera del Edificio Blanco de la Facultad de Matemáticas, en horario de 8:00 a 15:00 (lunes a viernes), a la atención de los coordinadores del módulo correspondiente; o bien electrónicamente, usando el formulario disponible en la dirección de Internet

http://www.anamat.ull.es/sctm04/principal/contacto.html.

Los exámenes tendrán lugar en el aula 2.2 de la Facultad de Matemáticas, a las 17:30 horas.

Organización

El presente curso forma parte de la programación de *Cursos Universitarios Interdisciplinares 2004* del Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Institucionales de la Universidad de La Laguna. Colaboran en su organización la Facultad de Matemáticas y los Departamentos de Análisis Matemático y Matemática Fundamental de esta Universidad, así como la Real Sociedad Matemática Española y la Fundación Canaria *Centro de Investigación Matemática de Canarias*.

El Equipo Coordinador del curso está integrado por los siguientes profesores de la Universidad de La Laguna:

Directora: M. Isabel Marrero Rodríguez, Profesora Titular de Análisis Matemático

Coordinadores módulo 1:
Juan D. Betancor Ortiz, Profesor Asociado de Análisis Matemático
Juan A. García Cruz, Profesor Titular de Didáctica de la Matemática
Rodrigo Trujillo González, Profesor Titular de Análisis Matemático

Coordinadores módulo 2:
M. Isabel Marrero Rodríguez
José M. Méndez Pérez, Catedrático de Análisis Matemático
M. Edith Padrón Fernández, Profesora Titular de Geometría y Topología

Para más información sobre los aspectos académicos del curso, consultar la página *web* http://www.anamat.ull.es/sctm04 o contactar con el Equipo Coordinador, ya sea a través del correo electrónico sctm04@anamat.csi.ull.es o mediante el formulario disponible en la dirección de internet

http://www.anamat.ull.es/sctm04/principal/contacto.html.

Figura 2. Formulario para tutorías electrónicas.

Matrícula

La matrícula se formalizará en el Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Institucionales, C/. Viana, 50, 38201 La Laguna (Tenerife), de 9:30 a 13:30 horas (lunes a viernes), hasta el día anterior al comienzo de cada módulo. Las tasas de matrícula son las siguientes:

Un módulo (30 horas - 3 créditos):

- Estudiantes, desempleados, jubilados: 46,20€.
- Profesorado y PAS de la Universidad de La Laguna: 52,80€ - 59,40€ [consultar].
- Tarifa general: 66,00€.

Dos módulos (60 horas - 6 créditos) [curso completo]:

- Estudiantes, desempleados, jubilados: 87,78€.
- Profesorado y PAS de la Universidad de La Laguna: 100,32€ - 112,86€ [consultar].
- Tarifa general: 125,40€.

Para más información sobre los aspectos administrativos del curso, dirigirse al Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Institucionales a través del teléfono 922 319 616, de 8:00 a 15:00 horas (lunes a viernes).

Programa

Módulo 1: *Matemáticas y Sociedad*

Lunes, 22 de marzo

17:30 19:30
Cervantes, el Quijote y las matemáticas
Luis Balbuena Castellano
Catedrático de Enseñanza Secundaria, IES Viera y Clavijo (La Laguna, Tenerife)

Martes, 23 de marzo

17:30 19:30
Los matemáticos accidentales
Josefina Alvarez
Professor of Mathematics, New Mexico State University (New Mexico, USA)

Miércoles, 24 de marzo

17:30 19:30
Matemáticas y música
J. Carmelo González Dávila
Catedrático de Geometría y Topología, Universidad de La Laguna

Jueves, 25 de marzo

17:30 19:30
Matemáticas como recurso para economía
Concepción N. González Concepción
Catedrática de Economía Aplicada, Universidad de La Laguna

Viernes, 26 de marzo

16:00 18:00
Matemáticas y seguros
José L. Fernández Pérez
Catedrático de Análisis Matemático, Universidad Autónoma de Madrid
Director de Consultoría de Riesgos, Grupo Analistas Financieros Internacionales

Lunes, 29 de marzo

17:30 19:30
La estadística oficial en Canarias
Alvaro A. Dávila González
Director del Instituto Canario de Estadística

Martes, 30 de marzo

17:30 19:30

El potencial de los entornos de geometría dinámica para la enseñanza de las matemáticas en la educación secundaria: algunos ejemplos

Matías Camacho Machín

Profesor Titular de Didáctica de la Matemática, Universidad de La Laguna

Miércoles, 31 de marzo

17:30 19:30

Las matemáticas que se esconden en los instrumentos

Carlos Mederos Martín

Profesor de Enseñanza Secundaria, IES Viera y Clavijo (La Laguna, Tenerife)

Jueves, 1 de abril

17:30 19:30

El problema de la determinación de la longitud y su relación con la altura del Teide

Francisco La-Roche Brier

Profesor Titular de Análisis Matemático, Universidad de La Laguna

Viernes, 2 de abril

17:30 19:30

El vientre de un arquitecto

Raúl Ibáñez Torres

Profesor Titular de Geometría y Topología, Universidad del País Vasco

Lunes, 12 de abril

17:30 19:30

Aportaciones de la historia de las matemáticas a la educación moderna

Martin Kindt

Profesor-Investigador, Freudenthal Instituut, Universidad de Utrecht (Holanda)

Martes, 13 de abril

17:30 19:30

La convergencia europea: retos y oportunidades para los estudios de matemáticas

Adolfo Quirós Gracián

Profesor Titular de Álgebra, Universidad Autónoma de Madrid

Miércoles, 14 de abril

17:30 19:30

Matemáticas, sociedad y cultura

Antonio J. Durán Guardeño

Catedrático de Análisis Matemático, Universidad de Sevilla

Jueves, 15 de abril

17:30 19:30

Modelos matemáticos para afrontar problemas de optimización en diversas aplicaciones prácticas

Juan J. Salazar González

Profesor Titular de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de La Laguna

Viernes, 16 de abril

16:00 18:00

Matemáticas y género: una aproximación histórica

Inmaculada Perdomo Reyes

Profesora Asociada de Lógica y Filosofía de la Ciencia, Universidad de La Laguna

Módulo 2: *Matemáticas, Ciencia y Tecnología*

Viernes, 22 de octubre

17:30 19:30

De cómo toda ciencia exacta está dominada por la idea de aproximación

Ramón A. Orive Rodríguez

Profesor Titular de Matemática Aplicada, Universidad de La Laguna

Lunes, 25 de octubre

17:30 19:30

Modelización y simulación numérica de campos de viento orientados a procesos de contaminación atmosférica

Rafael A. Montenegro Armas

Catedrático de Matemática Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Director de la División de Discretización y Aplicaciones del Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Martes, 26 de octubre

17:30 19:30

Nuevas oportunidades para la investigación matemática en el siglo XXI

Manuel de León Rodríguez

Profesor Investigador, Instituto de Matemáticas y Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Miércoles, 27 de octubre

17:30 19:30

Simulación de desactivación y regeneración de reactores catalíticos

Andrea Brito Alayón

Catedrática de Ingeniería Química, Universidad de La Laguna

Jueves, 28 de octubre

17:30 19:30

Aplicación de los métodos matemáticos semi-integrales y de convolución a la ciencia electroquímica

Manuel J. Barrera Niebla

Profesor Titular de Química Física, Universidad de La Laguna

Viernes, 29 de octubre

17:30 19:30

La química y las matemáticas: resolución de demandas sociales

Miguel A. Rodríguez Delgado

Profesor Titular de Química Analítica, Universidad de La Laguna

Martes, 2 de noviembre

17:30 19:30

Buscando lo óptimo: de la reina Dido a la carrera espacial

David Martín de Diego

Científico Titular, Instituto de Matemáticas y Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Miércoles, 3 de noviembre

17:30 19:30

Caos en sistemas biológicos

Néstor V. Torres Darias

Profesor Titular de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de La Laguna

Jueves, 4 de noviembre

17:30 19:30

Las matemáticas en la heliosismología

Clara Régulo Rodríguez

Profesora Titular de Escuela Universitaria, Universidad de La Laguna
Investigadora, Instituto de Astrofísica de Canarias

