

Simposio de

Ciencias de la Vida

Inducción por choque térmico en una población de osciladores genéticos: modelos y experimentos

O. de Luis¹, A. Izquierdo¹, A. Wagemakers², J. M. Buldú³,
A. Coloma¹ y M. A. F. Sanjuán²

¹ Área de Bioquímica y Biología Molecular, Universidad Rey Juan Carlos, 28922 Alcorcón, Madrid.

² Grupo de Dinámica No Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos, Departamento de Física, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid; alexandre.wagemakers@urjc.es.

³ Complex Systems Group, Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid.

En esta comunicación proponemos la respuesta celular al choque térmico como método para inducir oscilaciones sincronizadas en una población de osciladores genéticos conocidos como represiladores. Este tipo de oscilador, hospedado en la bacteria *E. coli*, presenta oscilaciones autónomas e independientes del ciclo celular y que son observables a nivel poblacional mediante la detección de emisión de fluorescencia por la proteína amarilla fluorescente (YFP) producida por el represilador. Las bacterias sometidas a un choque térmico de 50°C y de una duración de entre 30 y 60 minutos muestran oscilaciones a nivel poblacional bajo las condiciones experimentales adecuadas. Entre los parámetros de control que hemos analizados se encuentran la temperatura de incubación y densidad del cultivo bacteriano, la duración del choque térmico y su temperatura. Por otro lado, hemos comparado este tipo de forzamiento con el inducido por IPTG, mostrando que el forzamiento térmico es mucho más eficaz que el químico.

Con el fin de comprender la dinámica observada experimentalmente, hemos desarrollado un modelo matemático que describe la dinámica de una población de represiladores sometidos a forzamiento térmico. El modelo, inspirado en el propuesto originalmente por [1] ha sido modificado para incluir los procesos de división celular y reflejar la influencia del crecimiento de la población en las oscilaciones globales. El modelo reproduce de manera satisfactoria los resultados obtenidos en el laboratorio donde el nivel de fluorescencia registrado mediante un escáner nos indica la dinámica oscilante de la población. En la Figura 1 mostramos un ejemplo de correspondencia entre experimentos y simulaciones numéricas. Las principales características dinámicas del sistema están recogidas en el modelo, es decir, las oscilaciones periódicas y el incremento de la fluorescencia debido al crecimiento celular.

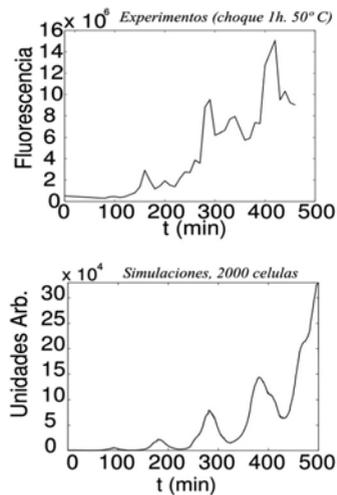


Figura 1. Experimentos en laboratorio (arriba) y simulaciones numéricas (abajo).

Referencias

[1] M.B. Elowitz and S. Leibler, Nature 403, 335 (2000).

Modelización mediante leyes de potencia en Biología

Benito Hernández Bermejo

Grupo de Dinámica No Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos, Departamento de Física, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid, benito.hernandez@urjc.es.

En esta comunicación se tratará la modelización de sistemas no lineales en Biología en el ámbito del denominado Formalismo de Leyes de Potencias. El mismo presenta una gran generalidad y potencia en virtud de las cuales es posible modelar sistemas poblacionales, bioquímicos, redes genéticas, etc. en un ámbito común de modelado. Este formalismo, que fue desarrollado inicialmente por Savageau y colaboradores [1,2] en los años 70 del siglo pasado, procede a partir de una integración de las interacciones no lineales seguida de su aproximación en términos de leyes de potencias. El resultado es un tipo de sistemas no lineales cuyas tasas son todas de esta forma funcional. Ello permite construir modelos de una forma estructural única pero muy precisos, gracias a los cuales es posible desarrollar multitud de aplicaciones para el modelado en términos de funciones de velocidad (tales como tasas metabólicas) así como de series temporales. Ello permite un modelado de precisión para la simulación dinámica, estudio de propiedades estacionarias, análisis de sensibilidades, estudio de principios de diseño, etc. En esta comunicación se van a describir la historia, evolución, aplicaciones y perspectivas abiertas en el ámbito del Formalismo de Leyes de Potencias en el ámbito de la modelización biológica.

