GUIA DIDACTICA

MODULO 2

Una panorámica de las matemáticas, hoy

30 de marzo - 13 de abril de 2005

Sala de Grados del Edificio de Informática y Matemáticas

http://www.anamat.ull.es/sctm05

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Cursos Certificados de Formación Continua

Centro de Formación Continua ULPGC

Curso Interuniversitario

"Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas" 2005

Guía Didáctica del Módulo 2

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Coordinadores de Edición

M. Isabel Marrero Rodríguez
M. Edith Padrón Fernández
Rodrigo Trujillo González
Juan Rocha Martín
Rafael A. Montenegro Armas

Diseño gráfico

M. Isabel Alonso Rodríguez

Maquetación

M. Isabel Marrero Rodríguez
Juan Rocha Martín

Las Palmas de Gran Canaria, marzo de 2005

Índice

sctm05

sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas 2005

Presentación

Curso Certificado de Formación Continua
"Sociedad, Ciencia, Tecnología y Matemáticas" 2005

Centro de Formación Continua
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

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 Cursos Certificados que el Centro de Formación Continua de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria incluye en su programación, y tiene una carga lectiva de sesenta horas (seis créditos). Se estructura en tres módulos optativos e independientes de veinte horas (dos créditos) cada uno. Los dos primeros constan de cinco sesiones de cuatro horas y el tercero de cuatro sesiones de cinco horas, de acuerdo al siguiente calendario:

Módulo 1: Métodos matemáticos en ciencias sociales, economía, finanzas y administración de empresas
2, 9, 10, 16 y 17 de marzo de 2005, de 16:00 a 20:00 horas.

Módulo 2: Una panorámica de las matemáticas, hoy
30 y 31 de marzo – 6, 7 y 13 de abril de 2005, de 16:00 a 20:00 horas.

Módulo 3: La geometría y la historia de la matemática en la enseñanza secundaria
11, 12, 15 y 19 de abril de 2005, de 16:00 a 21:00 horas.

Contenidos

El módulo 1 pretende proporcionar una introducción a los métodos matemáticos en ciencias sociales, economía, finanzas y administración de empresas. La complejidad de los mercados económicos y la continua evolución de los instrumentos financieros han hecho crecer la demanda de especialistas cualificados en tales métodos (alguno de los cuales ha dado lugar a Premios Nobel) para el desarrollo, análisis y depuración de nuevos modelos teóricos de inmediata implementación práctica en los ámbitos bancario, corporativo y actuarial.

En el módulo 2 queremos invitar a una reflexión sobre las Matemáticas en sí mismas, tratar algunos aspectos de su interacción con otras ciencias (física, astrofísica, biología, medicina) y exponer algunas de sus aplicaciones tecnológicas e industriales.

Finalmente, el módulo 3 se compone de cuatro talleres orientados, principalmente, al ámbito de la educación matemática, y tiene por objeto dotar a profesores y futuros profesores de secundaria de nuevos recursos docentes basados en la geometría y la historia de las Matemáticas con los que promover desde el aula la apreciación social por esta ciencia.

Profesorado

El curso se concibe como un ciclo de conferencias y talleres. Cada tema será impartido por expertos de reconocido prestigio en la materia correspondiente, vinculados a las siguientes entidades e instituciones: Grupo Analistas Financieros Internacionales, Instituto de Astrofísica de Canarias, Fundación Canaria *Orotava* de Historia de la Ciencia, Freudenthal Instituut (Universidad de Utrecht, Holanda), Universidades de La Laguna, Las Palmas de Gran Canaria, Autónoma de Madrid, Barcelona, Coruña, País Vasco, Politècnica de Catalunya, Salamanca, Sevilla y Valencia, The University of Kansas (USA) y Real Sociedad Matemática Española. 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 (módulos 1 y 2) 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.

Los talleres (módulo 3) serán eminentemente prácticos, y responderán a una metodología activa y participativa.

Lugar de celebración

Todas las sesiones de los módulos 1 y 2 del curso tendrán lugar en la Sala de Grados del Edificio de Informática y Matemáticas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. El módulo 3 se desarrollará en el Aula-Taller de Matemáticas de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

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/sctm05.

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

Certificado de Asistencia

Habrá un control de asistencia en cada módulo. La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, por medio del Centro de Formación Continua, expedirá gratuitamente un *Certificado de Asistencia* a los alumnos matriculados que hayan atendido como mínimo al 80% del total de horas del módulo (cuatro de las cinco sesiones en los módulos 1 y 2 y tres de las cuatro sesiones en el módulo 3). Para obtener este certificado no es necesario someterse a prueba de evaluación alguna.

Convalidación por Créditos de Libre Elección

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

En cumplimiento de dicha normativa, se propondrá una prueba de evaluación cuya valoración se hará según escala numérica de 0.0 a 10.0, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa: *no presentado (NP), en caso de incomparecencia; 0.0-4.9, suspenso (SS); 5.0-6.9, aprobado (AP); 7.0-8.9, notable (NT); 9.0-10.0, sobresaliente (SB)*. En la correspondiente acta de calificaciones sólo figurarán aquellos alumnos cuya asistencia haya sido superior al 80% de la carga lectiva de un módulo (cuatro de las cinco sesiones en los módulos 1 y 2 y tres de las cuatro sesiones en el módulo 3). Cada alumno con puntuación no inferior a 5.0 recibirá un *Certificado de Asistencia, Aptitud y Convalidación por Créditos de Libre Elección*, expedido por el Centro de Formación Continua, que recogerá toda la información del módulo y la calificación obtenida. Quienes figuren en acta con indicación de *no presentado* o con puntuación inferior a 5.0 recibirán el *Certificado de Asistencia, Aptitud y Convalidación por Créditos de Libre Elección* pero sin expresión de calificación alguna.

La evaluación de los **módulos 1 y 2** 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 0.0 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 0.0 a 10.0; la calificación final será la mayor de las obtenidas en las dos pruebas.

Es posible concurrir directamente al examen sin la realización previa del trabajo. En este caso la calificación final será la que corresponda al examen.

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

- Se presentará una memoria por cada módulo cursado.

- Se elegirán **ocho** conferencias de las diez posibles en el módulo y se estructurará la memoria en otros tantos apartados. Cada apartado contendrá un **resumen** así como una **sucinta valoración personal** del contenido de la conferencia correspondiente. La valoración personal de una conferencia 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.

En el caso del **módulo 3**, la evaluación consistirá en elegir tres de los cuatro talleres que lo componen y presentar un trabajo práctico por cada taller elegido, que deberá ir acompañado de un comentario sobre sus posibles aplicaciones didácticas, y que será puntuado de 0.0 a 10.0.

El siguiente cuadro recoge el calendario para la evaluación:

Módulo	Fecha límite para la entrega de memorias y trabajos	Fecha de realización del examen
1	viernes, 08/04/2005	viernes, 06/05/2005
2	viernes, 22/04/2005	viernes, 06/05/2005
3	viernes, 29/04/2005	---

Las memorias y trabajos se presentarán en la Secretaría del Departamento de Matemáticas, sita en el Edificio de Informática y Matemáticas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en horario de 8:00 a 15:00 (lunes a viernes), a la atención de los coordinadores del módulo correspondiente; o bien (si procediese) electrónicamente, usando el formulario disponible en la dirección de Internet

http://www.anamat.ull.es/sctm05/principal/contacto.html.