Viernes, 5 de noviembre

17:30 19:30

Geometría para entender el Universo

Alfonso Romero Sarabia

Catedrático de Geometría y Topología, Universidad de Granada

Lunes, 8 de noviembre

17:30 19:30

La geometría de Gauss y Riemann: algunas aplicaciones a la física

Domingo Chinea Miranda

Catedrático de Geometría y Topología, Universidad de La Laguna

Martes, 9 de noviembre

17:30 19:30

Métodos matemáticos en astrofísica

Emilio Casuso Romate

Investigador Asociado, Instituto de Astrofísica de Canarias

Miércoles, 10 de noviembre

17:30 19:30

Volcanes, terremotos y matemáticas

José M. Lorenzo Salazar

Investigador del Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Universidad de La Laguna

Jueves, 11 de noviembre

17:30 19:30

Enredo y teleportación cuántica

Santiago Brouard Martín

Profesor Titular de Física Aplicada, Universidad de La Laguna

Viernes, 12 de noviembre

17:30 19:30

Análisis de señales neurofisiológicas

José L. Sánchez de la Rosa

Profesor Titular de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de La Laguna

Resúmenes de las conferencias

De cómo toda ciencia exacta está dominada por la idea de aproximación

Ramón A. Orive Rodríguez

Profesor Titular de Matemática Aplicada, Departamento de Análisis Matemático, Universidad de La Laguna

Resumen

El título de esta comunicación está tomado de una conocida cita de Bertrand Russell en la que se nos señala que "… aunque pueda parecer una paradoja, toda ciencia exacta está dominada por la idea de aproximación" [1]. Esta afirmación, indudablemente cierta, puede llamar particularmente la atención al referirla al caso concreto de las matemáticas, a causa de su imagen tradicional como paradigma de la exactitud y el rigor.

Con este punto de arranque, el objetivo de la presente charla es doble. En primer lugar, trataremos de acercar al oyente algunos aspectos básicos del significado y de la evolución histórica de una rama de las Matemáticas denominada *Teoría de Aproximación*. En este sentido, si bien el principio básico de la aproximación, que no es otro que el de imitar el comportamiento de funciones complicadas mediante otras mucho más simples y manejables ("aproximantes"), ha estado presente desde siempre en la historia de las ciencias (revisaremos, en este sentido, algunos hechos básicos de la teoría de interpolación de funciones), la mayor parte de los autores suelen situar el nacimiento de esta disciplina, como tal, en un trabajo que escribió hacia 1850 el eminente matemático ruso P.L. Chebyshev (1821-1894), en el que ideó un método basado en la aproximación de funciones por polinomios para mejorar el rendimiento de la máquina de vapor (el llamado "paralelogramo" de Watt). Con posterioridad, la línea de trabajo iniciada por Chebyshev y sus discípulos, que fueron resolviendo sucesivos problemas de aproximación por polinomios y funciones racionales, se vio completada con la aparición en 1885 del célebre Teorema de Aproximación de Weierstrass, debido al matemático alemán del mismo nombre (1815-1897). Estos dos pilares fundamentales ilustran en buena medida la relación de antagonismo/colaboración entre las escuelas matemáticas alemana y rusa en el siglo XIX, la primera más orientada hacia el rigor teórico y la segunda más motivada por la conexión permanente con las aplicaciones.

Esta última observación enlaza directamente con el otro objetivo de la charla, que no es otro que el de proponer una reflexión sobre el binomio, no siempre bien avenido (o no siempre bien comprendido), entre la teoría abstracta y el mundo de las aplicaciones, relación a la que en ocasiones se alude en términos de "matemática pura *versus* matemática aplicada". A este respecto, repasaremos brevemente algunos de los postulados contrapuestos que van desde el "purismo" militante de G.H. Hardy (1877-1947) al "utilitarismo" igualmente obsesivo de otros. Si bien la importancia de esta relación está siempre presente en el

[1] En W.H. Auden, L. Kronenberger (eds.): *The Viking book of aphorisms*, Viking Press, 1966.

ejercicio de cualquier rama de las matemáticas, este fenómeno se hace mucho más evidente en un área, como la aproximación constructiva de funciones, que, tanto por su naturaleza como por su propio desarrollo histórico, se halla muy próxima al campo aplicado y requiere, a su vez, el uso de herramientas teóricas abstractas.

Referencias básicas

P.L. Butzer: P.L. Chebyshev (1821-1894). A guide for his life and work. *J. Approx. Theory* **96** (1999), 111-138.
P.J. Davis, R. Hersch: *The mathematical experience*. Birkhauser, 1980.
G.H. Hardy: *Apología de un matemático*. Nivola, 1999.
A. Pinkus: Weierstrass and Approximation Theory. *J. Approx. Theory* **107** (2000), 1-66.
History of Approximation Theory (HAT), http://www.math.technion.ac.il/hat.
The MacTutor History of Mathematics Archive, http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history.

Modelización y simulación numérica de campos de viento orientados a procesos de contaminación atmosférica

Rafael A. Montenegro Armas

Catedrático de Matemática Aplicada y Director de la División de Discretización y Aplicaciones del Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

Para la simulación numérica tridimensional de procesos de contaminación atmosférica producidos por la emisión de gases a través de grandes chimeneas [3, 5, 11], es esencial disponer de un generador de mallas, en nuestro caso de tetraedros, que se adapten a orografías irregulares [1, 6, 7] y a las fuentes de emisión; la discretización de las chimeneas permitirá definir el flujo de contaminantes incluyendo condiciones de contorno directamente en las superficies de salida de los gases. Por otra parte, será necesario emplear un modelo eficiente capaz de aproximar el campo de velocidades del fluido. Esta charla se centra fundamentalmente en este último aspecto, es decir, se presenta un modelo de masa consistente para el ajuste de campos de viento mediante elementos finitos adaptativos, que además tiene en cuenta el efecto de la trayectoria de los gases a la salida de los focos emisores [8, 9, 10].

Este modelo genera un campo de velocidades incompresible que se adapta a un campo inicial obtenido a partir de medidas experimentales y consideraciones físicas. El primer paso para la construcción del campo inicial es realizar una interpolación horizontal a la altura de las estaciones de medida sobre el terreno. A partir de estos valores, se determinan los perfiles verticales de viento teniendo en cuenta las condiciones de estabilidad atmosférica, la rugosidad del terreno, el viento geostrófico y la estratificación atmosférica. Para incluir el efecto de la emisión de los gases, este campo de viento se modifica corrigiendo su velocidad vertical a lo largo de la trayectoria de la pluma contaminante.

Una vez construido definitivamente el campo inicial, el problema se formula en términos de un fluido incompresible con condición de contorno de impenetrabilidad sobre el terreno. El ajuste se lleva a cabo mediante una función de mínimos cuadrados, que, utilizando la técnica de los multiplicadores de Lagrange, conduce a un problema elíptico. El método de elementos finitos es una herramienta muy eficiente para resolver este tipo de problemas. Sin embargo, pueden existir zonas del dominio estudiado que precisen una mayor exactitud de la solución numérica obtenida, debido tanto a las irregularidades del terreno como a fuertes variaciones en la solución.

Por tanto, para mejorar la solución se propone un proceso adaptativo de refinamiento local de la malla de tetraedros. En primer lugar, se calculan unos indicadores de error definidos en cada elemento de la malla a refinar. Estos indicadores determinan qué elementos

se deben refinar. La técnica de refinamiento propuesta, basada en la subdivisión en 8-subtetraedros [2, 4], permite una mayor discretización de las zonas afectadas sin que se produzca una propagación excesiva de la zona refinada en la malla. Una vez obtenida la malla refinada, se puede repetir el proceso hasta que el error de la solución satisfaga la tolerancia exigida. Evidentemente, si se desea obtener una secuencia de campos de viento ajustados a medidas experimentales para diferentes instantes de tiempo, hay que incluir en el modelo un código de desrefinamiento de la malla que permita trabajar con mallas cuasi-óptimas en cada paso de tiempo.

