

SESIONES ESPECIALES

Congreso RSME 2013



S15

Biomatemáticas

Mie 23, 11:00 - 11:50, Aula 2 — Tomás Alarcón Cor:

From invasion to latency: Intracellular noise and cell motility as key controls of the competition between resource-limited cellular populations

Mie 23, 11:50 - 12:40, Aula 2 — Juan Calvo Yagüe:

Some families of singular traveling waves as solutions to certain non-linear reaction-diffusion equations

Mie 23, 12:40 - 13:30, Aula 2 — Juan José, Nieto Muñoz:

Modelos de Fokker-Planck para la ruptura de ADN

Mie 23, 17:00 - 17:50, Aula 2 — Andrei Martínez Finkelshtein:

La matemática está en el ojo del observador

Mie 23, 17:50 - 18:40, Aula 2 — Miguel Angel Herrero García:

Comportamientos emergentes durante la respuesta inmunológica

Mie 23, 18:40 - 19:30, Aula 2 — José Carlos Antoranz Callejo:

¿Simples conceptos de la física y las matemáticas de los procesos oncológicos?

From invasion to latency: Intracellular noise and cell motility as key controls of the competition between resource-limited cellular populations

Tomás Alarcón¹

In this paper we analyse stochastic models of the competition between resource-limited cell populations with different response strategies: A resident population characterised by a switch-like response curve and a mutant population whose cells exhibit a bistable response. We explore the role of noise in intracellular regulatory pathways and cell motility as controlling factors, key to the fate of the incumbent and invading populations. We first focus on spatially homogeneous system and study in detail the role of intracellular noise. In well-stirred systems we show that there exist two distinct regimes as far as the ability of the mutant population to invade the resident population is concerned. In the low (intracellular) noise limit, we show that the mutant has the ability to take over and invade the resident population. To the contrary, in the high noise the competition between both populations is shown to be neutral and, in accordance to the neutral evolution theory, invasion is a random event. Careful examination of the dynamics of the system allows us to conclude that (i) even if the mutant is not able to invade, the survival time distribution, $P_S(t)$, has a fat-tail behaviour: $P_S(t) \sim t^{-1}$, which implies that small colonies of mutants can survive in coexistence with the resident for arbitrarily long times, and (ii) the bistable structure of the mutant population increases the stability of the latent populations, and thus increasing their long-term survival likelihood, by decreasing the intensity of the noise at the population level. The introduction of spatial inhomogeneity leads to very interesting results. In the low noise limit we find that the mutant to have a positive cell motility is necessary for the mutant to invade. Furthermore, we find that cell motility is positively correlated with the aggressiveness of the mutant.

This work has been done in collaboration with Pilar Guerrero (CRM), Helen M. Byrne (OCCAM & CompBio, Oxford) and Philip K. Maini (CMB & OCSB, Oxford).

¹Centre de Recerca Matemàtica
Edifici C, Campus de Bellaterra
08193 Bellaterra (Barcelona)
talarcon@crm.cat

Some families of singular traveling waves as solutions to certain non-linear reaction-diffusion equations

Juan Calvo¹, Juan Campos², Vicent Caselles¹, Óscar Sánchez², Juan Soler²

We present the analysis of traveling wave solutions to some nonlinear flux limited reaction-diffusion equations, in which the reaction term is of Fisher–Kolmogorov type. It is found that for wave speeds high enough there exist classical traveling wave solutions to these models, but as the wave velocity lowers we get a structural bifurcation into discontinuous traveling waves that are reminiscent of hyperbolic shock waves. These particular solutions may be relevant in biological contexts as they provide models by which the whole solution (and not just the bulk of it, as it is the case with classical traveling waves) spreads through with finite speed.

Keywords: Traveling Waves, Reaction-Diffusion, Flux Limitation, Shock Waves, Rankine–Hugoniot Condition, Entropy Solutions, Planar Dynamical Systems

MSC 2010: 35K57, 35K67, 70Kxx, 37Dxx, 37D50

¹Dept. de Tecnologies de la Informació i les Comunicacions
Universitat Pompeu Fabra
C. Tànger 122-140, 08018 Barcelona
juan.calvo@upf.edu, vicent.caselles@upf.edu

²Departamento de Matemática Aplicada
Universidad de Granada
Avda. Fuentenueva s/n, 18071 Granada
campos@ugr.es, ossanche@ugr.es, jsoler@ugr.es

Modelos de Fokker–Planck para la ruptura de ADN^{*}

Juanjo Nieto¹, Juan Calvo², Juan Soler¹, M. Ofelia Vázquez³

En este trabajo analizamos un modelo no lineal de tipo Fokker–Planck que aparece al modelar el fenómeno mecánico de separación de la doble hélice de una molécula de ADN bajo la influencia de una fuerza que actúa sobre una de sus dos cadenas mientras la otra permanece sujeta (véase [1]). La función incógnita, que depende del número de pares de bases m , la energía libre E y la función de partición Z , describe la probabilidad de que exactamente m pares de bases se separen. La ecuación de Fokker–Planck obtenida no es estándar debido al término de transporte y al acoplamiento entre la fuerza aplicada y la propia incógnita. Para estudiar el buen planteamiento de este modelo requeriremos una combinación no usual de técnicas, mezclando las típicas en ecuaciones cinéticas de segundo orden con argumentos de compacidad por compensación propios de leyes de conservación hiperbólicas.

Keywords: Modelos de ADN, Ecuaciones de Fokker–Planck no lineales, Teoría Cinética, Compacidad por Compensación.