Los exámenes tendrán lugar en la Sala de Grados del Edificio de Informática y Matemáticas, a las 17:30 horas.

Organización

El presente curso es fruto de una colaboración conjunta entre sendos equipos de profesores de las Universidades de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, y se impartirá simultáneamente en ambos centros.

En la Universidad de La Laguna el curso forma parte de la programación de *Cursos Universitarios Interdisciplinares 2005* del Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Institucionales, mientras que en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se integra en la de *Cursos Certificados* del Centro de Formación Continua. Colaboran en su organización las siguientes entidades e instituciones:

- Departamento de Análisis Matemático, Universidad de La Laguna
- Departamento de Matemática Fundamental, Universidad de La Laguna
- Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Departamento de Métodos Cuantitativos en Economía y Gestión, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Dirección General de Ordenación e Innovación Educativa del Gobierno de Canarias

- Facultad de Matemáticas, Universidad de La Laguna
- Fundación Canaria Centro de Investigación Matemática de Canarias (CIMAC)
- Fundación Universitaria de Las Palmas
- Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (IUSIANI), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
- Ministerio de Educación y Ciencia
- Real Sociedad Matemática Española (RSME)
- Sociedad Española de Matemática Aplicada (SeMA)
- Vicerrectorado de Extensión Universitaria y Relaciones Institucionales, Universidad de La Laguna

El Equipo Coordinador del curso está integrado por los siguientes profesores de las Universidades de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria:

Directores:

M. Isabel Marrero Rodríguez	Profesora Titular de Análisis Matemático Universidad de La Laguna
Juan Rocha Martín	Catedrático de Escuela Universitaria de Matemática Aplicada Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Coordinadores del módulo 1 en la Universidad de La Laguna:

Juan D. Betancor Ortiz	Profesor Asociado de Análisis Matemático
José M. Méndez Pérez	Catedrático de Análisis Matemático

Coordinadores del módulo 1 en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria:

Rosario Berriel Martínez	Profesora Titular de Matemática Aplicada
Dolores R. Santos Peñate	Profesora Titular de Economía Aplicada

Coordinadores del módulo 2 en la Universidad de La Laguna:

M. Edith Padrón Fernández	Profesora Titular de Geometría y Topología
Rodrigo Trujillo González	Profesor Titular de Análisis Matemático

Coordinadores del módulo 2 en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria:

Rafael A. Montenegro Armas	Catedrático de Matemática Aplicada
Juan Rocha Martín	

Coordinador del módulo 3 en la Universidad de La Laguna:

Juan A. García Cruz	Profesor Titular de Didáctica de la Matemática

Coordinadores del módulo 3 en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria:

Francisco S. Cabrera Suárez	Catedrático de Escuela Universitaria de Matemática Aplicada
Víctor M. Hernández Suárez	Catedrático de Escuela Universitaria de Análisis Matemático

Para más información sobre los aspectos académicos del curso, consultar la página *web* http://www.anamat.ull.es/sctm05 o contactar con el Equipo Coordinador, ya sea a través del correo electrónico sctm05@anamat.csi.ull.es o mediante el formulario disponible en la dirección de internet

http://www.anamat.ull.es/sctm05/principal/contacto.html.

Figura 2. Formulario para tutorías electrónicas.

Matrícula

El número de plazas está limitado a 80 en los dos primeros módulos y a 30 en el tercero. Se ofertan hasta 15 plazas gratuitas en este último para el profesorado de enseñanza secundaria que realice su inscripción dentro del plazo establecido al efecto.

En la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria la matrícula se formalizará en el Centro de Formación Continua, C/. Juan de Quesada, 30, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, de 10:00 a 14:00 horas (lunes a viernes).

La matrícula en cada módulo queda sujeta al siguiente calendario:

Módulo 1: 1 de febrero de 2005 a 1 de marzo de 2005.
Módulo 2: 1 de febrero de 2005 a 29 de marzo de 2005.
Módulo 3: 1 de febrero de 2005 a **8 de abril de 2005***.

***** Salvo en el caso de los profesores de enseñanza secundaria que soliciten matrícula gratuita en el módulo 3, en cuyo caso la fecha límite de matriculación es el **28 de marzo de 2005**.

Las tasas de matrícula son las siguientes:

Un módulo (20 horas - 2 créditos):
- Estudiantes, desempleados, jubilados: 30,80€.
- Profesorado y PAS de la ULL y la ULPGC: 38,60€ - 35,20€ [consultar].
- Tarifa general: 44,00€.

Dos módulos (40 horas - 4 créditos):
- Estudiantes, desempleados, jubilados: 58,52€.
- Profesorado y PAS de la ULL y la ULPGC: 75,24€ - 66,88€ [consultar].
- Tarifa general: 83,60€.

Tres módulos (60 horas - 6 créditos) [curso completo]:
- Estudiantes, desempleados, jubilados: 86,24€.
- Profesorado y PAS de la ULL y la ULPGC: 110,88€ - 98,56€ [consultar].
- Tarifa general: 123,20€.

Para más información sobre los aspectos administrativos del curso, dirigirse al Centro de Formación Continua de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria a través del teléfono 928 457 222, de 10:00 a 14:00 horas (lunes a viernes), o a la dirección electrónica http://www.formacióncontinua.ulpgc.es.

sctm05
sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas 2005

Programa

Módulo 1: *Métodos matemáticos en ciencias sociales, economía, finanzas y administración de empresas*

Miércoles, 2 de marzo

16:00 18:00
La matemática borrosa en economía y gestión de empresas
Jaime Gil Aluja
Catedrático de Economía Financiera y Contabilidad, Universidad de Barcelona

18:00 20:00
Modelos matemáticos para la minería de datos
Emilio Carrizosa Priego
Profesor Titular de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Sevilla

Miércoles, 9 de marzo

16:00 18:00
Construyendo modelos en Economía
Concepción González Concepción
Catedrática de Economía Aplicada, Universidad de La Laguna

18:00 20:00
Estadística aplicada a los procesos electorales
José M. Bernardo Herranz
Catedrático de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Valencia

Jueves, 10 de marzo

16:00 18:00
Teoría de juegos: análisis matemático de conflictos
Fernando Fernández Rodríguez
Catedrático de Economía Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

18:00 20:00
Problemas de localización
Dolores R. Santos Peñate
Profesora Titular de Economía Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Miércoles, 16 de marzo

16:00 18:00

El valor temporal del dinero

José L. Fernández Pérez

Catedrático de Análisis Matemático, Universidad Autónoma de Madrid.
Analistas Financieros Internacionales