Finalmente, el modelo de campos de viento se aplica con datos correspondientes a la Isla de La Palma.

Reconocimientos

Este trabajo, que forma parte de una investigación realizada conjuntamente con G. Montero, J.M. Escobar, E. Rodríguez y J.M. González-Yuste, ha sido parcialmente subvencionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología y FEDER a través del Proyecto REN2001-0925-C03-02/CLI.

Referencias

[1] **J.M. Escobar, E. Rodríguez, R. Montenegro, G. Montero, J.M. González-Yuste:** Simultaneous untangling and smoothing of tetrahedral meshes. *J. Comput. Meth. Appl. Mech. Engng.* **192** (2003), 2775-2787.

[2] **J.M. González-Yuste, R. Montenegro, J.M. Escobar, G. Montero, E. Rodríguez:** Local refinement of 3-D triangulations using object-oriented methods. *Adv. Eng. Soft.*, aceptado (2004).

[3] **D.P. Lalas, C.F. Ratto:** Modelling of atmospheric flow fields. World Scientific, 1996.

[4] **R. Löhner, J.D. Baum:** Adaptive h-refinement on 3-D unstructured grids for transient problems. *Int. J. Num. Meth. Fluids* **14** (1992), 1407-1419.

[5] **G.J. McRae, W.R. Goodin, J.H. Seinfeld:** Development of a second generation mathematical model for urban air pollution I. Model formulation, *Atm. Env.* **16**, no. 4 (1982), 679-696.

[6] **R. Montenegro, G. Montero, J.M. Escobar, E. Rodríguez, J.M. González-Yuste:** Tetrahedral mesh generation for environmental problems over complex terrains. *Lecture Notes in Computer Science* **2329** (2002), 335-344.

[7] **R. Montenegro, G. Montero, J.M. Escobar, E. Rodríguez:** Efficient strategies for adaptive 3-D mesh generation over complex orography. *Neural, Parallel & Scientific Computation* **10** (2002), no. 1, 57-76.

[8] **G. Montero, R. Montenegro, J.M. Escobar:** A 3-D diagnostic model for wind field adjustment. *J. Wind Eng. Ind. Aer.* 74-76 (1998), 249-261.

[9] **G. Montero, R. Montenegro, J.M. Escobar, E. Rodríguez, J.M. González-Yuste:** Velocity field modelling for pollutant plume using 3-D adaptive finite element method. *Lecture Notes in Computer Science* **3037** (2004), 642-645.

[10] **G. Montero, E. Rodríguez, R. Montenegro, J.M. Escobar, J.M. González-Yuste:** Genetic algorithms for an improved parameter estimation with local refinement of tetrahedral meshes in a wind model. *Adv. Eng. Soft.*, aceptado (2004).

[11] **P. Zannetti:** Air pollution modelling. Computational Mechanics Publications, Boston, 1990.
[12] *Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (IUSIANI)*, http://www.iusiani.ulpgc.es.
[13] *Modelización Numérica de Problemas Medioambientales de Convección-Difusión-Reacción (Proyecto de Investigación REN2001-0925-C03/CLI)*, http://www-lacan.upc.es/projects/REN2001_0925_C03/index.html.

Nuevas oportunidades para la investigación matemática en el siglo XXI

Manuel de León Rodríguez

Profesor Investigador, Instituto de Matemáticas y Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Resumen

En esta conferencia trataremos de contestar a preguntas como las siguientes:

- ¿Hay algo que investigar en Matemáticas?
- Si la respuesta a la primera pregunta es afirmativa, ¿en qué consiste eso de la investigación en Matemáticas?
- ¿Y quiénes son los matemáticos y qué hacen?
- ¿Y cuál es la situación de España en el contexto internacional?

Nuestros jóvenes estudiantes de licenciatura suelen desconocer las respuestas a estas y otras preguntas similares, pues no se les presta la atención debida por parte de las universidades.

Por otro lado, las matemáticas españolas afrontan este siglo XXI con la mejor cosecha de jóvenes investigadores de su historia, pero comienzan a padecer una apremiante falta de vocaciones. En gran medida, la inexistencia de un futuro en la carrera investigadora provoca la apuesta por otras salidas profesionales. ¿Qué medidas se podrían tomar para solucionar estos problemas? ¿Hacemos la investigación adecuada, o estamos perdiendo nuestra gran oportunidad? ¿Qué estructuras serían necesarias para afrontar las dificultades señaladas?

Referencias

J.L. Fernández, M. de León: Los problemas del nuevo milenio. *Mundo Científico*, **218** (2000), 58-63.

J.L. Fernández, M. de León: Las matemáticas en España. *Mundo Científico*, **219** (2001), 46-53.

M. de León: Panorama de las Matemáticas en España. *Nueva Revista de Política, Cultura y Arte*, **72** (2000), 112-114.

M. de León: La divulgación: Una asignatura pendiente de las sociedades matemáticas. *Ciencia Digital*, **14** (marzo 2000).

M. de León: Las claves matemáticas del desarrollo. *Ciencia Digital*,**15** (diciembre 2000).

M. de León: La Internacional Matemática. La larga y tortuosa historia de la Unión Matemática Internacional. *Bol. Soc. Mat. Apl.* **27** (2004), 95-103.

M. de León: Confederación de Sociedades Científicas de España: una apuesta por la vertebración de la Ciencia. *Acta Científica y Tecnológica* **8** (2004), p. 13.

M. de León: Los jugadores de ecuaciones y el sistema español de I+D+i (en prensa).

Simulación de desactivación y regeneración de reactores catalíticos

Andrea Brito Alayón

Catedrática de Economía Aplicada, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de La Laguna

Resumen

En la industria química muchos de los procesos se realizan en reactores de lecho fijo utilizando catalizadores sólidos. En general, estos catalizadores son el elemento valioso del proceso y además se suelen desactivar con el tiempo, lo que implica un proceso posterior de regeneración.

La simulación del sistema permite determinar las condiciones en que se encuentra el catalizador, optimizando así el proceso. También es posible simular el proceso de regeneración necesario, determinando sus condiciones óptimas.

Referencias

A. Brito, R. Arvelo, R. Villarroel, M.T. García: *React. Kinet. Catal. Lett.* **54**, no. 2 (1995), 77.

A. Brito, R. Arvelo, F.J. García, A.R. González: *Appl. Catal.* A **145** (1996), 285.

A. Brito, R. Arvelo, A.R. González, M.E. Borges, J.L.G. Fierro: *Ind. Eng. Chem. Res.* **37** (1998), 374.

A. Brito, R. Arvelo, M.E. Borges, A.R. González, F.J. García: *Ind. Eng. Chem. Res.* (enviado, 1999).

A. Brito, A.R. González, M.E. Borges, M.T. García: *Appl. Catal.* A **205** (2001), 173.

Aplicación de los métodos matemáticos semi-integrales y de convolución a la ciencia electroquímica

Manuel J. Barrera Niebla

Profesor Titular de Química Física, Departamento de Química Física, Universidad de La Laguna

Resumen

Esta conferencia, elaborada con las últimas aportaciones del Departamento de Química Física dentro de la línea de investigación *Electroquímica semi-integral y de convolución,* de la que soy Director, describe la aplicación de los métodos matemáticos semi-integrales y de convolución al estudio de un sistema electroquímico donde tiene lugar un proceso electródico simple con cualquier grado de reversibilidad, y que se produce sobre un electrodo con geometría esférica. La aplicación del cálculo fraccionario y del teorema de convolución ha dado lugar al desarrollo de dos nuevas metodologías electroquímicas, a saber, el *método electroquímico semi-integral* $h(t)$ y el *método cronoculométrico de convolución esférica*. Las ecuaciones fundamentales de los dos métodos son:

(1) $$\frac{eK-m}{h-mK} = \lambda\,\mu + (\lambda+\mu)\,\frac{q-iK}{h-mK}$$

(2) $$q(t) = nFA\left[k_f \int_0^t C_O(0,\tau)d\tau - k_b \int_0^t C_R(0,\tau)d\tau\right]$$

(3) $$\int_0^t C_O(0,\tau)d\tau = C_O^b\, t - \frac{1}{3nFV}\int_0^t q(\tau)\,fs\left[\frac{D_O t - D_O \tau}{r^2}\right]d\tau$$

(4) $$\int_0^t C_R(0,\tau)d\tau = C_R^b\, t + \frac{1}{3nFV}\int_0^t q(\tau)\,fs\left[\frac{D_R t - D_R \tau}{r^2}\right]d\tau$$

donde la ecuación (1) corresponde al primer método y las ecuaciones (2-4) son las del segundo método.