Referencias

- [1] M. A. Savageau: Biochemical systems análisis: a study of function and design in molecular biology. Addison-Wesley (1976).
- [2] E. O. Voit (Ed.): Canonical nonlinear modeling: S-system approach to understanding complexity. Van Nostrand Reinhold (1991).

Niveles modernos de radiocarbono en anillos de árboles en la zona noreste de México

F. J. Santos-Arévalo¹, I. Gómez-Martínez¹, L. E. Beramendi-Orosco²,
G. González-Hernández³, J. Villanueva-Díaz⁴, E. Cienfuegos²,
P. Morales² y J. Urrutia-Fucugauchi³

¹ Centro Nacional de Aceleradores, Avd/ Tomás Alba Edison 7, 41092, Sevilla, España. (fsantos@us.es).

² Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F. 04510, México.

³ Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México D.F. 04510, México.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CENID-RASPA, Gómez Palacio, Durango, 35140, México.

La técnica de datación por radiocarbono está ampliamente reconocida por la comunidad científica como una herramienta muy útil para obtener edades absolutas de materiales de origen orgánico, y en cierto modo fue la principal impulsora de la técnica de Espectrometría de Masas con Aceleradores (AMS), que permite el análisis de las muestras utilizando cantidades muy inferiores de material y con tiempos de análisis muy reducidos. El desarrollo del AMS hacia sistemas compactos que utilizan energías muy inferiores a los originales ha permitido la aparición de nuevas instalaciones de AMS en el mundo, incluida la primera instalación española, en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA) [1]. Además de datación, la técnica de AMS ha permitido realizar numerosos avances en trabajos ambientales.

Los niveles de radiocarbono de dos secuencias de anillos de árboles de la zona noreste de México han sido analizados mediante AMS y Centelleo Líquido (LSC). Las secuencias corresponden a muestras del periodo 1940-2004, y han sido tomadas en una zona aislada de centros urbanos e industriales, así como de volcanes activos (26.18°N, 106.3°O, 2,900 m.s.n.m.). El objetivo del estudio es conocer la variación de la señal de radiocarbono en la región y realizar una comparación con las zonas 2 y 3 del hemisferio norte propuestas por Hua y Barbetti [2].

Para el estudio se ha usado la madera de los anillos anuales de dos secuencias distintas de la especie *Pseudotsuga menziesii* (Abeto de Douglas), dendrocronológicamente datadas. Para las muestras analizadas en el CNA se ha utilizado la madera tardía de los anillos de los años 1955-1965, además de los años 1950, 1970, 1975, 1980, 1990, 2000 y 2004. Las muestras analizadas por LSC en la UNAM corresponden a la madera global de cuatro anillos consecutivos, mezclando ambas secuencias, para obtener suficiente muestra para proceder al análisis.

Los resultados obtenidos muestran un perfil muy similar a los publicados para el hemisferio norte, especialmente con las zonas 2 y 3, para las que muestra unos coeficientes de correlación de $r = 0.989$ y $r = 0.994$ respectivamente. El valor máximo está centrado en el año 1964.5, con un valor de $F_m = 1.7252 \pm 0.0093$, mientras que el valor previo a los tests nucleares, correspondiente al año 1950, es de $F_m = 0.9839 \pm 0.0030$. El valor de las muestras más modernas es ligeramente superior al valor prenuclear, obteniendo para el año 2004 un valor de $F_m = 1.0791 \pm 0.0056$, por lo que no se ha recuperado todavía el valor existente antes de estos tests.

