

*Procesos biofísicos
complejos*

*Simposio sobre
Complejidad Biológica*

Colonia del Sacramento, 2002

PROCESOS BIOFÍSICOS COMPLEJOS

Simposio sobre
Complejidad Biológica

Colonia del Sacramento, 2002

EDITORES

Julio A. Hernández y Andrés Pomi

Universidad de la República – Facultad de Ciencias
2003

PROCESOS BIOFÍSICOS COMPLEJOS

Julio A. Hernández y Andrés Pomi (editores)

Procesos biofísicos complejos: Simposio sobre Complejidad Biológica / editores: Julio A. Hernández y Andrés Pomi.— Montevideo : DI.R.A.C.-Facultad de Ciencias, 2003.

181 p.

ISBN : 9974-0-0237-0

1. COMPLEJIDAD ORGANIZADA 2. BIOLOGÍA 3. BIOFÍSICA
4. SISTEMAS COMPLEJOS 5. MODELOS MATEMÁTICOS
I. Hernández, Julio A. II. Pomi, Andrés

574/575

CDU

Edición DI.R.A.C. (División Relaciones y Actividades Culturales)

Edición operativa: Luis Elbert

Carátula: Alejandro Crosa. A partir de dibujos de Ernst Haeckel tomados de *Die Radiolarien (RHIZOPODA RADIARIA)*, Berlin, 1862.

DI.R.A.C. es una unidad operativa de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República

Calle Iguá 4225 casi Matajojo – Montevideo 11500 – Uruguay

Tel. 595.17.11 – Fax 525.86.17 – E-mail: dirac@fcien.edu.uy

CONTENIDO

Prólogo	7
Agradecimientos	9

Parte I:

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN EN SISTEMAS BIOLÓGICOS

Capítulo 1:

La formación de la imagen electrosensorial en peces eléctricos

L. Gómez, A. Caputi, R. Canetti, D. Rothe, A. Migliaro, K. Grant y R. Budelli

11

Capítulo 2:

Disyunciones dinámicas

E. Mizraji, A. Pomi, F. Reali y J.C. Valle-Lisboa

29

Capítulo 3:

Modelo del tiempo de respuesta a preguntas de respuestas binarias

E. Izquierdo, A. Saal, J. Codnia y R. Page

49

Parte II:

DINÁMICA Y CONTROL EN PROCESOS CELULARES

Capítulo 4:		
Modelos modulares de procesos celulares		
<i>L. Acerenza, M. Arocena, M. Graña y F. Ortega</i>		59
Capítulo 5:		
Una visión jerárquica de los procesos cooperativos complejos en sistemas ligando-macromolécula en equilibrio		
<i>F. Mas, J.L. Garcés, L. Acerenza y E. Mizraji</i>		79
Capítulo 6:		
Cinéticas simples en proteínas complejas		
<i>J.A. Hernández</i>		99
Parte III:		
<i>DINÁMICA DE POBLACIONES Y EVOLUCIÓN</i>		
Capítulo 7:		
Modelado de invasiones biológicas: dinámica poblacional y formación de patrones espaciales		
<i>S.A. Cannas, D.E. Marco, S.A. Páez y M.A. Montemurro</i>		119
Capítulo 8:		
Un modelo simple para identificar las leyes que relacionan el patrón de interacción entre especies con el destino de un ecosistema		
<i>H. Fort y L. Acerenza</i>		137
Capítulo 9:		
Modelos físicos de evolución		
<i>R. Donangelo, H. Fort y K. Sneppen</i>		153
Capítulo 10:		
La interacción entre aprendizaje y evolución		
<i>H.J. Dopazo y R.P.J. Perazzo</i>		165

PRÓLOGO

Desde la época de Darwin y Boltzmann, los caminos de la física y la biología se han ido entrelazando mutuamente y, en muchas áreas, se han vuelto convergentes.