La ciencia electroquímica utiliza las ecuaciones (1-4) para obtener información sobre cinética y termodinámica electroquímicas; concretamente, constantes de velocidad heterogéneas y potenciales estándares.

En la ecuación (1) figuran diversas funciones: $i(t)$ y $q(t)$ son la corriente y la carga faradaicas; $m(t)$ es la semi-integral de la corriente faradaica, que es idéntica a la semidiferencial de la carga faradaica; $e(t)$ es la semidiferencial de la corriente faradaica; y queremos señalar que la función electroquímica semi-integral de la carga faradaica, a saber, $h(t)=d^{-1/2}q(t)/d^{-1/2}t$, se presenta por primera vez a la bibliografía científica. La función $K(t)$ se

puede determinar para cada tiempo de electrolisis si conocemos los coeficientes de difusión de las formas oxidada y reducida del par redox y el radio del electrodo esférico. Desde los ficheros de datos experimentales podemos calcular las fracciones del primer y segundo miembro de la ecuación (1), y mediante un análisis de regresión lineal podremos obtener los parámetros λ y μ y, en definitiva, los parámetros cinéticos y termodinámicos de la reacción electroquímica. Esta es la metodología del método electroquímico semi-integral $h(t)$.

El método cronoculométrico de convolución esférica calcula en primer lugar las integrales de las concentraciones en la superficie del electrodo esférico de las formas oxidada y reducida del par redox mediante las ecuaciones (3) y (4). En estas ecuaciones figuran unas integrales de convolución, para cuyo cálculo desde los ficheros experimentales t-q hemos deducido los algoritmos adecuados y escrito los correspondientes programas. Finalizada esta etapa hacemos uso de la ecuación (2), que es la ecuación fundamental de la cinética electroquímica, la ecuación de Butler-Volmer en su forma integrada para un experimento a potencial electródico constante. Esta ecuación se adapta fácilmente para realizar análisis de regresión lineales con la finalidad de determinar de forma independiente las constantes de velocidad de las reacciones de reducción y de oxidación, k_f y k_b, respectivamente y, en consecuencia, el valor del potencial estándar del par redox que experimenta la reacción electroquímica.

Referencias

[1] **K.B. Oldham, J. Spanier:** *The fractional calculus*. Academic Press, 1974.
[2] **A.M. Bond, K.B. Oldham:** *J. Electroanal. Chem.* **158** (1983), 193.
[3] **J.C. Myland, K.B. Oldham, C.G. Zoski:** *J. Electroanal. Chem.* **193** (1985), 3.
[4] **J. Spanier, K.B. Oldham:** *An atlas of functions*. Springer, 1987.
[5] **J.C. Myland, K.B. Oldham, C.G. Zoski:** *J. Electroanal. Chem.* **218** (1987), 29.
[6] **J.E. Anderson, J.C. Myland, K.B. Oldham:** *J. Electroanal. Chem.* **218** (1987), 41.
[7] **M.J. Barrera Niebla, M.J. González Morín, M.J. Pérez Sánchez:** *45th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Book of Abstracts*, volume II, VII-9. Porto, Portugal, 1994.
[8] **K.B. Oldham:** *J. Electroanal. Chem.* **430** (1997), 1.
[9] **M.J. Barrera Niebla, M.J. Pérez Sánchez, M.J. González Morín:** *VI Iberic Meeting of Electrochemistry, Programme and Abstracts*, O-D5. Porto, Portugal, 2001.
[10] **M.J. Barrera Niebla, M.J. González Morín, M.J. Pérez Sánchez:** *XV Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Electroquímica, C-Electroquímica Molecular e Electrosintese*, 5166. Evora, Portugal, 2002.
[11] **M.J. Barrera Niebla:** *VII Iberic Meeting of Electrochemistry, Abstracts Book*, L32, C22. Córdoba, España, 2004.
[12] **C. Molina Mayo:** *Tesina de Licenciatura (desarrollo)*. Universidad de La Laguna, 2004.
[13] **M.J. González Morín:** *Tesis Doctoral (redacción)*. Universidad de La Laguna, 2004.

La química y las matemáticas: resolución de demandas sociales

Miguel A. Rodríguez Delgado

Profesor Titular de Química Analítica, Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Universidad de La Laguna

Resumen

Hoy en día nos encontramos en una sociedad en la que se producen constantes desarrollos en todos los ámbitos de la ciencia; desarrollos dirigidos a conseguir un mayor bienestar social, lo que habitualmente se conoce como *sociedad del bienestar*. En este sentido, la Química se une a otras disciplinas científicas con objeto de obtener resultados y/o información segura y de calidad. Así, en el mundo de la Química se han producido grandes avances, no sólo a nivel científico (desarrollos en instrumentación, metodologías, nuevos sistemas químicos, nuevas sustancias que proporcionan beneficios en el ámbito de la salud, etc.), sino a nivel de la información que se genera en los laboratorios y/o industrias. Esta información generada en los laboratorios resulta fundamental para la toma de decisiones que pueden afectar a nuestra sociedad, en tanto que aspectos normativos, legislativos y/o judiciales se pueden sustentar en la misma.

Sin embargo, las personas que forman parte de esta sociedad del bienestar se encuentran con un doble paradigma cuando piensan en la Química: por un lado, en nuestra sociedad se asocia la Química con problemas fundamentalmente medioambientales, sanitarios o alimentarios; y, por otro lado, se intentan minimizar estos efectos e incrementar la seguridad y rapidez de la información utilizando sistemas químicos que nos proporcionen información, y que permitan actuar reduciendo los riesgos de los productos químicos tóxicos y/o poner de manifiesto los beneficios que algunos productos puedan tener sobre nuestra salud.

En este sentido, informes recientes (noviembre 2003) reflejan que de las 2 millones de muertes que se producen a nivel laboral en el mundo, 440000 se producen por la exposición de los trabajadores a agentes químicos; mientras que, por otro lado, desarrollos también recientes, como pueden ser los biosensores basados en reacciones químicas selectivas y específicas, en algunos casos se ponen al servicio de la población en los distintos ámbitos con objeto de ayudar a conseguir beneficios sociales (actualmente existen biosensores medioambientales, de tóxicos en alimentos o en el ámbito sanitario).

Tras una breve descripción del papel que juega el químico y, en general, la Química en la resolución de demandas sociales, se abordará cómo se genera información de calidad, y de qué armas dispone la Química para ello. La aparición de términos como "calidad", el establecimiento de normativas internacionales que regulan la calidad de la información o los productos a partir del establecimiento de sistemas de calidad, van a convertirse en indicadores sociales del país o Estado; de ahí que la aparición de la *cualimetría* para abordar la calidad de

la información resulte relevante en este binomio información-calidad. Tras abordar la cualimetría como disciplina científica encargada de asegurar el desarrollo y evaluar la calidad del análisis químico, se abordará otra disciplina íntimamente relacionada con la anterior, la *quimiometría*, una disciplina científica directamente relacionada con la información química, que utiliza métodos matemáticos y estadísticos para diseñar o seleccionar procedimientos de medida y experimentos óptimos, y para proporcionar la máxima información química mediante el análisis de datos químicos. Tras describir cómo el químico utiliza esta disciplina en el laboratorio y la forma en que mediante el uso de esta disciplina se pueden resolver muchas demandas sociales, generándose una información fiable y contrastada, se presentarán las herramientas que sirven para desarrollar y evaluar la calidad del análisis químico. Se hará una introducción al diseño estadístico de experimentos, fundamental cuando se necesita información representativa en el menor tiempo posible, y se explicará cómo hoy en día se puede generar e interpretar información de calidad sin necesidad de realizar un elevado número de experiencias en el laboratorio.