Los valores obtenidos para el periodo 1955-1970 son menores que los publicados para la zona 2 en un 30.4 ‰ en promedio, y mayores que los de la zona 3 en un 25.9 ‰ en promedio. Para el periodo comprendido entre 1970-2004 los valores obtenidos son mayores que los publicados para el hemisferio norte, con una diferencia promedio del 23 ‰, lo que sugiere que

las emisiones de CO_2 a partir de combustibles fósiles son algo menores en la zona de muestreo que en las zonas a partir de las que se han obtenido los datos para las curvas publicadas. Tiene especial interés el hecho de que los valores de F_m encontrados en este estudio son más cercanos a los que se encuentran en la zona 3 a pesar de que México está incluido en la zona 2 propuesta por Hua y Barbetti [2].

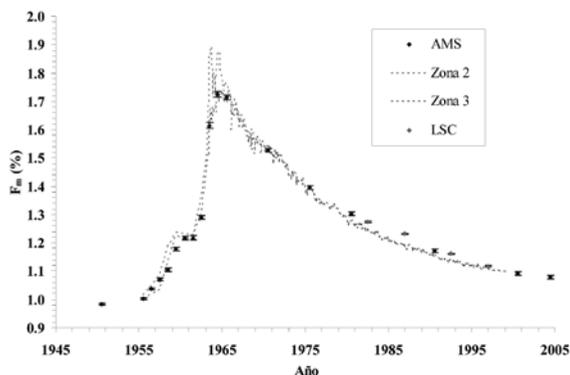


Figura 1. Comparativa entre los resultados obtenidos por AMS y LSC para anillos de árboles en México y los obtenidos por Hua y Barbetti.

Referencias

- [1] E. Chamizo, J.M. López-Gutiérrez, A. Ruiz-Gómez, F.J. Santos, M. García-León, C. Maden, V. Alfi-mov, Nuclear Instruments and Methods B, Vol 266, 2217, (2008).
- [2] Q. Hua, M. Barbetti, Radiocarbon, Vol 46, Nr 3, 1273 (2004).

Control por la fase y sincronización en neuronas desacopladas

J. M. Seoane¹, S. Zambrano¹, I. P. Mariño¹, M. A. F. Sanjuán¹, A. Geltrude²,
S. Euzzor², R. Meucci² y F. T. Arecchi²

¹ Grupo de Dinámica No Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos, Departamento de Física, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid; jesus.seoane@urjc.es.

² CNR-Istituto Nazionale di Ottica Applicata, 50125 Firenze, Italy.

En esta ponencia presentamos un estudio de sistemas excitables, poniendo énfasis en algunos aspectos relacionados con el control y la sincronización de los mismos. Los sistemas excitables son de gran relevancia en Dinámica Neuronal por lo que el control y la sincronización de los mismos pueden tener aplicaciones importantes y variadas. Para realizar un estudio numérico de los mismos tomaremos como prototipo el modelo neuronal periódicamente forzado de FitzHugh-Nagumo (FHN), el cual presenta dinámica de disparos en regímenes periódicos o caóticos. La técnica del control por la fase [1] consiste en la aplicación de una perturbación armónica que presenta una diferencia de fase ϕ con el forzamiento externo, el cual podemos ajustar para buscar los diferentes comportamientos de la dinámica del modelo del FHN. Comparando los resultados numéricos con las medidas experimentales realizadas al implementar un circuito electrónico que simula la dinámica de nuestro modelo del FHN, obtenemos, en ambos casos, resultados similares [2]. Por otro lado, también realizamos un estudio del fenómeno de sincronización, inducido por ruido externo común, en neuronas desacopladas. Para este propósito usamos como prototipo dos modelos idénticos del sistema de FHN en presencia de ruido blanco y ruido coloreado. Los resultados obtenidos muestran, tanto numérica como experimentalmente, una mejor sincronización entre las neuronas desacopladas a medida que la intensidad del ruido común aumenta [3]. Finalmente, esperamos que el trabajo realizado pueda ser de utilidad para una mejor comprensión de la Dinámica Neuronal y de los fenómenos de Sincronización.