Las porciones del universo que denominamos seres vivos, son maquinarias físico-químicas de desafiante singularidad y una termodinámica aún no del todo bien comprendida. A partir de una única célula microscópica, en la ontogenia de los organismos pluricelulares se produce una explosión controlada de estructuras espaciales y temporales, de funcionalidad a la vez diversa e integrada, y capaz de devenir, eventualmente, en una tonelada de materia con vida autónoma. Cada forma que se mantiene viva lo hace en una especie de vértigo termodinámico. Todas sus estructuras moleculares están permanentemente degradándose y los sistemas metabólicos de las células están al mismo tiempo reponiendo sus materiales. En todo momento los seres vivos están, a la vez, desmoronándose materialmente, y reconstruyéndose, logrando matener la forma y la función. A los metabolismos les es dado el éxito en su empresa —el mantener a las células alejadas del equilibrio termodinámico— sólo por un tiempo autolimitado: el lapso vital del organismo. Las formas y sus funciones sucumben finalmente y se logra el equilibrio: la muerte. La vida implica entonces dependencia del entorno físico para obtener continuamente los materiales de la obra. La posibilidad de existencia de formas vivas en presencia de relaciones superficie-volumen no favorables requirió el surgimiento de especializaciones que permitieran aumentar las superficies de intercambio y de sistemas de transporte en el interior de los organismos. Este medio líquido interno permitió que las variables críticas del medio ambiente externo a cada célula fueran reguladas por los sistemas orgánicos y portadas en el interior de los organismos, permitiendo la vida autónoma.

La biología de los últimos veinte años ha proporcionado una cantidad abrumadora e inmanejable de información sobre las diferentes estructuras moleculares y su interacción. Los datos que hemos acumulado sobre los genomas, los metabolismos, los sistemas de membrana y las funciones inmunitarias, entre otras, proporcionan un panorama similarmente intrincado de cada una de estas áreas. Dondequiera que se mire, los sistemas biológicos aparecen como estructuras complejas, compuestas por redes interconectadas de elementos con diversa funcionalidad, que interaccio-

nan unos con otros. Los sistemas biológicos comparten con otros sistemas físicos, sociales y culturales, características comunes que han llevado a denominarlos colectivamente como sistemas complejos. La física y la biología convergen aquí en la esperanza de encontrar herramientas comunes para el manejo y comprensión de la complejidad.

Cada ser vivo, además, interacciona con otros individuos de la misma y de otras especies, estableciendo vínculos de cooperación y de competencia que, observados a mayor escala, determinan diversas posibilidades dinámicas poblacionales al influir en la reproducción, adaptación y evolución de las especies biológicas. Parte de los mecanismos de regulación y adaptación de algunos seres vivos son desarrollados en interacción social. Éste es el caso de los sistemas nerviosos: generan formas de mapear las experiencias del mundo externo que resultan comunicables entre distintos individuos. Estos sistemas cognitivos, con los que los humanos intentamos asir la complejidad, se nos manifiestan, a su vez, como otra estructura compleja. Peculiar situación que nos lleva ante un posible límite de esta cognición humana: lo que denominamos complejidad ¿es una característica propia del mundo físico, o apenas una ilusión provocada por las imperfecciones del espejo en que lo real se refleja: nuestra mente?

La pasión por intentar conocer y comprender el mundo físico en base a estas características comunes –que presentan porciones muy diversas de la realidad– convocó a un conjunto multidisciplinario de investigadores en el Cono Sur americano en mayo de 2002. En ocasión del *XIV International Biophysics Congress (IUPAB)* que tuvo lugar en Buenos Aires en abril de 2002, la Sección Biofísica de la Facultad de Ciencias (Universidad de la República, Montevideo) decidió apoyar el congreso mundial organizando en la región un nuevo simposio sobre complejidad biológica.¹ Este simposio satélite, *Modeling Complex Biophysical Processes*, se realizó en Colonia del Sacramento (Patrimonio Histórico de la Humanidad, UNESCO), Uruguay.

Los organizadores del simposio promovieron la más amplia libertad de enfoque por parte de cada investigador, sin tratar de dirimir si, en estos temas, la estrategia de modelización más adecuada para comprender debe ser la de atacar la complejidad con complejidad, o intentar su reducción.

Este libro recoge los temas expuestos por la mayoría de los participantes del simposio, con la intención de difundir y socializar la reflexión científica hispanoamericana en esta compleja temática.

J.A.H.
A.P.

1. El primer Simposio sobre Complejidad Biológica organizado por la Sección Biofísica de la Facultad de Ciencias, tuvo lugar en Montevideo en diciembre de 1995. Las contribuciones de los participantes, editadas en idioma inglés, están reunidas en el libro *Biological Complexity: A Symposium* (E. Mizraji, L. Acerenza, F. Alvarez y A. Pomi, editores) publicado por DIRAC-Facultad de Ciencias, Montevideo 1997.