18:00 20:00

Beneficios fiscales y desarrollo económico en Canarias: presente y futuro

Matilde Asián González

Inspectora de Hacienda del Estado, Ministerio de Economía y Hacienda

Jueves, 17 de marzo

16:00 18:00

Estadística y salud

Beatriz González López-Valcárcel

Catedrática de Economía Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

18:00 20:00

Estadística y medida del riesgo: el caso de los seguros automovilísticos

Francisco J. Vázquez Polo

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

Módulo 2: *Una panorámica de las matemáticas, hoy*

Miércoles, 30 de marzo

16:00 18:00

Matemáticas y robótica

Marta Sigut Saavedra

Profesora Asociada Doctora de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de La Laguna

18:00 20:00

La ingeniería en matemáticas

José M. Pacheco Castelao

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

Jueves, 31 de marzo

16:00 18:00

Modelización matemática de los mecanismos de orientación en los cetáceos

Carmelo Militello Militello

Catedrático de Física Aplicada, Universidad de La Laguna

18:00 20:00
Poincaré, el último matemático universalista
José M. García Calcines
Profesor Asociado Doctor de Geometría y Topología, Universidad de La Laguna

Miércoles, 6 de abril
16:00 18:00
Simulación numérica de campos de viento
Gustavo Montero García
Catedrático de Matemática Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

18:00 20:00
Análisis espectral de nanoestructuras en tejidos biológicos
Rodolfo H. Torres
Professor, Department of Mathematics, The University of Kansas (USA)

Jueves, 7 de abril
16:00 18:00
Estabilidad de los sistemas planetarios
Manuel Vázquez Abeledo
Area de Investigación, Instituto de Astrofísica de Canarias

18:00 20:00
La paradoja en la ciencia y el arte
Marta Macho Stadler
Profesora Contratada Doctora de Geometría y Topología, Universidad del País Vasco

Miércoles, 13 de abril
16:00 18:00
En busca de la cuarta dimensión
Raúl Ibáñez Torres
Profesor Titular de Geometría y Topología, Universidad del País Vasco.
Presidente de la Comisión de Divulgación de la Real Sociedad Matemática Española

Miércoles, 13 de abril
18:00 – 20:00h.
La importancia de los modelos multidimensionales en el campo de la epidemiología
Pedro Saavedra Santana
Catedrático de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Módulo 3: *La geometría y la historia de la matemática en la enseñanza secundaria*

Lunes, 11 de abril

16:00 21:00

Modelos visuales en la clase de matemáticas

Agustín Morales González y Mª Dolores Moreno Martel

Profesores Titulares de Escuela Universitaria de Didáctica de la Matemática, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Martes, 12 de abril

16:00 21:00

Geometría con papel (papiroflexia matemática)

Covadonga Blanco García y Teresa Otero Suárez

Profesora Titular de Escuela Universitaria, Universidad da Coruña y Catedrática de Enseñanza Secundaria, IES "Antonio Fraguas" de Santiago de Compostela

Viernes, 15 de abril

16:00 21:00

Los secretos geométricos en diseño y arquitectura

Claudi Alsina i Català

Catedrático de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universitat Politècnica de Catalunya

Martes, 19 de abril

16:00 21:00

La historia de las matemáticas en la enseñanza del análisis

Martin Kindt

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

Resúmenes de las conferencias

Matemáticas y robótica

Marta Sigut Saavedra
Profesora Asociada Doctora de Ingeniería de Sistemas y Automática
Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas,
Universidad de La Laguna

Resumen

Un robot es cualquier estructura mecánica que opera con un cierto grado de autonomía, bajo el control de un computador, para la realización de una tarea, y que dispone de un sistema sensorial más o menos evolucionado para obtener información de su entorno. Tradicionalmente la robótica se suele dividir en dos grandes áreas: la robótica de manipulación y la robótica móvil. La robótica de manipulación ha trascendido el campo industrial y junto con la robótica móvil ha dado lugar a infinidad de aplicaciones en áreas muy diversas, que van desde los robots quirúrgicos a los robots humanoides o las mascotas robóticas diseñadas y construidas por grandes multinacionales japonesas.

En esta conferencia nos centraremos en las herramientas matemáticas básicas que se utilizan en robótica. El problema más básico que debe resolverse es obtener un modelo geométrico de la estructura, que permita relacionar los grados de libertad (las variables generalizadas) con las coordenadas cartesianas de todos y cada uno de los puntos que constituyen el robot. Esto se conoce como el *problema cinemático directo*, y para robots típicos tiene una solución sencilla y universal. Sin embargo, debe observarse que el problema que aparece cuando se pretende posicionar un brazo robótico o una pierna de un humanoide es justo el inverso: se parte de posiciones cartesianas como valores de entrada y se deben encontrar los valores de las variables generalizadas. El *problema cinemático inverso* sólo puede resolverse de forma analítica en casos muy sencillos, y puede tener 0, 1, 2,... ó infinitas soluciones. En algunos casos particulares es posible hacer un planteamiento relativo basado en matrices jacobianas.

De forma general, el problema cinemático puede formularse como: *dado un conjunto arbitrario de restricciones cinemáticas entre sólidos, generar todas las configuraciones espaciales de estos sólidos que las satisfacen*. Cuando exista un número infinito de tales configuraciones deberá obtenerse una discretización completa del conjunto solución. Los sólidos son los elementos rígidos que integran el mecanismo de un robot, y las restricciones cinemáticas son las impuestas por sus bucles cinemáticos (secuencias cerradas de sólidos y articulaciones) y/o por restricciones de contacto con el entorno. La obtención de un método general para este propósito, sin limitaciones del tipo o cantidad de las restricciones impuestas, constituye todavía hoy un problema abierto de la robótica.

Debe observarse que el planteamiento cinemático no es válido cuando se pretende manipular objetos en movimiento. Es necesario entonces plantear modelos dinámicos donde

intervenga el tiempo. Las ecuaciones diferenciales que describen la dinámica de los robots son no lineales. Piénsese en el problema del péndulo invertido, que podría considerarse como un robot con un grado de libertad, donde es posible utilizar una aproximación lineal (en torno al punto de equilibrio). Esto supondría limitar el espacio de trabajo del robot, lo cual no es posible.

Debe también tenerse en cuenta que un robot debe moverse en tiempo real, por lo cual es necesario plantear soluciones de baja complejidad computacional. Esto hace, por ejemplo, que se prefiera la formulación de Newton-Euler antes que otras más elegantes como la lagrangiana. Como ejemplo de control de un robot se describirá la solución clásica basada en controladores PID y el control de perturbación adaptativa.

En último lugar, se mencionará asimismo la aplicación de la lógica difusa tanto a la robótica de manipulación como a la robótica móvil. La idea es disponer de una herramienta que permita relacionar las variables sensoriales con las variables de actuación cuando no se conocen relaciones analíticas. La lógica difusa obtiene relaciones numéricas entrada/salida a partir de sistemas basados en reglas. Frente a otros planteamientos, como las redes neuronales, permite realizar estudios de estabilidad de una manera relativamente sencilla, y por lo tanto definir las condiciones en las cuales no se producirá un mal funcionamiento del sistema.

