

# ‘Matemática aplicada a modelos físicos y biológicos’.

## Actividad desde un grupo de investigación UCM

Fields Institute for Research in Mathematical Sciences’ (Toronto, Canadá)

Es un centro destinado a la actividad de investigación matemática, un lugar donde matemáticos de todo el mundo, instituciones académicas, empresas, industrias e instituciones financieras pueden reunirse para llevar a cabo investigaciones y formular problemas de interés mutuo. Su misión es proporcionar un entorno de apoyo y estimulante para la innovación y la educación en matemáticas.

bimestre temático (abril-mayo 2018)

### Focus Program on Nanoscale Systems and Coupled Phenomena: Mathematical analysis, modeling and applications

April 1 to May 31, 2018 en el 'Fields Institute for Research in Mathematical Sciences’ (Toronto, Canadá)

[www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale](http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale)

#### Organizing Committee

Bjorn Birnir - University of California, Santa Barbara

Ana Carpio - Complutense University of Madrid

Mitchell Luskin - University of Minnesota

Roderick Melnik - MS2Discovery Institute, WLU, Waterloo

Los sistemas físicos y biológicos a nanoescala así como los fenómenos cuánticos asociados son omnipresentes en la naturaleza y en el mundo hecho por el hombre. Hoy en día, se están volviendo sumamente importantes en muchas áreas clave del bienestar humano, incluida la sostenibilidad ambiental, las fuentes de energía alternativas y la medicina..

THE FIELDS INSTITUTE  
Focus Program on  
**Nanoscale Systems and Coupled Phenomena**  
Mathematical Analysis, Modeling, and Applications  
APRIL 1 - MAY 31, 2018

April 2 - 6, 2018  
Distinguished Visiting Professor Lecture Series: Lianao Wu

April 9 - 13, 2018  
Workshop on Recent Progress in Nonlinear Quantum Mechanics, Theory, Simulations and Experiment

April 16 - 20, 2018  
Mini-course on the Creation, Simulation & Design of Coherent Electron States

April 23 - 27, 2018  
Mini-Course on Modeling Cellular Systems

April 30 - May 4, 2018  
Workshop on Modeling Biological Phenomena from Nano to Macro Scales