Finalmente, se expondrán ejemplos prácticos de demandas sociales actuales y cómo el químico aborda estas demandas planteándose como reto un fin último: asegurar la calidad de la información para responder a esas demandas de una manera segura, permitiendo poner al servicio de la sociedad la información, siempre en beneficio de la misma.

Referencias

G. Ramis Ramos, Mª.C. García Alvarez-Coque: *Quimiometría*. Síntesis, 2001.
R. Compañó Beltrán, A. Ríos Castro: *Garantía de la calidad en los laboratorios analíticos*. Síntesis, 2002.
Sociedad Española de Quimiometría y Cualimetría, http://www.ub.es/gesq/spchso/main.htm.

Buscando lo óptimo: de la reina Dido a la carrera espacial

David Martín de Diego

Científico Titular, Instituto de Matemáticas y Física Fundamental, Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Resumen

En esta conferencia nos detendremos en uno de los más fascinantes problemas de las matemáticas: *la búsqueda de lo óptimo*. Observaremos que en los principios naturales, así como en los elementos fabricados usando la más moderna tecnología, aparece un principio común: *optimalidad de su diseño*.

La rama de las matemáticas que estudia estas formas optimales es el *cálculo de variaciones*. Nos centraremos en problemas fundamentales, llenos de una rica historia, que dieron inicio a esta bella teoría matemática: desde el *problema isoperimétrico* a la solución detallada del problema de la *braquistócrona* (examinando, por ejemplo, en detalle, la maravillosa demostración dada por Johann Bernoulli); desde la formalización del cálculo de variaciones de Euler al maravilloso e intrincado mundo de las películas de jabón o *superficies minimales*.

Para terminar este paseo, nos situaremos en tiempos más recientes, en los que ya no nos bastará con observar las leyes de la naturaleza, sino que ahora pretenderemos modificarlas. Aparece así la *teoría del control óptimo*. Nuestros vehículos, tripulados o no, requieren un control si queremos que sigan un comportamiento adecuado o una planificación prefijada. En el caso de un vehículo con ruedas los controles nos permiten frenarlo, acelerarlo, llevarlo por la dirección requerida... Estos controles se activan manualmente, por radio control o automáticamente, o los diseña nuestro sistema (vía *feedback*). Pueden actuar llevando nuestro sistema de un punto a otro, o evitando desviaciones de la trayectoria que queremos seguir. En muchos casos, el sistema es inestable y necesitamos introducir controles para evitar grandes perturbaciones del mismo. La aplicación no se reduce a problemas de mecánica, sino que tiene un ámbito mayor: teorías del crecimiento económico, ecología, planificación comercial, medicina, robótica...

Referencias

P.J. Nahim: *When least is best*. Princeton University Press, 2004.
S. Hildebrandt, A. Tromba: *Mathématiques et formes optimales*. Pour la Science, 1986.
L.M. Hocking: *Optimal control. An introduction to the theory with applications*. Clarendon Press, 2001.
C. Sánchez Fernández, C. Valdés Castro: *De los Bernoulli a los Bourbaki. Una historia del arte y la ciencia del cálculo*. Nivola, 2004.

D.G. Hull: *Optimal control theory for applications*. Mechanical Engineering Series, Springer, 2003.

Caos en sistemas biológicos

Néstor V. Torres Darias

Profesor Titular de Bioquímica y Biología Molecular, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de La Laguna

Resumen

Desde hace más de tres décadas en el mundo científico se habla reiteradamente de la *teoría del caos*. Hablar de *teoría*, cuyo significado alude un conjunto de leyes que sirve para ordenar los conocimientos de una serie de fenómenos, y al mismo tiempo de *caos*, que significa y sugiere desorden, parece una contradicción en sus propios términos. Es esta aparente paradoja la que la teoría del caos viene a resolver, mostrando que efectivamente existe un orden subyacente en los *aparentemente* más desordenados e impredecibles de los comportamientos naturales.

En esta exposición se presentará el caos determinista, su definición y propiedades esenciales. La teoría del caos, definida como el estudio cualitativo del comportamiento dinámico aperiódico mostrado por sistemas deterministas no lineales, será presentada con detalle e ilustrada con ejemplos tomados del mundo natural. Se profundizará en el concepto de caos determinista a través de la presentación del modelo de Lorenz, el atractor extraño que éste genera y sus atributos: sensibilidad a las condiciones iniciales; la ubicuidad de la dinámica caótica; la existencia de una ruta universal hacia el caos; y los requerimientos cinéticos y termodinámicos que un sistema debe cumplir para que pueda manifestar caos determinista. A continuación se presentará un repertorio amplio de sistemas biológicos en los que se ha detectado dinámica caótica: desde rutas metabólicas como la glicólisis hasta el análisis de las enfermedades cardiacas o la actividad cerebral, así como en epidemiología.

Por otra parte, siempre que en un sistema se manifiesta dinámica caótica ésta aparece asociada con un tipo de geometría caracterizada por su dimensión no entera, los objetos *fractales*. Los fractales son figuras geométricas sumamente complejas y detalladas, y su geometría es la propia de los sistemas no-lineales. Sus propiedades más relevantes son la autosimilaridad, la autorreferencia y la dimensión fraccionaria. La primera consiste en que sucesivas ampliaciones de cualquier detalle de las mismas son indistinguibles de los originales. La segunda implica que la forma de generar un fractal es mediante un algoritmo recurrente. Por último, la dimensión fraccionaria alude al hecho de que los objetos fractales se encuentran en un espacio geométrico de dimensión no entera.

Finalmente, se presentarán algunas conclusiones que se extraen de los resultados obtenidos por la teoría del caos y de sus efectos sobre la ciencia de nuestra época.

Referencias

J. Gleick: *Caos: la creación de una ciencia*. Seix Barral, 1987.

E.N. Lorenz: *La esencia del caos. Un modelo científico para la disparidad de la naturaleza.* Círculo de Lectores, 1993.
B.B. Mandelbrot: *The fractal geometry of nature*. W.H. Freeman and Company, 1983.

Las matemáticas en la heliosismología

Clara Régulo Rodríguez

Profesora Titular de Escuela Universitaria, Departamento de Astrofísica, Universidad de La Laguna
Investigadora, Instituto de Astrofísica de Canarias

Resumen

En esta charla, siguiendo con la aplicación de las matemáticas en distintas disciplinas, vamos a hablar de algunas técnicas matemáticas utilizadas en astrofísica, y, más concretamente, en heliosismología.

Comenzaremos situándonos en el marco adecuado para entender, no sólo estas técnicas matemáticas sino, especialmente, el porqué de estas técnicas y el porqué de la necesidad de llegar al grado de detalle y precisión que dichas técnicas nos proporcionan.

Empezaremos, por tanto, por lo más general, definiendo qué es la astrofísica y, dentro de ella, qué se entiende por heliosismología. Veremos cómo la heliosismología nos va a permitir "observar" el interior del Sol y, por extensión, el interior de otras estrellas. Y es esta señal heliosismológica la que vamos a analizar, para intentar extraer de ella la máxima información posible.

Las técnicas utilizadas de las que vamos a hablar en esta charla son:

- La transformada de Fourier con ventanas y filtros
- Transformadas *wavelets*
- Transformación homomórfica o deconvolución homomórfica

Veremos cómo todas estas técnicas matemáticas nos van a permitir, a través del análisis de nuestra señal, dar un paso más en el conocimiento de las estrellas y, con ello, dar un paso más en el conocimiento del Universo.