Referencias

R.C. Arkin: *Behaviour based robotics*. MIT Press, 1997.

J. Canny: *The complexity of robot motion planning*. MIT Press, 1988.

J. Craig: *Introduction to robotics, mechanics and control*. Addison Wesley, 1985.

K.S. Fu, R.C. González, C.S.G. Lee: *Robótica: Control, detección, visión e inteligencia*. McGraw-Hill, 1988.

A. Ollero: *Robótica: Manipuladores y robots móviles*. Marcombo, 2001.

R.P. Paul: *Robot manipulators: Mathematics, programming and control*. MIT Press, 1982.

M.W. Spong, M. Vidyasagar: *Robot dynamics and control*. John Wiley and Sons, 1989.

La ingeniería en matemáticas

José M. Pacheco Castelao
Catedrático de Matemática Aplicada
Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

Se acepta generalmente que los estudios de ingeniería contengan una parte importante de matemáticas, debido a las aplicaciones y a la habilidad mental que desarrolla esta ciencia. Por tanto, se supone que las matemáticas son importantes para la ingeniería. Sin embargo, raras veces se plantea el problema al revés: ¿cuál es la importancia de la ingeniería en las matemáticas?

Esta visión es menos corriente, y en esta intervención se procurará descubrir que incluso en partes de las matemáticas más puras se pueden descubrir antepasados en la ingeniería. En nuestro caso concreto se estudiará cómo a partir de la máquina de vapor, tecnología del siglo XVIII, se puede llegar de modo natural hasta la teoría del caos y la geometría fractal.

Referencias

F. Arriaga: *Matemáticas e ingeniería*. Seminario "Orotava" de Historia de la Ciencia: "Matemáticas y Realidad" (1998) [no publicado].

R. Ball: *Control, stability, and bifurcations of complex dynamical systems*. Preprint, Australian National University Centre for Complex Systems (2003).

D. Bernstein: *Feedback control and the history of technology*. Preprint, Aerospace Engineering Department, University of Michigan (2001).

B. Gille: *Prolégomènes à une histoire des techniques*. Gallimard, Paris, 1978.

F. Fernández-Armesto: *Civilizaciones*. Taurus, Madrid, 2002.

I. Fernández, C. Hernández, J. Pacheco: Is the North Atlantic Oscillation just a pink noise? *Physica A*, **323** (2003), 705-716.

I. Fernández, J. Pacheco: On the role of engineering in mathematical development. *European Journal of Engineering Education* **30**, no. 1 (2005), 81-90.

I. Grattan-Guinnes: *The Fontana history of the mathematical sciences*. The Fontana Press, London, 1997.

J. Pacheco, I. Fernández: Flounders unlimited. *European Journal of Engineering Education* **27**, no. 4 (2002), 401-407.

L. Pontriaguin: *Équations différentielles ordinaries*. Mir, Moscú, 1969.

Modelización matemática de los mecanismos de orientación en los cetáceos

Carmelo Militello Militello
Catedrático de Física Aplicada
Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas,
Universidad de La Laguna

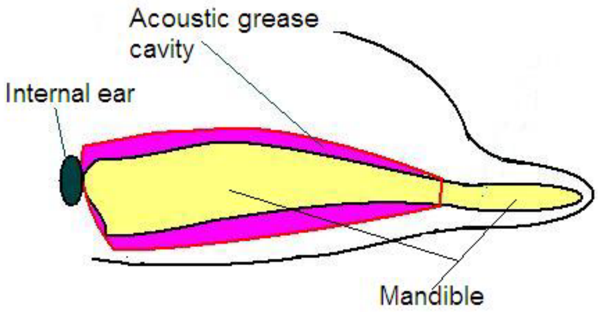
Resumen

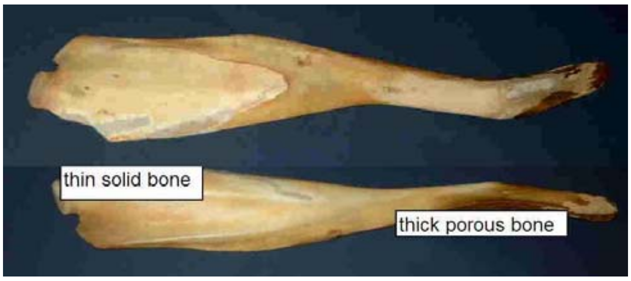
Durante el transcurso de tres maniobras militares de la NATO, en Grecia, Bahamas y Canarias, se produjo la muerte de una gran cantidad de cetáceos. En las playas de Fuerteventura aparecieron 12 individuos muertos. Sorprendentemente, a pesar de la riqueza de las aguas Canarias en cantidad y variedad de especies, han sido sólo los de la familia *ziphidae*, comúnmente denominados "zifios", los afectados por las maniobras. El problema no es sencillo, porque si las maniobras hubieran producido altos impactos acústicos, éstos deberían ser mortales independientemente de la especie, y debería encontrarse una mayor variedad de especies afectadas.

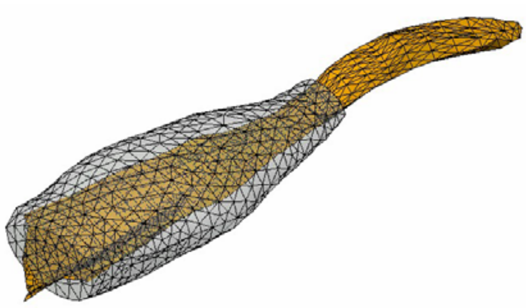
Parece ser que el motivo es más sutil. Un factor común de todas las maniobras ha sido la utilización de sonares activos de rango medio (3500 Hz). La vía de investigación emprendida por nuestro grupo ha sido localizar partes anatómicas de esta especie que puedan ser especialmente sensibles a esta frecuencia y que estén vinculadas al sistema auditivo. Para este estudio hemos tenido que transitar distintos caminos: reconstrucción computacional de la geometría del maxilar inferior de un zifio, determinación de las propiedades físicas de dicho hueso, examen anatómico de la cavidad que lo aloja para su correcto dimensionado, modelado geométrico de la cavidad, y modelado numérico de su comportamiento (método de los elementos finitos). Los resultados iniciales indican que ambas partes anatómicas presentan una alta sensibilidad a las frecuencias de emisión de los sonares. También indican la necesidad de realizar un análisis de acoplamiento entre el hueso del maxilar y el fluido que llena la cavidad que lo rodea. Debido a que los programas de elementos finitos comerciales no resuelven este problema en una forma que consideremos adecuada, hemos desarrollado nuestros propios elementos, basados en un principio variacional parametrizado.

En la conferencia veremos el desarrollo de esta investigación, los modelos numéricos que nos hemos visto obligados a implementar, y los resultados parciales. Por último, describiremos y presentaremos resultados de nuestros modelos experimentales del problema, donde se podrá claramente entender las ventajas que reporta un modelo matemático respecto de un modelo físico para este tipo de cuestiones.