MSC 2010: 35Q92, 92D20, 92B05, 35A01, 35A02, 35K55

Referencias

- [1] D.K. LUBENSKY, D.R. NELSON, Pulling Pinned Polymers and Unzipping DNA, *Physical Review Letters*, **85**(7), 1572–1575 (2000).

¹Departamento de Matemática Aplicada
Universidad de Granada
18071 Granada
jjmnieto@ugr.es y jsoler@ugr.es

²Dept. de Technologies de la Informació i les Comunicacions
Universitat Pompeu Fabra
C/ Tànger 122-140, 08018 Barcelona
juan.calvo@upf.edu

^{*}Partially supported by MICINN (Spain), project MTM2011-23384.

³Instituto de Matemáticas Aplicadas
Universidad de Cartagena
Cartagena, Colombia
mvasqueza@unicartagena.edu.co

La matemática está en el ojo del observador

Andrei Martínez-Finkelshtein¹, Darío Ramos-López², Gracia M.
Castro-Luna³, Jorge L. Alió⁴

El análisis de imágenes médicas se nutre de los avances en la aproximación constructiva, polinomios ortogonales, análisis armónico y numérico, estadística y otras ramas de la matemática. Al mismo tiempo, las necesidades de las tecnologías diagnósticas en la medicina plantean nuevos retos matemáticos. En esta charla vamos a destacar algunos problemas, en especial relacionados con la teoría de aproximación, que han surgido durante nuestra colaboración entre matemáticos y oftalmólogos en el estudio de ciertas patologías de la cornea humana.

Keywords: Mathematical modeling in ophthalmology, RBF functions, surface fitting, corneal topography, medical imaging

MSC 2010: 41A45, 65D15, 92C50

Referencias

- [1] A. MARTÍNEZ-FINKELSHEIN, A. M. DELGADO, G. M. CASTRO, A. ZARZO AND J. L. ALIÓ. Comparative Analysis of Some Modal Reconstruction Methods of the Shape of the Cornea from Corneal Elevation Data. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* **50**(12), 5639–5645, 2009.
- [2] A. MARTÍNEZ-FINKELSHEIN, D. RAMOS-LÓPEZ, G. M. CASTRO-LUNA, J. L. ALIÓ. Adaptive cornea modeling from keratometric data. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* **52** (8), 4963–4970, 2011.
- [3] D. RAMOS-LÓPEZ, A. MARTÍNEZ-FINKELSHEIN, G. M. CASTRO-LUNA, D. PIÑERO, J. L. ALIÓ. Placido-Based Indices of Corneal Irregularity. *Optometry and Vision Science* **88** (10), 1220–1231, 2011.

¹Departamento de Matemáticas
Universidad de Almería
Ctra. Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano, Almería;
Instituto Carlos I de Física Teórica y Computacional,
Universidad de Granada, Spain
andrei@ual.es

²Departamento de Matemáticas
Universidad de Almería
Ctra. Sacramento s/n, La Cañada de San Urbano,
Almería, Spain
dariorl@gmail.com

³Corporación Oftalmológica Vissum Almería, Spain
graciacl@vissum.com

⁴Corporación Oftalmológica Vissum Alicante, Spain
jlalio@vissum.com

Congreso de la Real Sociedad Matemática Española
Santiago de Compostela, 21–25 enero 2013

Comportamientos emergentes durante la respuesta inmunológica

M. A. Herrero¹

En esta presentación expondremos un modelo de algoritmo celular capaz de reproducir algunos aspectos básicos del comportamiento de los linfocitos T en respuesta a una infección aguda. En concreto, describiremos el modo en que el mecanismo propuesto permite explicar procesos como la contracción clonal y la emergencia de memoria a partir de la decisión individual entre apoptosis y replicación tomada por cada linfocito.

¹Departamento de Matemática Aplicada
Universidad Complutense
Facultad de Matemáticas, 28040 Madrid
herrero@mat.ucm.es

¿Simples conceptos de la física y las matemáticas de los procesos oncológicos?

J.C. Antoranz¹

La planificación de tratamientos oncológicos, a los que se somete a los pacientes, necesita de un cuidadoso estudio tanto desde el punto de vista físico por la alta complejidad de la interacción radiación-materia como desde el punto de vista matemático por los tediosos y difíciles cálculos necesarios para programar las sesiones periódicas de radiación, días, semanas, etc. ¿Qué puede entonces aportar un matemático o un físico a la oncología más allá de esta planificación de tratamientos radioterápicos? ¿Hay todavía espacio para modelos teóricos que, por medio de conceptos nuevos, describan el comportamiento de los diferentes tumores o de sus tratamientos? ¿Pueden ser útiles a un oncólogo o a un gestor hospitalario estos modelos? A título de ejemplo, ¿se puede hacer uso de la física estadística, para predecir el complejo efecto de no importa qué radiación sobre un conjunto de células? o, ¿se pueden aplicar unas matemáticas simples para optimizar los escasos recursos actuales de los servicios de radioterapia? La respuesta es afirmativa y se basa en un conocimiento “paso bajo” de las evoluciones de los tumores y una estadística nacida para modelar los sistemas no extensivos, así como en una estrecha relación entre médicos y científicos, de las ramas más duras de la ciencia, para interpretar y comparar estas teorías con datos reales obtenidos de conjuntos de experimentos o pacientes.

Keywords: Sistemas dinámicos, Entropía de Tsallis, Oncología

MSC 2010: 97M60, 03H10, 46N55, 92C05

¹Departamento Física Matemática y de Fluidos
Universidad Nacional de Educación a Distancia
Calle Paseo de la Senda del Rey 9, 28040 Madrid
jcantoranz@dfmf.uned.es