Referencias

- [1] S. Zambrano, E. Allaria, S. B. Brugioni, I. Leyva, R. Meucci, M.A.F. Sanjuán, and F. T. Arecchi, *Chaos* 16, 013111 (2006).
- [2] S. Zambrano, J. M. Seoane, Inés P. Mariño, M. A. F. Sanjuán, S. Euzzor, R. Meucci, and F.T. Arecchi, *New Journal of Physics* 9, 073030 (2008).
- [3] S. Zambrano, I. P. Mariño, J. M. Seoane, Miguel A. F. Sanjuán, A. Geltrude, S. Euzzor, R. Meucci, and F.T. Arecchi, *Phys. Rev. E* (En revisión).

Resonancia en el sistema cardiovascular durante la práctica de meditación Zen: un análisis tiempo–frecuencia

Peressutti C.¹, Martín-González J. M.² y García-Manso, J. M.¹

¹ Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017.

² Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Edif. Ciencias Básicas, 35017; jmartin@dfis.ulpgc.es.

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) ha demostrado ser una buena medida indirecta de la actividad del sistema nervioso autónomo. También, recientemente ha aumentado el interés en estudiar como las técnicas de meditación pueden afectar a dicha variabilidad [1–6].

En este trabajo tratamos de entender mejor los mecanismos que afectan a la VFC en meditación Zen, en particular los fenómenos de acoplamiento y resonancia entre los diferentes ritmos cardiovasculares. Para ello nos hemos centrado en la tradición Soto/Zen ya que no utiliza ningún método externo para alcanzar el estado meditativo, siendo el ritmo respiratorio y su profundidad determinados sólo por el propio proceso respiratorio. Han participado en este trabajo 19 sujetos con diferentes grados de experiencia y todos ellos con buen estado de salud.

Las medidas se realizaron con el cardiotaquímetro *Polar S810i* (*Polar Electro Oy, Kempele, Finland*), para minimizar las posibles perturbaciones en el proceso de meditación, en los lugares donde los participantes realizan su práctica, a la hora en que esta se realiza y procurando respetar al máximo los condicionantes externos. En algunos casos especiales se tomaron medidas simultáneas de la VFC y de la respiración usando el equipo multifunción *I-330-C2 + (J&J Engineering, Incorporated, Poulsbo, USA)*.

Los datos erróneos se eliminaron manualmente, y las series temporales fueron interpoladas adecuadamente para eliminar los intervalos de muestreo irregulares.

Las frecuencias significativas para este tipo de estudio son [7]: Rango de muy baja frecuencia (VLF): 0.003–0.04 Hz., baja frecuencia (LF): 0.04–0.15 Hz y alta frecuencia (HF): 0.15–0.4 Hz. La componente HF se asocia con la modulación parasimpática de la arritmia sinorespiratoria (ASR); LF se relaciona con la actividad barorefleja y es modulada tanto por el sistema nervioso simpático como por el parasimpático. Finalmente la VLF, que no está bien definida, se suele asociar a fenómenos de termorregulación.

Para estimar el espectro de frecuencias hemos utilizado la Transformada Rápida de Fourier (FFT), y para analizar como la frecuencia varía con el tiempo, hemos utilizado la Transformada Wavelet Continua (CWT), empleando la función de tipo Morlet [8], que está bien localizada tanto en el dominio temporal como en el de frecuencias:

$$\psi_0(t) = \pi^{-1/2}$$

El valor elegido de la frecuencia adimensional fue $\omega_0 = 20$, que permite una buena resolución en el dominio de frecuencias.

Encontramos evidencias de que la evolución en la meditación Zen puede ser caracterizada por patrones específicos de la variabilidad cardiaca, así, practicantes con más de 10 años de experiencia muestran patrones de VFC claramente diferentes.