Referencias

J.C. Goswami, A.K. Chan: *Fundamentals of wavelets: theory, algorithms and applications*. Wiley, 1999.
R.W. Hamming: *Digital filters*. Prentice Hall, 1983.
P.A. Lynn: *An introduction to the analysis and processing of signals*. Mc Millan Press, 1973.
A. Mertins: *Signal analysis: wavelets, filter banks, time-frequency transforms and applications*. Wiley, 1999.
E.O. Brigham: *The Fast Fourier Transform and its applications*. Prentice Hall, 1988.
Instituto de Astrofísica de Canarias, http://www.iac.es.
Noticias del Cosmos, http://www.uv.es/obsast/es/divul/noticias.
The Solar and Heliospheric Observatory (SOHO): http://sohowww.nascom.nasa.gov.
Space Experiment in Astrophysics (COROT): http://www.astrsp-mrs.fr/projets/corot.

European Astronomical Society (EAS): http://www2.iap.fr/eas.
European Space Research & Technology Centre (ESTEC): http://www.estec.esa.nl.

Geometría para entender el Universo

Alfonso Romero Sarabia

Catedrático de Geometría y Topología, Departamento de Geometría y Topología, Universidad de Granada

Resumen

Desde muy antiguo el hombre se ha cuestionado multitud de preguntas acerca de la naturaleza. Sin duda, este afán de entender el mundo en el que vivimos es una de las características de racionalidad que distingue al ser humano de otros animales que pueblan la Tierra.

Hace ya muchos siglos, el hombre se dio cuenta de que no podía depender *sólo* de sus sentidos para describir su entorno más o menos cercano. De hecho, los sentidos, además de una clara subjetividad, podían no mostrar las cosas como son, o incluso dejar escapar alguna de sus características más esenciales. Para la descripción científica del Universo, la *casa madre* donde el ser humano vive, surge entonces la *geometría* como una herramienta indispensable.

La llamada *geometría euclídea* ha sido una de las geometrías posibles. Por muchos siglos hasta la invención de las llamadas *geometrías no euclídeas*, se pensaba que aquélla era sinónima de geometría. Sin embargo, existen fenómenos cosmológicos, algunos de ellos ligados a la propagación de los rayos de luz, que carecen de una interpretación euclídea. Digamos, *grosso modo*, que la geometría euclídea tiene un rango de aplicación restringido: las *cercanías* (en sentido cosmológico) de la Tierra, obviando algunos fenómenos físicos relacionados con la luz y asumiendo que el tiempo trascurre igual para todo observador.

Pero el ser humano, en su afán de ir siempre *más allá,* se hace preguntas sobre el comportamiento *global* del Universo o la vida *al completo* de una estrella: ¿Tuvo el Universo un principio? ¿Siempre ha sido como es hoy en día? ¿Tiene la vida de cada estrella un final?... Todas estas preguntas y muchas más, alguna muy básica, necesitan para ser tratadas científicamente de una nueva geometría: la *geometría de Lorentz*. Se trata de una geometría muy alejada de la intuición corriente, pero es sorprendente cómo es de útil para el estudio de la cosmología moderna.

En efecto, suele decirse que la geometría de Lorentz es el lenguaje matemático en el que necesariamente se ha de expresar la relatividad general. Esto es cierto, pues desde que Einstein creó su teoría de la relatividad (de la publicación de su primer artículo sobre el tema se cumplirán cien años en el 2005) la geometría de Lorentz, fundamentalmente en su aspecto local, ha sido imprescindible para explicar ciertos fenómenos físicos que escapaban del ámbito de aplicación de la teoría de gravitación clásica. Como lenguaje y apoyo teórico cumple un papel esencial; pero lo verdaderamente sorprendente es que importantes predicciones cosmológicas que ha hecho la geometría de Lorentz por medio de científicos de la talla de Einstein, Friedman, Lemaître, Hawking, Penrose... se han ido corroborando

experimentalmente. Por tanto, una gran parte de la cosmología actual ha sido descubierta primero *en papel*, es decir se ha establecido como una serie de *teoremas de geometría de Lorentz global*; luego, mágicamente, éstos se han ido comprobando según los estándares del método científico en física.

El fin de esta charla será explicar someramente varios de los aspectos anteriormente nombrados, enfatizando siempre el papel en la cosmología relativista de la geometría de Lorentz que la hace, en opinión del ponente, una herramienta imprescindible para entender el Universo, en particular para dar respuestas razonables a preguntas del tipo: *qué es*, *de donde vino* y *hacia dónde va*.

Referencias

R.L. Faber: *Differential geometry and relativity theory: an introduction*. Marcel Dekker, 1983.
B. O'Neill: *Semi-Riemannian geometry with applications to relativity*. Academic Press, 1983.
A. Romero, A.M. Lallena: Espacios vectoriales métricos y teoría especial de la relatividad. *Epsilon* **5** (1986), 33-37.
A. Romero*: Algebra lineal y geometría*. La Madraza, 1990 [apéndice]
A. Romero: Fundamentos matemáticos de la relatividad general: cosmología. *Publ. Dep. Mat. Univ. Murcia, Serie Gris*, **14** (1996), 81-93.
[Disponible en: http://www.ugr.es/~aromero/divulga.htm]
A. Romero: Geometría y relatividad. Una introducción a la geometría básica de la teoría. *Epsilon* **14** (1998), 305-320.
A. Romero: La forma del Universo. En *Fotografiando las Matemáticas*, pp. 28-31. Carroggio, 2000.
I.M. Yaglom: *A simple non-Euclidean geometry and its physical basis*. Springer-Verlag, 1979.
Living Reviews in Relativity, http://relativity.livingreviews.org. Revista electrónica.
S. Hawking's web site, http://www.hawking.org.uk/home/hindex.html.

La geometría de Gauss y Riemann: algunas aplicaciones a la física

Domingo Chinea Miranda

Catedrático de Geometría y Topología, Departamento de Matemática Fundamental, Universidad de La Laguna

Resumen

La geometría como una disciplina organizada fue fundada alrededor de los años 600 a.C., en la Grecia clásica.

En general, los griegos orientaron las matemáticas para deducir cuestiones y problemas sobre la naturaleza, y por ello se fundamentaron en la propia naturaleza.

Durante el periodo comprendido entre los años 600 y 300 a. C., los filósofos griegos dieron a las matemáticas en general el rango de ciencia, construyeron la estructura de la geometría euclídea, basada en la abstracción y la demostración deductiva, y la aplicaron a la comprensión y entendimiento de nuestro Universo.

La evolución de la geometría a través de los tiempos ha sido lenta, quizás debido a que la geometría de Euclides fue obtenida a partir de unos postulados que *a priori* eran ciertos sin discusión alguna y que reflejaban la propia geometría de nuestro espacio, y por ello durante muchos siglos esta geometría ha dominado los estudios matemáticos.

Suele decirse que la física utiliza a las matemáticas en general como lenguaje, aunque en realidad existe una más profunda relación entre ambas ciencias. La física tiene por objeto el conocimiento y comprensión de las leyes que rigen la naturaleza y sus fenómenos. Así, la geometría y la física crecieron observando la naturaleza, la primera prestando más atención a la "forma" de los objetos que nos rodean y la segunda a su "movimiento". Ahora, como todo movimiento supone una trayectoria (una *curva*, en lenguaje geométrico), ambas han seguido vidas paralelas, y los grandes cambios en la historia de la geometría y de la física casi siempre aparecen conectados, con grandes influencias recíprocas.

Uno de estos grandes cambios o revolución sucede tras la aparición de dos trabajos cruciales en geometría; el primero, de K.F. Gauss (1777-1855), titulado *Disquisitiones generales circa superficies curvas* (en 1827), considerado como la obra maestra de la geometría diferencial clásica de superficies; y el segundo, la memoria que G.B. Riemann (1826-1866) presentó en 1854 para obtener el título de "Privatdozent", la cual tituló *Sobre las hipótesis en que se funda la geometría*.

Esta nueva visión de la geometría es la que posibilita que a principios del siglo XX se inicie una de las revoluciones más espectaculares que ha tenido la física a través de su historia. Por supuesto, nos referimos la aparición de la física relativista, promovida por el que es considerado como el mayor genio del siglo XX: Albert Einstein (1879-1955).