Algunas de las imágenes que serán discutidas en la conferencia:







Reconocimientos

Los resultados que se expondrán en esta conferencia son fruto de una Investigación conjunta con Santiago Correa Vélez.

Referencias

Algunos sitios de interés

Sobre el efecto de bajas frecuencias:

B. Taylor, J. Barlow, R. Pitman, L. Ballance, T. Klinger, D. DeMaster, J. Hildebrand, J. Urban, D. Palacios, J. Mead: *A call for research to assess risk of acoustic impact on beaked whale populations*. IWC SC/56/E36, July 2004. [Disponible en http://www.awionline.org/whales/Noise/Taylor et al 2004.pdf].

Sobre la posible causa de muerte:

P.D. Jepson, M. Arbelo, R. Deaville, I.A.P. Patterson, P. Castro, J.R. Baker, E. Degollada, H.M. Ross, P. Herrez, A.M. Pocknell, F. Rodríguez, F.E. Howie, A. Espinosa, R.J. Reid, J.R. Jaber, V. Martin, A.A. Cunningham, A. Fernández: Gas-bubble lesions in stranded cetaceans. *Nature* **425** (2003), 575-576. [Disponible en http://www.awionline.org/whales/Noise/Nature Gas Bubble lesions.pdf].

Conclusiones del estudio anatomo-patológico de la Unidad de Anatomía Patológica de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria sobre el varamiento masivo de zifios en Fuerteventura y Lanzarote entre el 24 y el 27 de septiembre de 2002. [Disponible en http://www.gobcan.es/medioambiente/varamientos/informepatologia.pdf].

Estudios realizados en el caso de Bahamas

Joint interim report, Bahamas marine mammal stranding event of 15-16 March 2000. U.S. Department of Commerce, December 2001. [Disponible en http://www.nmfs.noaa.gov/prot_res/overview/Interim_Bahamas_Report.pdf].

Report of the Workshop on Acoustic Resonance as a Source of Tissue Trauma in Cetaceans, April 24 and 25, 2002, Silver Spring, MD. U.S. Department of Commerce, November 2002. [Disponible en http://www.nmfs.noaa.gov/pr/readingrm/MMSURTASS/Res_Wkshp_Rpt_Fin.PDF].

Poincaré, el último matemático universalista

José M. García Calcines
Profesor Asociado Doctor de Geometría y Topología
Departamento de Matemática Fundamental, Universidad de La Laguna

Resumen

Jules Henri Poincaré (1854-1912) es considerado como uno de los grandes genios de todos los tiempos. Era de aspecto delgado, miope, se concentraba en cualquier lugar, incluso en los tranvías; tenía una memoria portentosa. Su forma habitual de trabajar era resolver un problema completamente en su cabeza; una vez resuelto, escribía el artículo de un tirón. No sólo fue matemático, sino astrónomo y físico teórico. Sus aportaciones pertenecen a muchos campos: ecuaciones diferenciales, teoría general de funciones, cuestiones de álgebra, aritmética, teoría de grupos, topología, mecánica celeste, mecánica de fluidos, geodesia, física matemática, filosofía de las ciencias, enseñanza y divulgación. La lista de artículos de Poincaré se acerca a quinientos, sin incluir los muchos libros y notas de clase que publicó como producto de sus enseñanzas en la Sorbona. Difícilmente se hallará otra figura intelectual con semejante dominio de las varias ramas de la ciencia, extraordinariamente diversificada a principios del siglo XX. Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que Poincaré fue un matemático universalista.

Las contribuciones matemáticas fueron tan numerosas que es difícil resumirlas. Sin embargo, hay tres campos en los que culmina su obra más original y profunda. Tres campos que, en el fondo, han constituido auténticos programas de investigación para los matemáticos del siglo XX:

En primer lugar, es el creador de las funciones automorfas de una variable compleja (llamadas por él fuchsianas), y de su enlace con los modelos de las geometrías métricas no euclídeas, concretamente, con la geometría hiperbólica, así como con su relación con las curvas algebraicas. Esto le permitió descubrir funciones hasta ese momento desconocidas, como las zeta-fuchsianas, que además podían ser utilizadas, como demostró él mismo, para resolver ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden con coeficientes algebraicos.

En segundo lugar, en su trabajo en mecánica celeste. Oscar II, rey de Suecia y Noruega, inició una competición matemática en 1887 para celebrar su 60 aniversario en 1889. Poincaré ganó el premio por una memoria sobre el problema de los tres cuerpos en mecánica celeste, en la que hacía uso de ecuaciones variacionales y métodos innovadores, como los sistemas dinámicos. Cuando la memoria estuvo a punto de ser publicada se halló un error. Esto condujo a Poincaré al descubrimiento de la teoría del caos.

Finalmente, Poincaré también crea un nuevo campo del hacer matemático: la topología algebraica. En una serie de artículos titulada *Analysis Situs*, hace un estudio

sistemático sobre invariantes algebraicos en los espacios topológicos. Establece los fundamentos de la homología, dando con ello una definición precisa de los números de Betti; logra formular la homotopía, una medida nueva de la estructura topológica de los cuerpos; define el grupo fundamental, lo que le permite distinguir superficies, y establece su famosa conjetura: "Toda variedad cerrada de dimensión 3 simplemente conexa es homeomorfa a la 3-esfera". El mismo Poincaré no consiguió demostrarla; tampoco ninguno de sus contemporáneos ni sucesores. Con el tiempo, la conjetura cobró interés hasta convertirse en el problema abierto más notable de la topología, con destacables implicaciones para la física. Aún más, llegó a convertirse en uno de los problemas abiertos más importantes de la matemática. Un matemático ruso, Grigori Perelman, parece haberla resuelto. Actualmente, su trabajo está en proceso de revisión por muchos colegas y, si no hay sobresaltos, podrá reclamar el millón de dólares que ofrece como premio el Instituto Clay de Matemáticas.

Poincaré hace muchísimas más aportaciones, tanto en matemática pura como aplicada. Merece ser destacado que en el campo de la física matemática llegó a formular una teoría de la relatividad restringida en paralelo a Einstein, y se le considera, junto con éste y con Lorentz, cofundador de dicha teoría. Después de que Poincaré consiguiera fama y reputación como matemático, dedicó su extraordinario don literario al reto de describir para el público general el significado e importancia de la ciencia y de las matemáticas. Entre los trabajos populares de Poincaré caben destacar *Ciencia e hipótesis* (1901), *El valor de la ciencia* (1905) y *Ciencia y método* (1908).

Referencias

J. Milnor: Towards the Poincaré Conjecture and the classification of 3-manifolds, *Notices Amer. Math. Soc.* **50** (2003), 1226-1233.

H. Poincaré: *Ciencia e hipótesis*. Colección Austral, Espasa Calpe, 2002.

Clay Mathematics Institute: Millennium problems, http://www.claymath.org/millennium.

The Mactutor History of Mathematics Archive, http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Poincare.html.

Planetmath Encyclopedia, http://planetmath.org/encyclopedia/iep/p/poincare.htm.