Los sujetos menos expertos muestran variabilidad cardiaca en los tres rangos de frecuencia VLF, LF y HF, aunque se puede encontrar cierta tendencia en la ASR a desplazarse hacia el rango de LF.

Para aquellos con muchos años de experiencia la potencia correspondiente a la alta frecuencia disminuye significativamente, presentando un efecto de resonancia.

En la meditación Zen (Zazen), al no haber ningún movimiento físico, la respiración se ajusta siguiendo los procesos mentales. La respiración oscila dentro del rango de LF acoplada con otros ritmos cardiovasculares, aunque el conjunto de la frecuencia puede variar en el tiempo, especialmente en la segunda mitad de la meditación.

Referencias

- [1] Peng, C.K., Mietus, J.E., Liu, et al., *Int. J. Cardiol.* 70, 101-107 (1999).
- [2] Lehrer, P.M., Sasaki, Y., Saito, Y., *Psychosom. Med.* 61, 812-821 (1999).
- [3] Travis, F., *Int. J. Psychophysiol.* 42, 1-9. (2001).
- [4] Cysarz, D., Büssing, A., *Eur. J. Appl. Physiol.* 95(1), 88-95. (2005).
- [5] Takahashi, T., Murata, T., Hamada, T. et al., *Int. J. Psychophysiol.* 55, 199-207 (2005).
- [6] Phongsuphap, S., Pongsupap, Y., Chandanamatta, et al., *Int. J. Cardiol.* (2007).
- [7] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, *Eur. Heart J.* 17, 354-381 (1996).
- [8] Torrence, C., Compo, G.P., *Bull. Am. Met. Soc.* 79, 61-78. (1998).

La exploración de Marte

Luis Vázquez

Departamento de Matemática Aplicada. Facultad de Informática, Universidad Complutense de Madrid. C/Prof. José García Santesmases, s/n, Ciudad Universitaria 28040-Madrid.

<http://www.fdi.ucm.es/profesor/lvazquez/>, <http://www.fdi.ucm.es/profesor/lvazquez/calfrac/>.

El planeta Marte con su color rojo ha estimulado la imaginación de los observadores del cielo desde las más antiguas civilizaciones, y fue el símbolo del fuego y la guerra en muchas civilizaciones. Después de Venus, Marte es el planeta más cercano a la Tierra. Galileo Galilei fue el primero observó Marte con su primitivo telescopio en 1609.

La exploración de Marte es parte de un objetivo científico de largo alcance para entender la formación e historia del sistema solar. Su exploración está siendo el punto focal de las misiones planetarias y ofrece un escenario de esfuerzos conjuntos de grupos de investigación y empresas de varios países. En particular, esto supone una colaboración muy activa entre científicos e ingenieros en el marco de la comunidad internacional. De todo ello se deriva un gran arrastre científico y tecnológico.

La comunicación se propone describir el contexto científico y tecnológico de la exploración actual de Marte con especial énfasis en las futuras misiones marcianas. De manera especial se presentará una panorámica de las misiones marcianas futuras de la NASA, la ESA y de la misión conjunta MetNet de Rusia, Finlandia y España.

Eficiencia de detección y resolución espacial para un sistema cristal continuo – interfase - cristal continuo en Tomografía por Emisión de Positrones (PET)

M. Carles¹, A. Ros¹, Ch. W. Lerche², F. Sánchez¹, A. Sebastián² y J. M. Benlloch¹

¹ Departamento de Física Experimental, IFIC (Centro mixto CSIC-Universidad de Valencia), E-46071 Paterna, Valencia.

² ITACA, Universidad Politécnica de Valencia, 46020 Valencia.