May 7 - 11, 2018  
Study Group in Modelling Cellular Systems

May 14 - 18, 2018  
Interdisciplinary Seminars and Panel Discussions

May 22 - 24, 2018  
Coxeter Lecture Series: Claude Le Bris

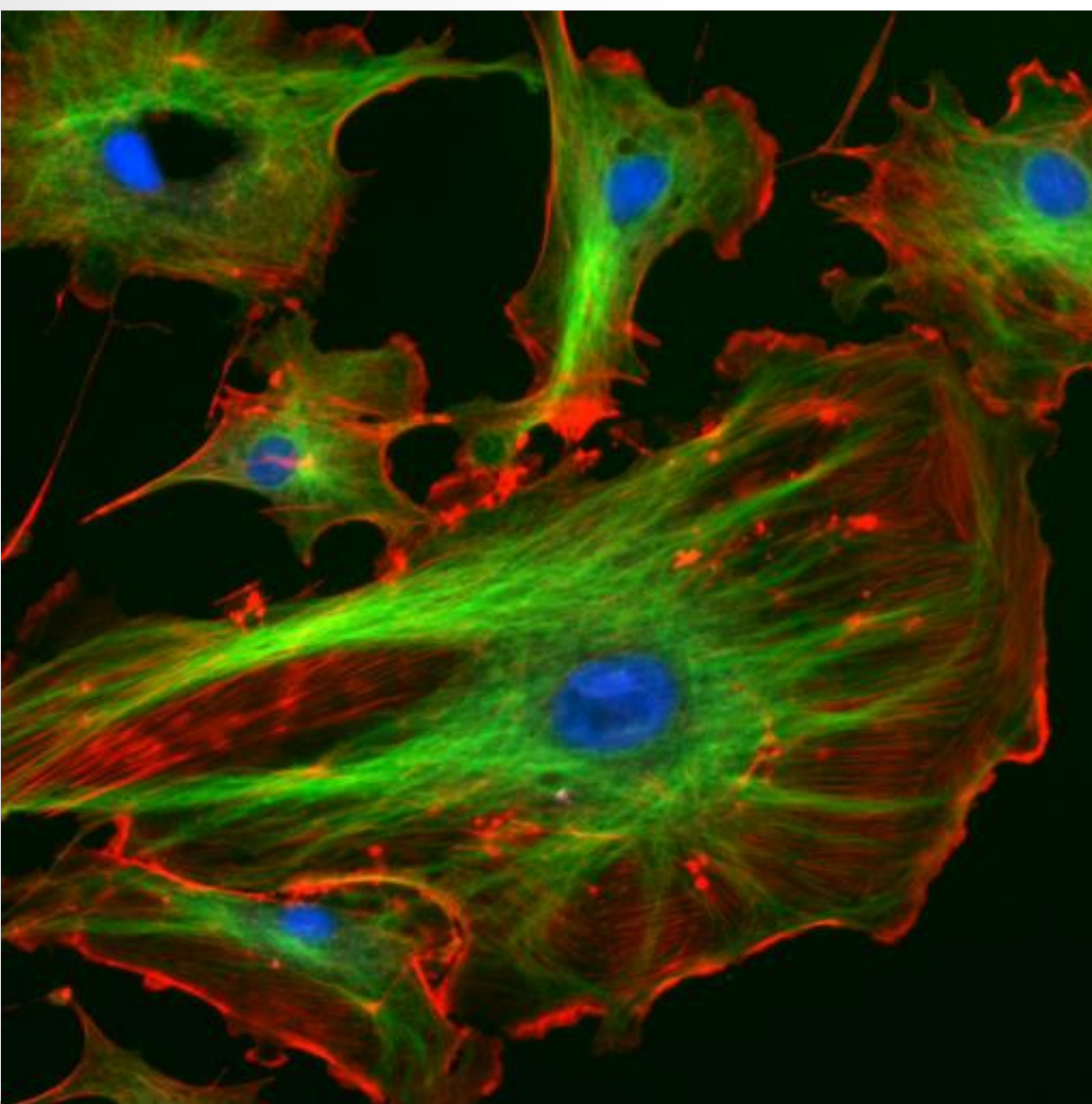
May 28 - 31, 2018  
Workshop on Analysis, Modeling, and Computation for Nanoscale Systems

ORGANIZING COMMITTEE  
Bjorn Birnir - University of California, Santa Barbara  
Ana Carpio - Complutense University of Madrid  
Mitchell Luskin - University of Minnesota  
Roderick Melnik - MS2Discovery Institute, WLU, Waterloo

For information and registration, please visit:  
[www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale](http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale)

NSERC  
CRSNG  
Ontario

THE FIELDS INSTITUTE FOR RESEARCH IN MATHEMATICAL SCIENCES  
222 College Street, Second Floor, Toronto, Ontario, M5T 3J1 • [www.fields.utoronto.ca](http://www.fields.utoronto.ca) • 416-348-9710



Célula en la que se visualiza su estructura en colores (núcleo, microtúbulos, microfilamentos del esqueleto celular) porque se ha manipulado el DNA para que distintas partes flouezcan en distintos colores según la función que desarrollan.

<http://rsb.info.nih.gov/ij/images/FluorescentCells.jpg>

Los enfoques y métodos matemáticos de vanguardia en este campo proporcionan un ingrediente fundamental para nuestra mejor comprensión de dichos sistemas y sus aplicaciones eficientes. Reuniendo a algunos de los principales investigadores del mundo en el campo, este programa temático está dedicado al estudio de tales sistemas, su análisis matemático, modelado y aplicaciones.



# Mini-Course on Modeling Cellular Systems

April 23 - 27, 2018, 'Fields Institute for Research in Mathematical Sciences' (Toronto, Canadá).

Vídeos de las conferencias en: <http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale-cellular>