El objetivo de esta charla es hacer una exposición, a grandes rasgos, de la evolución de la geometría, centrada principalmente en los nuevos conceptos y las nuevas ideas que aportaron K.F. Gauss y G.B. Riemann, así como algunas de sus aplicaciones.

Referencias

C.B. Boyer: *Historia de la Matemática.* Alianza Editorial, 1986.

F. Dombrowski: Differential Geometry-150 years after Carl Friedrich Gauss' Disquisitiones generales circa superficies curvas. *Astérisque*, **62** (1979).

C.F. Gauss: Disquisitiones generales circa superficies curvas (1827). *Traducción inglesa de Astérisque*, **62** (1979).

B. Riemann: *Uber die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen* (1854). Traducción inglesa de M. Spivak, en M. Spivak: *A comprehensive introduction to differential geometry*, vol. II. Publish or Perish, 1979.

B. Riemann: *Riemanniana Selecta.* Edición y estudio introductorio a cargo de J. Ferreirós. Clásicos del Pensamiento, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2000.

Métodos matemáticos para la construcción de modelos en astrofísica

Emilio Casuso Romate

Investigador Asociado, Instituto de Astrofísica de Canarias

Resumen

En esta charla haré en primer lugar una introducción en la que se enfatizará el hecho de que toda actividad del ser humano está condicionada por los fenómenos naturales (el clima, las estaciones, los días y las noches, etc.) y éstos, a su vez, son el resultado de las **interacciones** del sistema físico en el que vivimos (la Tierra) **con el resto del Universo**, empezando por el Sol, la Luna y los planetas de nuestro sistema solar, y continuando con las nubes de gas interestelar e intergaláctico y así con el resto de las galaxias. De esta forma, se nos hace esencial tratar de conocer cuáles son los mecanismos que hacen que estos fenómenos tengan lugar en la forma en que lo hacen, con el fin último de poder **predecirlos** y utilizarlos para nuestra propia evolución como seres vivos. Así es como surge la necesidad de construir estructuras lógicas que nos describan el cambio de un conjunto de magnitudes mensurables (temperatura, densidad, etc.) que caractericen los sistemas físicos a estudio, y estas **estructuras lógicas son los modelos matemáticos** basados, esencialmente, en conjuntos de **ecuaciones diferenciales**, que no son otra cosa que dependencias funcionales, extraídas de la observación, así como relaciones entre las primeras derivadas (velocidades de cambio), las segundas derivadas (aceleraciones o fuerzas o causas), y las magnitudes involucradas.

En segundo lugar, haré una descripción de algunos métodos para plantear y construir los modelos matemáticos en base a los datos observacionales, el conocimiento que se tiene de los sistemas similares en la Tierra, y las ligaduras o condiciones de contorno que deben cumplir.

En tercer lugar, expondré las diversas aproximaciones que se utilizan para resolver las ecuaciones que se han planteado. Estos algoritmos serán tanto analíticos como numéricos; es decir, mostraremos algunas formas de obtener soluciones tanto en forma de expresiones funcionales aproximadas (**métodos perturbativos, aproximaciones polinómicas**, etc.) como exactas, así como las aproximaciones por cálculo iterativo numérico usando **programas de ordenador**. En este punto haremos hincapié en la importancia del control de los errores, tanto en la simplificación del cálculo como en la necesidad de calibrar los resultados.

Y en cuarto lugar, mostraremos cómo se aplican las técnicas consideradas a algunos casos reales. Así, plantearemos y resolveremos el problema de la inversión de la transformada de Abel aplicado a la predicción del comportamiento temporal de algunos sistemas físicos que, como el proceso de **formación de estrellas** en las nubes de gas de las galaxias, se muestran **caóticos** desde el punto de vista del tratamiento diferencial. También resolveremos un sistema de ecuaciones diferenciales típico en Astrofísica y que representa la dinámica de un disco galáctico en rotación e inmerso en un campo magnético, y lo haremos

usando la aproximación del método de perturbaciones y la consiguiente linealización para ser resuelto **matricialmente**. También resolveremos, analítica y numéricamente, un sistema de ecuaciones diferenciales que representa el proceso de producción y consumo de elementos químicos tanto dentro de las estrellas como en el medio interestelar. Y, por último, presentaremos y resolveremos **ecuaciones diferenciales estocásticas,** que representan la evolución temporal de la distribución de nubes de gas en el medio interestelar, donde surgirá el eterno debate sobre la dualidad **fractal/dependencia de escala**. Y terminaremos con unas cuantas conclusiones finales.

Referencias

M. Abramowitz, I.A. Stegun: *Handbook of mathematical functions*. Dover, 1972.
W.E. Boyce, R.C. DiPrima: *Elementary differential equations and boundary value problems*. John Wiley and Sons, 1977.
E. Casuso, J.E. Beckman: *Astrophysics and Space Science* **249** (1997), 257.
E. Casuso, J.E. Beckman: *The Astrophysical Journal* **475** (1997), 155. [Disponible en: http://www.journals.uchicago.edu/ApJ/journal/issues/ApJ/v475n1/33209/33209.pdf]
E. Casuso: *International Journal of Modern Physics A* **14**, no. 20 (1999), 3239.
E. Casuso, J.E. Beckman: *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **112** (2000), 942.
E. Casuso, J.E. Beckman: *Publications of the Astronomical Society of Japan* **54** (2002), 405.
S. Chandrasekhar: *The Astrophysical Journal* **119** (1954), 7.
S. Chandrasekhar: *Reviews of Modern Physics* **15** (1943), 1.
P. Cerrai, P. Freguglia, C. Pellegrini: *The applications of mathematics to the sciences of nature*. Kluwer Academic, 2002.
L. Elsgoltz: *Ecuaciones diferenciales y cálculo variacional*. MIR, 1977.
S.K. Godunov: *Ecuaciones de la física matemática*. MIR, 1978.

Volcanes, terremotos y matemáticas

José M. Lorenzo Salazar

Investigador, Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Universidad de La Laguna

Resumen

Los terremotos y las erupciones volcánicas son fenómenos de naturaleza compleja. La ciencia que los estudia, la geofísica, se enfrenta al análisis de estos fenómenos considerándolos como sistemas multivariables y dotados de un número elevado e indeterminado de grados de libertad, por tanto anisótropos, heterogéneos y, hasta cierto punto, impredecibles. No obstante, el uso del lenguaje matemático permite expresar de una manera exacta y útil la información observacional que de estos fenómenos naturales obtienen los científicos. A partir de ella es posible elaborar modelos que los describen y nos permiten realizar pronósticos sobre su evolución futura. Sin duda, este es uno de los mayores retos que las sociedades modernas demandan a la comunidad geofísica internacional con el objeto de reducir y mitigar el riesgo asociado a ellos.

La aportación de la ciencia matemática en el campo de estudio de la geofísica, y de la sismología y la volcanología en particular, no se reduce a la mera introducción de fórmulas y ecuaciones más o menos inteligibles. Las teorías matemáticas y sus aplicaciones desempeñan un papel central en la sismología y volcanología modernas. Entre los científicos que contribuyeron a la revolución de la geofísica encontramos a muchos de los grandes matemáticos responsables del desarrollo de la matemática en los últimos siglos: Galileo, Newton, Gilbert, Halley, Matheron, Fourier, Laplace, Biot, Poisson, Tukey, Gabor, Daubechies, McLaurin, Bernouilli, Kolgomorov, Bayes, Hilbert, Euler, Mandelbrot, Vapnik, Bak, etc. Juntamente con la evolución tecnológica acaecida en el último medio siglo (*Tercera Revolución Tecnológica*), en el que instrumentación científica y los sistemas de comunicaciones se han desarrollado enormemente, las matemáticas están desempeñando una labor imprescindible en todas las disciplinas de la geofísica.