En Tomografía por Emisión de Positrones (PET) se trabaja con radiación γ de 511 KeV de energía por lo que si no disponemos de un detector lo suficientemente grueso la mayoría de esta radiación lo atravesará sin ser detectada. Normalmente en sistemas PET los detectores utilizados son cristales centelleadores. Sin embargo, aumentar el grosor del cristal da lugar a una mejora en la eficiencia de detección pero introduce errores de compresión de la imagen y errores en la parametrización de la línea de repuesta (LOR), denominado este último, error de paralaje. Estos errores aumentan con el grosor del cristal y se traducen en una resolución espacial inhomogénea. En este trabajo queremos estudiar los efectos que supone en la eficiencia de detección, la resolución espacial, y la determinación de la profundidad de interacción (DOI), un sistema cristal continuo - interfase – cristal continuo. La determinación de la DOI en un sistema PET [1] permite minimizar el error de paralaje, lo que podría obviar uno de los principales inconvenientes que aparecen a la hora de utilizar cristales gruesos.

El sistema de medida utilizado para realizar este estudio consta de dos módulos de detección que detectan la radiación en coincidencia temporal. Uno de los módulos (que denominamos sistema cristal continuo – interfase – cristal continuo) está formado por dos cristales centelleadores y una interfase de separación entre ellos de 1.8 mm de espesor y un índice de refracción $n_{PMMA} = 1.49$. El material del cristal continuo utilizado, común para ambos cristales, ha sido LYSO ($Lu_{2-x}Y_x(SiO_4)O:Ce^+$) [2] cuyo índice de refracción es $n_{LYSO} = 1.82$. El primer cristal de $50 \times 50 \times 5$ mm³ posee las superficies de entrada y laterales pintadas de negro mientras que en el segundo cristal de $50 \times 50 \times 10$ mm³ sólo las superficies laterales están pintadas de negro. Al cristal de mayor espesor acoplamos un fotomultiplicador sensible a la posición (PSPMT). El modelo de PSPMT utilizado es el H8500 de Hamamatsu Photonics cuya ventana de entrada de borosilicato posee un índice de refracción $n_{PSPMT} = 1.51$ para una longitud de onda de 400 nm y con un área sensible del fotocátodo de 49×49 mm². En ambos montajes el material que utilizamos para acoplar las distintas partes del sistema es grasa óptica con índice de refracción $n = 1.6$ (Rhodosil Pâte 7, Rhodia Siliconi, Italia).

Para realizar las medidas hemos utilizado una fuente puntual de Na^{22} , con una actividad nominal de 10 μ Ci, que desplazamos a lo largo de dos diagonales en un plano paralelo a la superficie del cristal. Las diagonales están

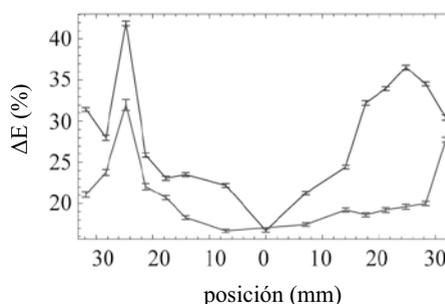


Figura 1. Resolución energética para el cristal de 5 mm de espesor con interfase (curva inferior) y sin interfase (curva superior). La posición se define según la distancia al punto que consideramos como origen de coordenadas y con un signo relativo entre las posiciones que se encuentran a derecha e izquierda de éste.

definidas de manera que se cruzan en el centro del campo de visión (FOV) definido por nuestro sistema y sus extremos se corresponden con los vértices de la superficie del cristal. Para cada posición comparamos los datos obtenidos con el sistema cristal continuo – interfase – cristal continuo con los datos obtenidos sin incluir la interfase.

Para cada uno de los cristales podemos determinar la energía, DOI, y posición, de la interacción de un rayo γ procedente de la aniquilación de un positrón y medido en coincidencia temporal con el otro módulo formado por un solo cristal LYSO. En la Figura 1 se muestran las resoluciones energéticas que obtenemos para el cristal de grosor 5 mm cuando desplazamos la fuente puntual a lo largo de una de las diagonales, con y sin interfase. En esta figura observamos como al situar una interfase entre los dos cristales tiene lugar una mejora en la resolución energética.