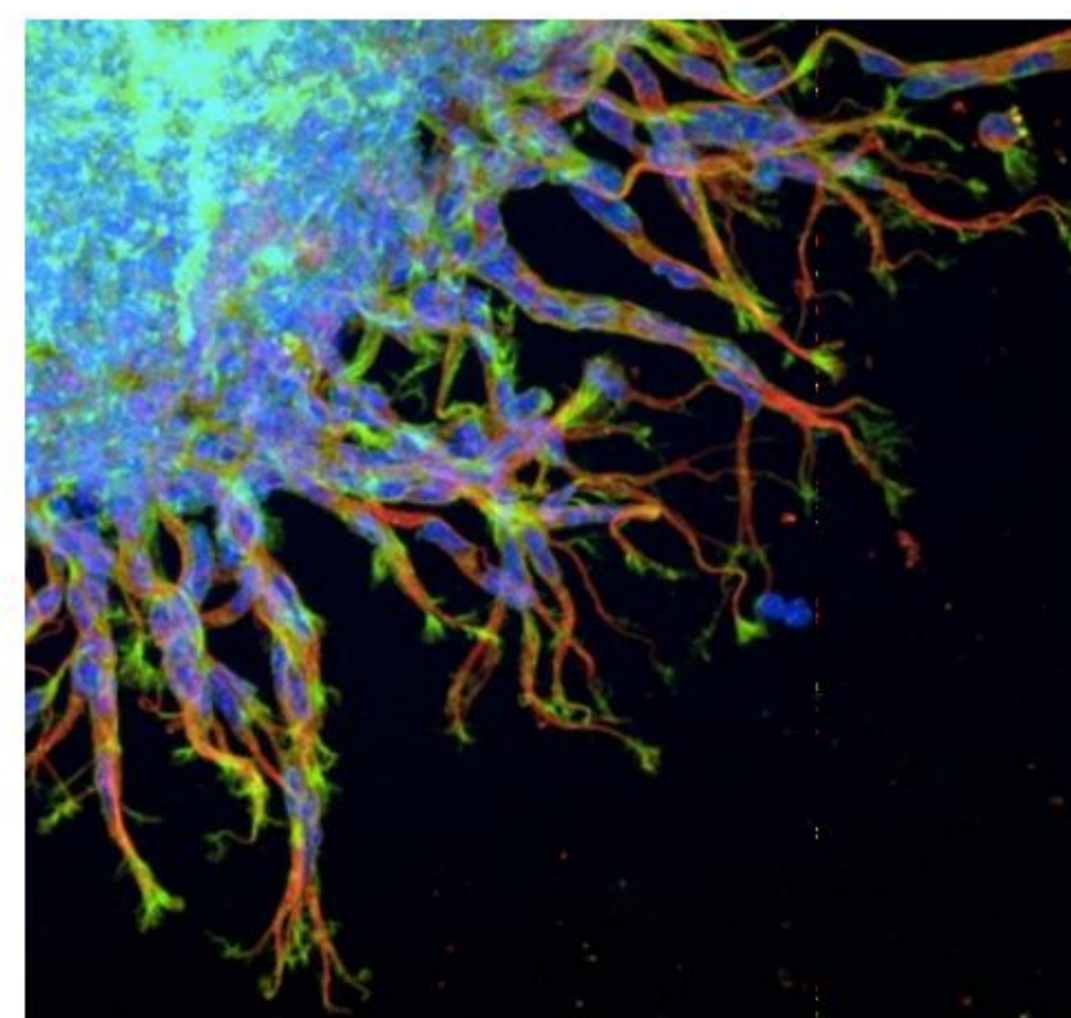
Minicurso de iniciación al modelado matemático de sistemas celulares. Los modelos matemáticos proporcionan un instrumento eficaz a través del cual analizar la complejidad biológica. Además, constituyen una herramienta para investigar la interacción de procesos clave de forma organizada, mediante técnicas de análisis matemático y simulaciones por ordenador. Este curso se centró en el modelado de sistemas celulares, cuestión que va cobrando relevancia en la matemática aplicada actual, con múltiples ramificaciones, desde la formación de tejidos al control de tumores o de la evolución de biopelículas bacterianas.

Las cuatro sesiones impartidas por Ana Carpio, directora de este grupo UCM:

- 'Introduction to cell biology'
- 'Modeling cell metabolism, differentiation and survival',
- 'Agent based models of cell aggregation and migration'
- 'Morphomechanics: modeling how mechanics influences shape'

proporcionan una introducción accesible a cuestiones tales como la diferenciación celular, los modelos basados en agentes y la morfomecánica.