"Dios no juega a los dados"; o, lo que es lo mismo, si atendemos al Principio de la Sucesión Temporal según la Ley de Causalidad de Kant, "todos los cambios tienen lugar de acuerdo con la ley que enlaza causa y efecto". En otras palabras, toda consecuencia tiene su causa. Hoy en día, los geofísicos conocen por qué y dónde se fraguan los terremotos y las erupciones volcánicas, aunque apenas comienzan a vislumbrarse los distintos mecanismos que los regulan y que podrían permitir en un futuro alcanzar la soñada meta de la predicción. No es de extrañar, por ende, que algunos aspectos de la sismología y la volcanología tales como la *predicción* se encuentren en un estadio incipiente de desarrollo. Baste recordar que hasta 1965 no se reconoce y se acepta con firmeza la Teoría de la Deriva de los Continentes y la Tectónica de Placas, propuestas originalmente por Alfred Wegener en su obra *The origins of continents and oceans* en 1915. Y que las grandes redes instrumentales de observación geofísica comenzaron a instalarse entre 1970 y 1980. Hablar de predicción implica hablar de probabilidades, de nivel de confianza, de riesgo o valor crítico, de estimadores, de

distribuciones de probabilidad, etc. Y nuevamente es aquí donde la matemática, con su versión probabilística de los fenómenos naturales, desempeña un papel imprescindible.

Referencias

Introducción a la geofísica (sismología):

A. Udías, J. Mezcua: *Fundamentos de geofísica*. Alianza Universidad, 1997.

Geoestadística:

E.H. Isaaks, R.M. Srivastava: *An introduction to applied geostatistics*. Oxford University Press, 1989.

Introducción al análisis de series temporales:

C. Chatfield: *The analysis of time series: an introduction* (5ª edición). Chapman & Hall/CRC, 1996.
E. Foufoula-Georgiou, P. Kumar (eds.): *Wavelets in geophysics*. Academic Press, 1994.

Fractales y caos:

B.B. Mandelbrot: *La geometría fractal de la naturaleza* (2ª edición). Tusquets, 2003.

Predicción de terremotos:

R.J. Geller, D.D. Jackson, Y.Y. Kagan, F. Mulargia: Earthquakes cannot be predicted. *Science* **275** (1997), 1616-1617.
P. Bernard: From the search of 'precursors' to the research on 'crustal transients'. *Tectonophysics* **338** (2001), 225-332.
M. Wyss: Cannot earthquakes be predicted? *Science* **278** (1997), 487-488.

Introducción a la volcanología:

R. Scarpa, R.I. Tilling (eds.): Monitoring and mitigation of volcano hazards. Springer, 1996.
H. Sigurdsson (ed.): Encyclopedia of volcanoes. Academic Press, 2000.

Enredo y teleportación cuántica

Santiago Brouard Martín

Profesor Titular de Física Aplicada, Departamento de Física Fundamental II, Universidad de La Laguna

Resumen

La teoría cuántica es, sin duda, una de las teorías científicas más brillantes y exitosas de las elaboradas a lo largo de toda la historia de la humanidad. La intuición con que nos manejamos en nuestra vida cotidiana, para entender cómo funcionan las cosas a nuestro alrededor, choca frontalmente con algunas de las predicciones que proporciona la teoría cuántica para sistemas, microscópicos, que están al margen de nuestra experiencia directa, pero que cada vez participan en mayor grado en dispositivos a los que estamos muy acostumbrados.

En esta conferencia se presenta de forma simplificada una aplicación reciente de la teoría cuántica, la teleportación cuántica, que ayuda a plantear y comprender algunos de los conceptos básicos de esta teoría, así como a desarrollar una cierta "intuición cuántica", imprescindible para completar nuestra cultura científica.

Un principio de superposición y el denominado "enredo" cuántico son los pilares básicos sobre los que se establecen protocolos de encriptación, comunicación, computación y teleportación cuánticos. Este último proceso permite transmitir el estado cuántico de una partícula a otra, no instantáneamente, sin tener conocimiento del estado que se transmite, y sin posibilidades de medirlo.

Los experimentos que se llevan a cabo en la actualidad han demostrado la posibilidad de realizar todos estos protocolos dentro del campo emergente del "procesamiento cuántico de información"; comprender sus fundamentos es esencial para apreciar su enorme potencial.

Análisis de señales neurofisiológicas

José L. Sánchez de la Rosa

Profesor Titular de Ingeniería de Sistemas y Automática, Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas, Universidad de La Laguna

Resumen

El objeto de esta charla es el de acercar los conceptos de procesamiento de señales y sus aplicaciones a estudiantes de áreas diversas, no necesariamente de ingeniería, física o matemáticas. Por ello, se ha procurado huir de un excesivo formalismo matemático y centrar las explicaciones en los conceptos.

Se ha dividido la conferencia en tres partes. La primera muestra los conceptos básicos de procesamiento de señales, principalmente la definición de señal y sus tipos, la noción de espectro y transformada de Fourier, así como el muestreo y el concepto de sistema.

La segunda parte aborda un repaso de los distintos métodos matemáticos que se utilizan en esta disciplina desde un punto de vista descriptivo, para hacer llegar al alumnado la necesidad de los mismos.

Por último, se hace un repaso a varios ejemplos donde se muestra la utilidad del procesamiento de señales, en particular en los campos de procesamiento de sonido, voz y señales neurofisiológicas.

Referencias

J.L. Mañas, J.L. Sánchez, L. Moreno, J.D. Piñeiro, R.M. Aguilar, J.J. Merino, J. Sigut, A. Hamilton: Discriminación de niveles de maduración cerebral mediante la cuantificación del electroencefalograma. *Archivos de Pediatría* **47**, no. 6 (1996), 316-324.

S. Mañas, J.L. Sánchez, L. Moreno, J.D. Piñeiro, R. Aguilar, J.J. Merino, J. Sigut: La aplicación conjunta del potencial evocado y el electroencefalograma mejora la discriminación de la maduración cerebral. *Revista de Neurología* **25**, no. 144 (1997), 1181-1186.

L. Moreno, C. González, J. Sánchez, V. Muñoz, I. Estévez, R. Aguilar, J. Sigut: *Intelligent system to asses and treat developmental dyslexia in Spanish language*. Fourth International ICSC Symposium on Engineering of Intelligent Systems (Madeira, Portugal, 2004).

L. Moreno, J.L. Sánchez, L. Acosta, J.D. Piñeiro, J.L. Ichaso, S. Mañas: *Multichannel digital processing for EEG analysis*. Proceedings of the IASTED International Symposium CS'91 (Zurich, Suiza, 1991). Acta Press, 1991.

L. Moreno, J.L. Sánchez, L. Acosta, G. Vera: *A software package for signal processing: application to EEG signals*. Proceedings of the ISMM International Conference MICRO'90 (Montreal, Canadá, 1990). Acta Press, 1990.

L. Moreno, J.L. Sánchez, S. Mañas, J.D. Piñeiro, L. Acosta, J.L. Ichaso: *Análisis multivariante del EEG en el estudio de la maduración cerebral*. IV Reunión de la Sociedad Canaria de Neurociencias, Tenerife, 1991.

A.V. Oppenheim, A.S. Willsky: *Señales y sistemas*. Prentice-Hall, 1995.

A.V. Oppenheim, R.W. Schafer: *Tratamiento de señales en tiempo discreto* (2ª ed.). Prentice-Hall, 2000.

K.C. Pohlman: *Principios de audio digital*. McGraw-Hill, 2003.

J. Sánchez, J. Estévez, L. Moreno, J. Sigut, V. Muñoz, R. Aguilar, C. Merino: Using speech processing in a tutorial system for dyslexic readers. Fourth WSEAS International Conference on Automation & Information ICAI'03 (Tenerife, 2003). *WSEAS Transactions on Computers*, April 2004.

J.L. Sánchez, S. Mañas, L. Moreno, J.D. Piñeiro, R. Aguilar, J.J. Merino, J. Sigut, A. Hamilton, L. Acosta: Estudio de la maduración cerebral mediante el análisis cuantitativo del electroencefalograma. Revista de Neurología **25**, no. 146 (1997), 1529-1534.

EEG Spectrum International, http://www.eegspectrum.com.

Lev Selector page on EMG and EEG, http://www.selectorweb.com/emg_eeg.html.

Persyst Development Corporation, http://www.digital-eeg.com.