Simulación numérica de campos de viento

Gustavo Montero García
Catedrático de Matemática Aplicada
Departamento de Matemáticas e Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes
y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

En la simulación numérica de campos de viento existen tres aspectos principales que caracterizan a un modelo y que, en definitiva, definirán la eficiencia del mismo.

En primer lugar, debemos ser capaces de generar mallas tridimensionales que se adapten a dominios definidos sobre una orografía irregular. Asimismo, necesitamos más concentración de puntos en las zonas cercanas al terreno, ya que es ahí donde mayor precisión es requerida habitualmente. Para ello hemos desarrollado un generador de mallas de tetraedros que parte de una discretización de la superficie del terreno obtenida mediante un algoritmo de refinamiento-desrefinamiento, a continuación genera una nube de puntos con una función de espaciado vertical y, finalmente, construye una malla de tetraedros utilizando una triangulación de Delaunay. En este proceso se produce eventualmente algún cruce de tetraedros o la construcción de elementos de baja calidad. Es necesario, por tanto, aplicar una técnica de desenredo y de suavizado. Se presenta aquí un algoritmo de desenredo y suavizado simultáneo de mallas que transforma elementos no válidos en aptos para la aplicación del método de elementos finitos y mejora de forma muy eficiente la calidad de los tetraedros.

En segundo lugar, nuestro modelo deber ser competitivo computacionalmente y orientado a problemas reales. Hemos optado por un modelo del tipo de masa consistente. Estos modelos nos permiten considerar el aire como un fluido incompresible y tienen en cuenta, además, las posibles medidas experimentales de velocidades de viento obtenidas en una red de estaciones meteorológicas y las características que definen la física de la atmósfera. La resolución de este modelo matemático se realiza mediante el método de elementos finitos. Para mejorar la solución en aquellas zonas donde alguna medida del error nos indique que es necesario, se ha desarrollado un algoritmo de refinamiento de tetraedros.

Finalmente, todo este proceso desemboca en la resolución de un sistema de ecuaciones lineales cuya matriz es simétrica definida positiva (SDP), de dimensión elevada y estructura hueca. Dado que la resolución de este sistema supone una gran parte del tiempo de computación de todo el modelo, es esencial aplicar técnicas muy eficientes que permitan llegar a la solución de tal forma que el modelo sea competitivo. Con las características de la matriz del sistema (SDP, grande y hueca), la elección de método está clara: el algoritmo del gradiente conjugado. Sin embargo, esta elección no es suficiente. Es necesario realizar un precondicionamiento del sistema para acelerar la convergencia. Esta mejora de la

convergencia se ve acentuada por el efecto de una reordenación previa del sistema sobre el comportamiento de los precondicionadores.

Para ilustrar el funcionamiento del modelo completo se ha incluido un experimento numérico localizado en la isla de Gran Canaria. Se estudia para este caso la generación de la malla, la construcción del modelo de viento y la resolución del sistema de ecuaciones resultante.

Reconocimientos

El contenido de esta conferencia es fruto de una investigación conjunta con E. Rodríguez, R. Montenegro, J.M. Escobar y J.M. González-Yuste.

Referencias

[1] **J.M. Escobar, E. Rodríguez, R. Montenegro, G. Montero, J.M. González-Yuste:** Simultaneous untangling and smoothing of tetrahedral meshes. *Computational Methods in Applied Mechanical Engineering* **192** (2003), 2775-2787.

[2] **E. Flórez, M.D. García, L. González, G. Montero:** The effect of orderings on sparse approximate inverse preconditioners for nonsymmetric problems. *Advances in Engineering Software* **33/7-10** (2002), 611-619.

[3] **J.M. González-Yuste, R. Montenegro, J.M. Escobar, G. Montero, E. Rodríguez:** Local refinement of 3-D triangulations using object-oriented methods. *Advances in Engineering Software* **35** (2004), 693-902.

[4] **R. Montenegro, J.M. Escobar, E. Rodríguez, G. Montero, J.M. González-Yuste:** Improved objective functions for tetrahedral mesh optimisation. *Lecture Notes in Computer Science* **2657** (2003), 568-578.

[5] **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.

[6] **G. Montero, L. González, E. Flórez, M.D. García, A. Suárez:** Approximate inverse computation using Frobenius inner product. *Numer. Linear Algebra Appl.* **9** (2002), 239-247.

[7] **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.

[8] **G. Montero, R. Montenegro, J.M. Escobar, E. Rodríguez:** *Resolution of sparse linear systems of equations: the RPK strategy*. En *Progress in Engineering Computational Technology*, Saxe-Coburg Publications, Stirling, Scotland (2004), pp. 81- 109.

[9] **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. *Advances in Engineering Software* **36** (2005), 3-10.

[10] **G. Montero, N. Sanín:** 3-D modelling of wind field adjustment using finite differences in a terrain conformal coordinate system. *J. Wind Eng. Ind. Aer.* **89** (2001), 471-488.

[11] **E. Rodríguez, G. Montero, R. Montenegro, J.M. Escobar, J.M. González-Yuste:**

Parameter estimation in a three-dimensional wind field model using genetic algorithms. *Lecture Notes in Computer Science* **2329** (2002), 950-959.

Análisis espectral de nanoestructuras en tejidos biológicos

Rodolfo H. Torres
Professor
Department of Mathematics, The University of Kansas (USA)

Resumen

Los colores azules y verdes en las aves y otros animales son producidos por la forma en que los rayos de luz interactúan con nano-estructuras en sus tejidos. El orden estructural presente puede ser medido utilizando una poderosa herramienta matemática llamada *análisis de Fourier*. Así como un prisma descompone un rayo de luz en un espectro de colores de distintas longitudes de onda, el análisis de Fourier resuelve los arreglos geométricos observados en imágenes de microscopio electrónico de los tejidos en componentes básicas que cuantifican orden y periodicidad. Mostraremos cómo el análisis de Fourier procesa las imágenes y descifra los colores de los pájaros.

Esta charla será accesible a una audiencia muy general y a todos aquellos que tengan curiosidad por conocer las matemáticas y la física que subyacen detrás de los hermosos colores encontrados en la naturaleza.

Referencias

Artículos

R.O. Prum, S.F. Andersson, R.H. Torres: Coherent scattering of ultraviolet light by avian feather barbs. *Auk* **120** (2003), 163-170.

R.O. Prum, J.A. Cole, R.H. Torres: Blue integumentary structural colours in dragonflies (Odonata) are not produced by incoherent Tyndall scattering. *Journal of Experimental Biology* **207** (2004), 3999-4009.

R.O. Prum, R.H. Torres: Azul de ave: un color estructural. *Investigación y Ciencia* **299** (2001), 36-37.

R.O. Prum, R.H. Torres: A Fourier tool for the analysis of coherent light scattering by bio-optical nanostructures. *Integrative and Comparative Biology* **43** (2003), 591-610.

R.O. Prum, R.H. Torres: Structural colouration of avian skin: Convergent evolution of coherently scattering dermal collagen arrays. *Journal of Experimental Biology* **206** (2003), 2409-2429.