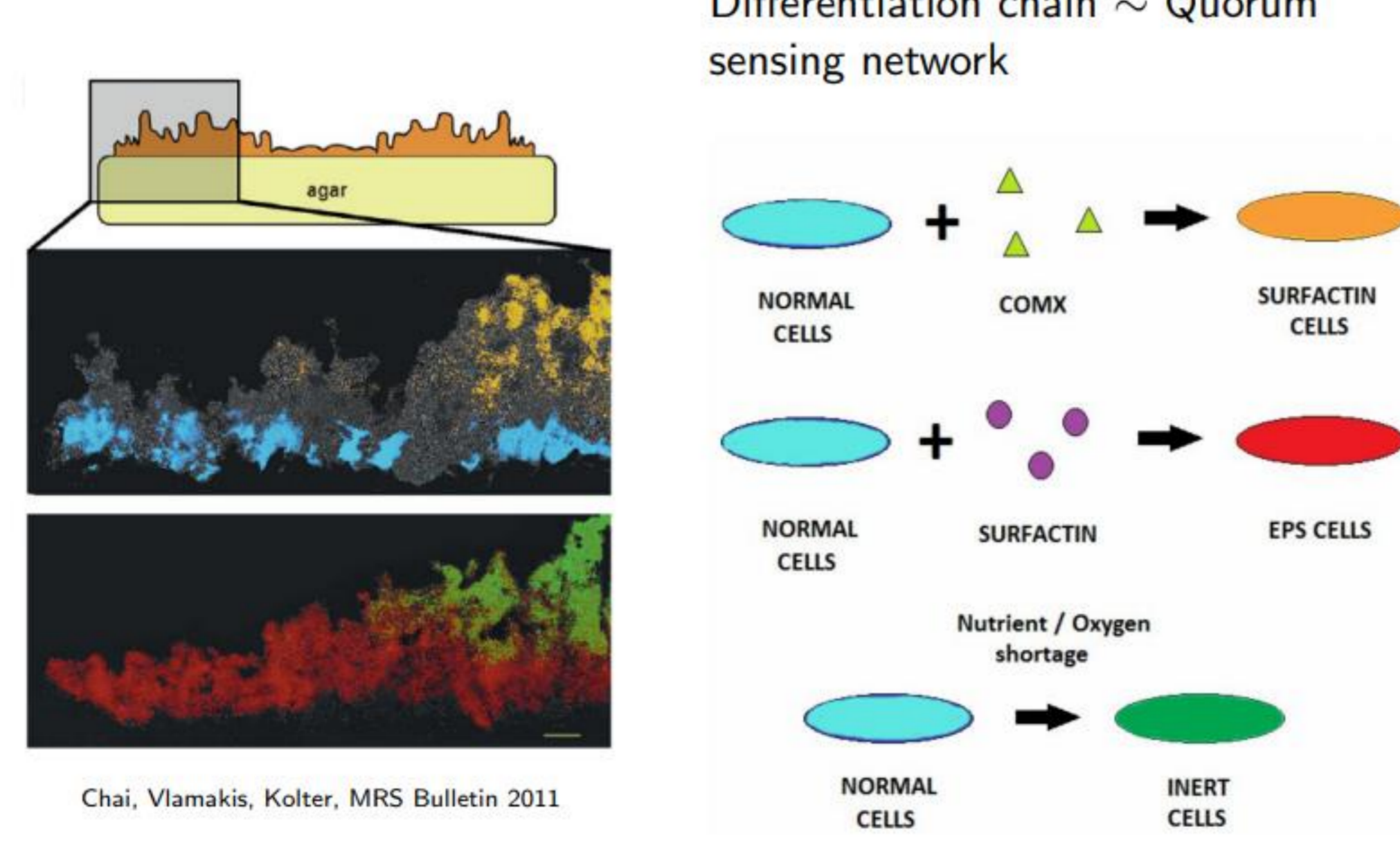
Role of membrane?