Para las mismas posiciones de la fuente y para el mismo cristal, 5mm, representamos las resoluciones espaciales, Figura 2. Observamos como la resolución mejora considerablemente en las posiciones que se corresponden con los bordes del cristal. Si estudiamos como varían las resoluciones en el caso del sistema con interfase con respecto al sistema sin interfase para el cristal de grosor 10 mm obtenemos el mismo comportamiento que en el cristal de 5 mm.

El hecho de disponer de dos cristales en nuestro sistema permite aumentar el espesor total del sistema de detección, lo que se traduce en una mejora en la parametrización de la LOR al aumentar de manera significativa la eficiencia del sistema. Si además introducimos una interfase de las características que hemos descrito, tal y como muestran los resultados obtenidos conseguimos una mejora en las resoluciones energéticas y en posición. Estas mejoras hacen del sistema cristal continuo – interfase – cristal continuo de interés para la Tomografía por Emisión de Positrones ya que conseguimos un aumento en la eficiencia de detección a la vez que una mejor estimación de la LOR, lo que se traduce en una imagen final de mayor calidad.

Referencias

- [1] Christoph W.Lerche et al., Depth of interaction within continuous crystals from the width of its scintillation light distribution. IEEE Trans. Nucl. Sci., 52(3):560-572, June 2005.
- [2] A.Ros et al., Impact of the scattering coefficient of scintillation crystals (LYSO and LSO) on depth of interaction resolution. IEEE Nucl.Sci.Symp.& Med.Img.Conf., 715-3718, October 2008.

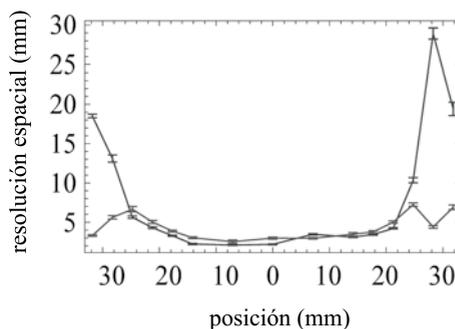


Figura 2. Resolución espacial para el cristal de 5 mm de grosor con interfase (curva inferior) y sin interfase (curva superior). La posición se define según la distancia al punto que consideramos como origen de coordenadas y con un signo relativo entre las posiciones que se encuentran a derecha e izquierda de éste.

Análisis de series temporales con patrones de orden y aplicaciones al análisis de MEGs

J. M. Amigó¹, S. Zambrano² y M. A. F. Sanjuán²

¹ Centro de Investigación Operativa, Universidad Miguel Hernández, 03202 Elche.

² Grupo de Dinámica No Lineal, Teoría del Caos y Sistemas Complejos, Departamento de Física, Universidad Rey Juan Carlos, 28933 Móstoles, Madrid samuel.zambrano@urjc.es.

El análisis de series temporales ha atraído un gran interés de distintos ámbitos de la ciencia, dado que nos permite extraer información valiosa acerca de los sistemas de donde se obtienen. El auge de la teoría del caos y en general de la dinámica no lineal ha hecho que las técnicas más novedosas de análisis de series temporales tomen prestados conceptos de estas disciplinas. En esta charla hablaremos de distintas técnicas de análisis de series basadas en los llamados patrones de orden, que codifican las relaciones de orden posibles entre elementos consecutivos de una serie. Mostraremos su utilidad a la hora de discriminar series ruidosas de series puramente deterministas, comparándolas con otros métodos clásicos. Asimismo veremos cómo pueden usarse para caracterizar la complejidad de series obtenidas por magnetoencefalografías, comparándolas con otros cuantificadores de dicha complejidad y haciendo énfasis en sus posibles aplicaciones.

Referencias

- [1] J. M. Amigó, S. Zambrano, and Miguel A. F. Sanjuán. *Europhys. Lett.*, 79, 50001 (2007).
- [2] J. M. Amigó, S. Zambrano, and Miguel A. F. Sanjuán. *Europhys. Lett.*, 83, 60005 (2008).