R.O. Prum, R.H. Torres: Structural colouration of mammalian skin: Convergent evolution of coherently scattering dermal collagen arrays. *Journal of Experimental Biology* **207** (2004), 2157-2172.

R.O. Prum, R.H. Torres: Anatomically diverse butterfly scales produce structural colors by coherent scattering. *Remitido para publicación*.

R.O. Prum, R.H. Torres, C. Kovach, S. Williamson, S.M. Goodman: Coherent light scattering by nanostructured collagen arrays in the caruncles of the malagasy asities (Eurylaimidae: aves). *Journal of Experimental Biology* **202** (1999), 3507-3522.

R.O. Prum, R.H. Torres, S. Williamson, J. Dyck: Coherent light scattering by blue bird feather barbs. *Nature* **396** (1998), 28-29.

R.O. Prum, R.H. Torres, S. Williamson, J. Dyck: Two-dimensional Fourier analysis of the spongy medullary keratin of structurally coloured feather barbs. *Proceedings of the Royal Society, London: Biological Sciences (B)* **266** (1999), 13-22.

Libros

K. Nassau: *The physics and chemistry of color*. John Wiley and Sons, New York, 1983.

S.J. Williamson, H.Z. Cummins: *Light and color in nature and art*. John Wiley and Sons, New York, 1983.

G. Folland: *Fourier analysis and its applications*. Brooks/Cole, California, 1992.

W. Briggs, V.E. Henson: *The FFT*. SIAM, Philadelphia, 1995.

En Internet

The mathematics, nanostructure, and evolution of color-producing biological arrays, http://www.math.ku.edu/~torres/media.html.

Página académica de Richard O. Prum, http://www.eeb.yale.edu/prum/research.htm.

Blue, but not sky blue, http://jeb.biologists.org/cgi/content/full/206/14/2297.

Blue's clues, http://www.yalealumnimagazine.com/issues/2004_07/findings.html.

New York Times, http://www.nytimes.com/2004/07/20/science/20colo.html?

Scieng.net, http://www.scieng.net/zero/view.php?id=zine&no=304 [en coreano].

What's behind a blue behind? http://science.phy.ncu.edu.tw/science/news/news200406/news200406-06.htm [en chino].

Estabilidad de los sistemas planetarios

Manuel Vázquez Abeledo
Coordinador de Proyectos
Área de Investigación, Instituto de Astrofísica de Canarias

Resumen

El inicio de las Matemáticas está ligado a la Geometría. Uno de los primeros estudios se centró en las cónicas (elipse, parábola e hipérbola). Al mismo tiempo los astrónomos trataban de medir, con la mayor precisión posible, las posiciones y movimientos de los planetas conocidos con el objetivo de encajarlos en un modelo coherente del Universo.

El modelo heliocéntrico de Nicolás Copérnico permitió establecer un sistema de referencia realista, pero fue Johannes Kepler quien le dotó de la geometría adecuada. Finalmente, Isaac Newton estableció la causa física, la gravitación, de los movimientos planetarios.

El subsiguiente desarrollo del cálculo matemático permitió avanzar considerablemente en las predicciones de las posiciones de los diferentes astros del Sistema Solar. El descubrimiento del planeta Neptuno marcó un hito a este respecto. A principios del siglo XIX, Pierre Simon Laplace pensó que con las herramientas disponibles podría predecirse con total seguridad el futuro de un sistema planetario, idea que encajaba perfectamente con un modelo armónico de los cielos.

Ahora bien, las perturbaciones mutuas entre los diferentes planetas terminan creando desviaciones apreciables con respecto a la teoría. Es lo que se conoce como el *problema de los N-cuerpos*. Su estudio dio lugar al conocimiento de los procesos caóticos. Más que con algo armonioso nos encontramos con algo impredecible, especialmente cuando consideramos escalas temporales mayores de varios miles de años. Bajo esta perspectiva se describirán en la charla algunos aspectos interesantes de la dinámica de los sistemas planetarios como, por ejemplo, las resonancias.

En la actualidad se han descubierto unos 120 sistemas planetarios extrasolares. Sus extrañas características nos invitan a preguntarnos si nuestro Sistema Solar tiene alguna particularidad que le distingue de otros. A esta reflexión se dedicará la última parte de la conferencia.

Referencias

A. Gómez Roldán: *Historia de la Astronomía*. Acento Editorial, Madrid, 2002.

I. González Martínez-Pais: *Introducción a la mecánica celeste (formulación newtoniana).* Servicio de Publicaciones, Universidad de La Laguna, La Laguna, 2003.

C.D. Murray, S.F. Dermott: *Solar system dynamics*. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.

I. Prigogine: *Las leyes del caos*. Editorial Crítica, Barcelona, 1997.

La paradoja en la ciencia y el arte

Marta Macho Stadler
Profesora Contratada Doctora de Geometría y Topología
Departamento de Matemáticas, Universidad del País Vasco

Resumen

Etimológicamente "paradoja", $\pi\alpha\rho\alpha\delta o\xi\alpha$, significa "contrario a la opinión ($\delta o\xi\alpha$)", esto es, "contrario a la opinión recibida y común". Cicerón (*De fin.*, IV, 74) escribe: Haec $\pi\alpha\rho\alpha\delta o\xi\alpha$ illi, admirabilia dicamus, "lo que los ellos (los griegos) llaman $\pi\alpha\rho\alpha\delta o\xi\alpha$, lo llamamos nosotros *cosas que maravillan*". La paradoja maravilla porque propone algo que parece asombroso que pueda ser tal como se dice que es.

Diccionario de la Filosofía, José Ferrater Mora, Alianza, 1984

De los muchos tipos de paradojas que existen, en esta charla damos algunos ejemplos de los que aparecen en la vida cotidiana (paradojas semánticas, de la confirmación, de la vaguedad), en el mundo de la ciencia (paradojas lógicas, matemáticas, físicas) y en el ámbito del arte (paradojas visuales, epigramáticas, anamorfosis, ilusiones ópticas).

[...] Es tonto por su parte, pues sólo hay en el mundo una cosa peor que el que hablen de uno, y es que no hablen [...]

El retrato de Dorian Gray, Oscar Wilde, 1890

Referencias

G.W. Erickson, J.A. Fossa: *Dictionary of paradox*. University Press of America, Lanham, MD, 1998.

N. Falleta: *The Paradoxicon*. John Wiley and Sons, New York, 1990.

M. Gardner: *¡Ajá! Paradojas que hacen pensar*. Labor, Barcelona, 1983.

A. Seckel: *The Great Book of Optical Illusions*. Firefly Books, Toronto, 2002.

S. Wagon: *The Banach-Tarski paradox*. Cambridge University Press, New York, 1993.

Art of Anamorphosis, http://www.anamorphosis.com.

Ilusiones ópticas, http://www.psicoactiva.com/ilusion.htm.