A. Valli, Kings College London

Transmission of electric signals in neurons

Cell differentiation



Active vertex models for tissues

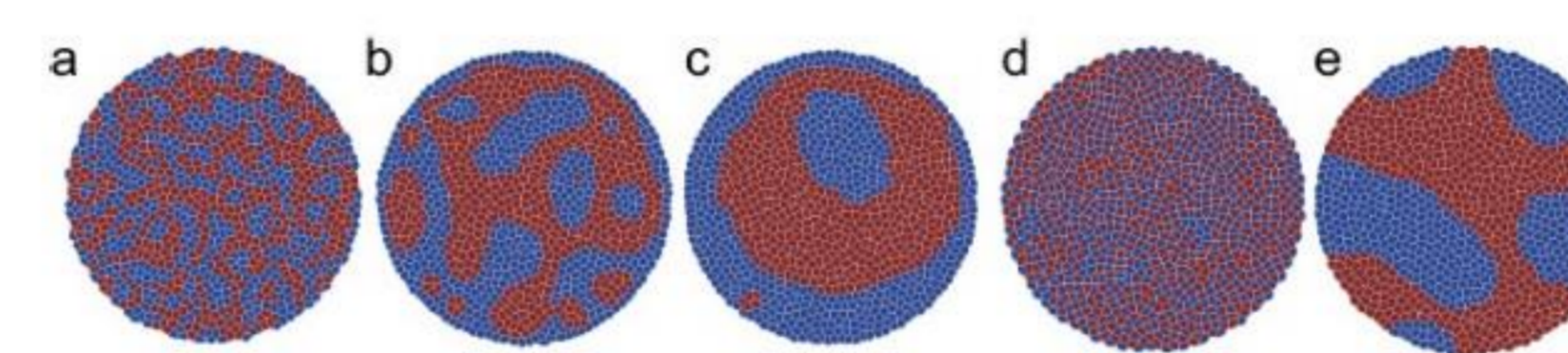
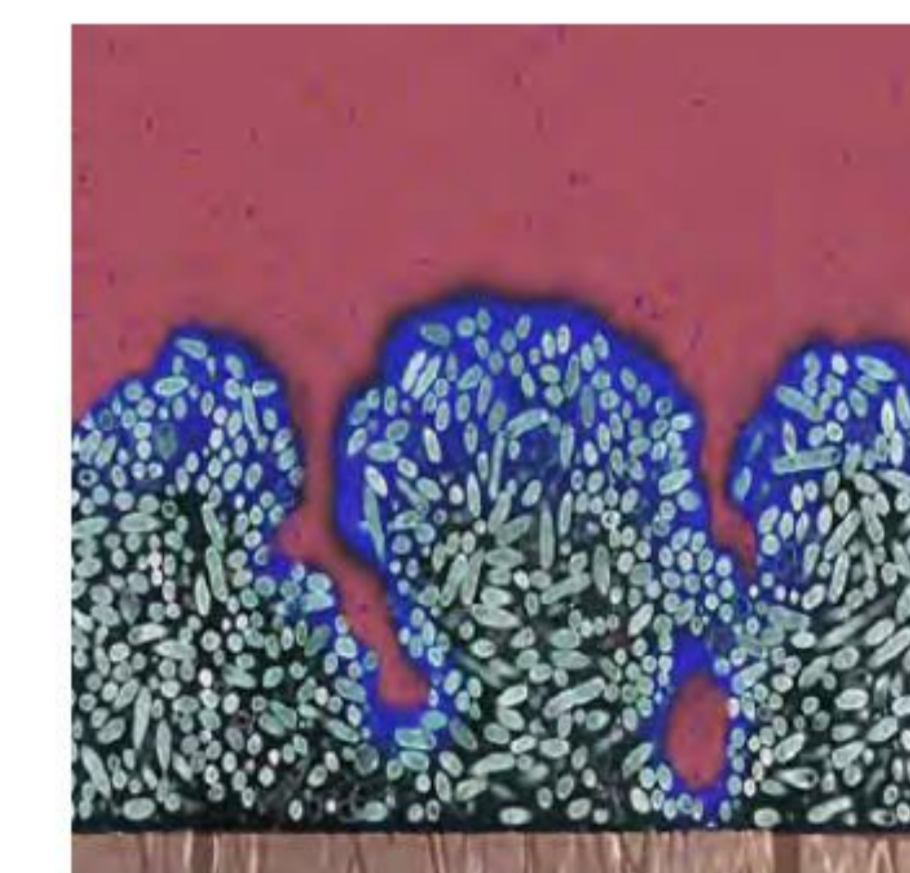


Figure 9. (a-c) Snapshots of a system of two cell types at times 10, 500 and 5000 with  $A_{12} = -6.4$ . (d) A "checkerboard" pattern forms immediately (at time 10) when red-blue cell-cell contacts are energetically favourable compared with pairs of red-red and blue-blue contacts,  $A_{11} = -6.7$ . (e) Same initial system as (a-c) but with red-boundary contacts slightly favoured over blue-boundary contacts. The system gradually separates into compartments of each cell type. The uncorrelated random fluctuations are sufficient to drive neighbour exchanges within the bulk of both the red and blue cell compartments. Cells on the compartment boundary can sometimes move parallel to it but meet strong resistance when trying to move across it.

Barton et al, PLOS Computational Biology 2017

$$E = \sum_i \left[ \frac{K_i}{2} (A_i - A^0)^2 + \frac{\Gamma_i}{2} P_i^2 \right] + \sum_{\mu, \nu} \frac{\Lambda_{\mu\nu}}{2} I_{\mu\nu}$$

What is a biofilm?



Flemming, Wingender, Nat Rev Microb 2010

Cells stick to each other and to a surface, embedded within a self produced matrix of extracellular polymeric substance (EPS).

## Study Group in Modelling Cellular Systems

The Fields Institute, Toronto, Canada, May 7 - 11, 2018. **Organizing Committee:** Ana Carpio - Complutense University of Madrid

<http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale-study-group>

Los participantes trabajaron bajo la supervisión de investigadores sénior en el modelado de problemas específicos identificados durante las conferencias de la semana previa.



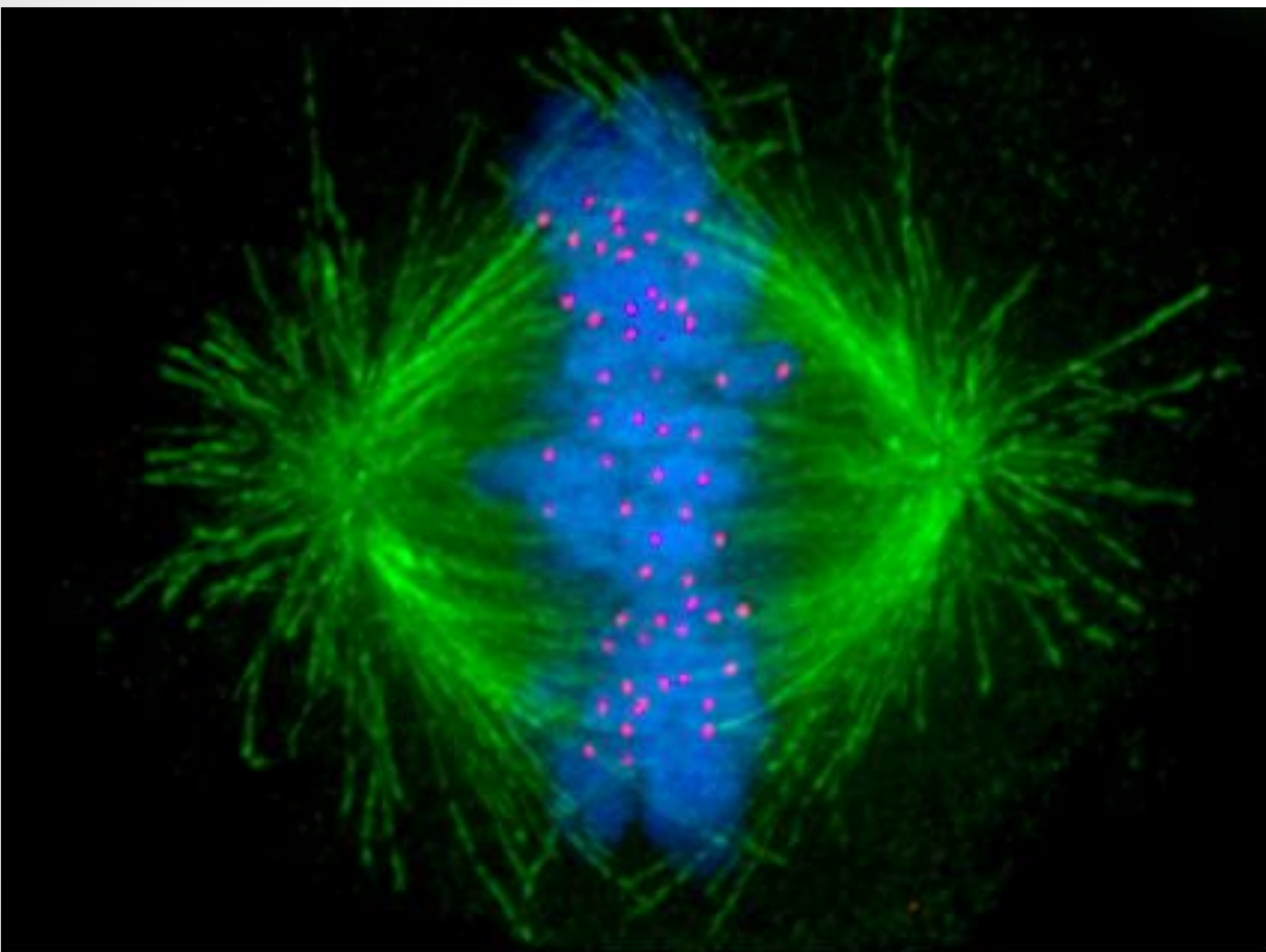
# Workshop on Modeling Biological Phenomena from Nano to Macro Scales