En busca de la cuarta dimensión

Raúl Ibáñez Torres
Profesor Titular de Geometría y Topología
Departamento de Matemáticas, Universidad del País Vasco
Presidente de la Comisión de Divulgación de la Real Sociedad Matemática Española

Resumen

A finales del siglo XIX la sociedad quedó fascinada por la posibilidad de existencia de dimensiones superiores a nuestra propia dimensión tres. Esta charla trata de introducir al oyente a la cuarta dimensión según la entendieron en aquella época. En la primera parte, hablaremos de una novela que ha contribuido enormemente a la divulgación de este tópico, *Flatland*. A continuación, veremos como la sociedad se vio influenciada por estas ideas: física, filosofía, arte moderno, religión,... Finalmente, abordaremos la visualización de objetos cuatro-dimensionales.

Planilandia, una novela de muchas dimensiones (E. Abbott), es la historia de un cuadrado que vive en un mundo de dos dimensiones y realiza un viaje a una dimensión inferior y otro a una dimensión superior. Este es un libro de ciencia ficción, no científico, que desde su publicación ha cautivado fuertemente a científicos y no científicos, arrastrando a sus lectores hacia el tema de la cuarta dimensión (o de las dimensiones superiores). Abbott vió claramente cómo esta idea, además de tener su propio atractivo, le podía servir para hablar metafóricamente sobre cuestiones teológicas (Dios, Fe, Escrituras,...) y sobre el mundo jerárquico de la Inglaterra victoriana.

En el siglo XIX se produjo una revolución dentro de la geometría, como consecuencia de la aparición de las geometrías no euclídeas y de una nueva perspectiva en el estudio de las superficies y de los espacios geométricos multidimensionales. Tras los trabajos de Lobachevsky y Bolyai, de una parte, y Gauss y Riemann, de otra, sus ideas empezaron a hacerse familiares para los matemáticos y científicos de la época, quienes, además de desarrollar su estudio, las hicieron llegar a la sociedad. Gracias al esfuerzo de matemáticos como Helmholz y a otros personajes no matemáticos, como Abbott o Hinton, éstas se hicieron muy populares.

La cuarta dimensión permitió a la sociedad de finales del siglo XIX y principios del XX reflexionar sobre las ideas establecidas y dar salida a sus nuevas inquietudes. En filosofía, tras la insatisfacción del materialismo y del positivismo, la cuarta dimensión contribuyó a dar lugar a un sistema filosófico idealista e incluso místico, como el descrito por el inglés C.H. Hinton. En teología, la cuarta dimensión se convirtió en un argumento utilizado en la comprensión de Dios y su relación con el hombre y el mundo en que vivimos. Los espiritistas lo utilizaron como residencia de espíritus y justificación de fenómenos paranormales. Todo el arte del siglo XX se vio influenciado por la nueva concepción del espacio; en particular, los cubistas querían romper con la perspectiva renacentista, marcada por la visión-proyección de un ojo tridimensional, y la cuarta dimensión justificó esta ruptura. En general, la cuarta dimensión se manifestó en todo tipo de expresión artística, como reflejo de la sociedad que es (música, literatura,...). Durante la primera mitad del siglo XX tomó fuerza la idea del tiempo como la cuarta dimensión, dando lugar al espacio-tiempo, ya sea estático o relativista.

Una de las preocupaciones de finales del siglo XIX fue el problema de la visualización de la cuarta dimensión, en particular, de su objeto más sencillo, el hipercubo. Con este objetivo, utilizaremos técnicas para reducir la dimensión, como son la proyección, el corte en rodajas y el despliegue, y las analizaremos haciendo uso de la analogía dimensional.

Referencias

E. Abbott: *Flatland, a romance of many dimensions* (1884). [*Planilandia, una novela de muchas dimensiones*. Traducción española de J.M. Alvarez Flórez. J.J. de Olañeta Editor, Palma de Mallorca, 1999].

T. Banchoff: *Beyond the third dimension* (2nd ed.). Scientific American Library, W.H. Freeman and Co., New York, 1990.

L.D. Henderson: *The fourth dimension and non-Euclidean geometry in modern art*. Princeton University Press, Princeton, 1983.

R. Rucker: *Geometry, relativity and the fourth dimension*. Dover, New York, 1977.

R. Rucker: *The fourth dimension, a guided tour of the higher universes*. Houghton Mifflin Co., Boston, 1984.

Connections between modern physics and modern art in the works of Salvador Dalí and Pablo Picasso, http://www.physics.wm.edu/~larsen/monroe.html.

sctm05
sociedad, ciencia, tecnología y matemáticas 2005

La importancia de los modelos multidimensionales en el campo de la epidemiología

Pedro Saavedra Santana
Catedrático de Estadística e Investigación Operativa
Departamento de Matemáticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Resumen

Dentro de los objetivos de los estudios epidemiólogicos, se analiza el problema de establecer la asociación entre una enfermedad y sus posibles causas. Se estudia en primer término la asociación de una exposición y su posible consecuencia a través de los modelos de regresión simple. Se comparan los modelos lineales con los no paramétricos, y dentro de estos últimos se presentan los estimadores de núcleo y los splines cúbicos. A partir del problema de la confusión se valora la importancia de los modelos multidimensionales, a través de los cuales se determinan conjuntos de factores que se asocian de forma independiente con la variable de estudio (*outcome*) y se comparan los parámetros de interés mediante el ajuste por los factores de confusión. Como alternativa a los modelos lineales tradicionales, se analiza la ventaja de los aditivos generalizados. Se estudian algunas propiedades fundamentales de los estimadores de estos modelos. También se muestra la ventaja de éstos mediante estudios de simulación. Finalmente, se aplican los procedimientos utilizados en un gran estudio de diabetes mellitus tipo 2 realizado en Gran Canaria. Los análisis de datos se efectúan utilizando el paquete R, versión 1.9.

Referencias

M. Boronat, V.F. Varillas, P. Saavedra, V. Suárez, E. Bosch, A. Carrillo, F.J. Novoa: Diabetes mellitus and impaired glucose regulation in the Canary Islands (Spain): prevalence and associated factors in the adult population of Telde, Gran Canaria. *Diabetic Medicine* (2005) [aceptado].

M.J. Campbell, D. Machin: *Medical statistics* (2nd ed.). Wiley, Chichester, 1993.

W. Härdle: *Smoothing techniques. With implementation in S*. Springer-Verlag, New York, 1991.

T.J. Hastie, R.J. Tibshirani: *Generalized additive models*. Chapman and Hall, New York, 1990.

T.J. Hastie, R.J. Tibshirani, J. Friedman: *The elements of statistical learning: Data, inference and prediction*. Springer-Verlag, New York, 2001.

D.W. Hosmer, S. Lemeshow: *Applied logistic regression* (2nd ed.). Wiley, New York, 2000.

D. Peña Sánchez de Rivera: *Estadística: modelos y métodos*. Alianza Universidad Textos, Madrid, 1987.

J. del Rey Calero: *Método epidemiológico y salud de la comunidad*. Interamericana McGraw-Hill, Madrid, 1989.

S. Word, N. Augustin: GAMs with integrated model selection using penalized regression splines and applications to environmental modelling. *Preprint* (2002).