The Fields Institute, Toronto, Canada, April 30-May 4, 2018. Organizing Committee:

- Bjorn Birnir - University of California, Santa Barbara
- Ana Carpio - Complutense University of Madrid
- Mitchell Luskin - University of Minnesota
- Roderick Melnik - MS2Discovery Institute, WLU, Waterloo

<http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/nanoscale-biological-phenomena>

El modelado, el análisis y la simulación son hoy en día instrumentos fundamentales en biomedicina y biología. Se requieren aproximaciones matemáticas y herramientas computacionales adecuadas para incorporar las observaciones experimentales recibidas y para manejar problemas novedosos.



Célula humana en división. Los microtúbulos (en verde) se han organizado anclándose a los cinetocoros (en rojo) para tirar de los cromosomas que contienen el DNA (en azul) hacia extremos opuestos y así ayudar a la partición de la célula en dos.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kinetochores.jpg#/media/File:Kinetochores.jpg>

Para producir modelos predictivos de comportamientos complejos tales como la dinámica celular, el desarrollo de tejidos, el crecimiento tumoral, la formación de biopelículas, la respuesta inmune o las enfermedades neurodegenerativas, la información se transfiere entre escalas. Esto requiere desarrollos previos en muchas direcciones: estudios a escalas específicas (regulación génica, estructuras moleculares, proteínas, membranas, células, tejidos ...), capacidad de extraer información significativa de grandes conjuntos de datos o de redes complejas, técnicas multiescala ... Con frecuencia se logran avances debido a los esfuerzos interdisciplinarios y la transferencia de conocimiento entre los campos. Estas jornadas tuvieron como objetivo crear un entorno en el que los expertos en disciplinas relacionadas puedan presentar y analizar los desarrollos en contacto con las observaciones.

THE FIELDS INSTITUTE

WORKSHOP ON  
MODELING BIOLOGICAL PHENOMENA  
FROM NANO TO MACRO SCALES

APRIL 30 TO MAY 4, 2018

SPEAKERS

Martine Ben Amar, Ecole normale supérieure - Paris  
Luis Bonilla, Universidad Carlos III de Madrid  
Michael Brenner, Harvard University  
Aurélie Carlier, Maastricht University  
Arup K. Chakraborty, Massachusetts Institute of Technology  
Jean Clairambault, Université Paris VI  
Dirk Drasdo, Universität Leipzig  
Holger Gerhardt, Max Delbrück Center for Molecular Medicine  
Eleni Katifori, University of Pennsylvania  
Justin B. Kinney, Cold Spring Harbor Laboratory  
Andrej Košmrlj, Princeton University  
Vikram Krishnamurthy, Cornell University  
Jeremie Lefebvre, Krembil Research Institute  
Shaofan Li, University of California, Berkeley  
Alan Moses, University of Toronto  
Theodore Perkins, Ottawa Hospital Research Institute  
Antonio Prados, Universidad de Sevilla  
Yasser Roudi, Kavli Institute for Systems Neuroscience  
Miguel Rubí, Universitat de Barcelona  
Michael Shelley, New York University  
Jack Tuszynski, University of Alberta  
Ned S. Wingreen, Princeton University

ORGANIZERS

Bjorn Birnir - University of California, Santa Barbara  
Ana Carpio - Complutense University of Madrid  
Mitchell Luskin - University of Minnesota  
Roderick Melnik - MS2Discovery Institute, WLU, Waterloo

For more information, please visit:  
[www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/biological-phenomena](http://www.fields.utoronto.ca/activities/17-18/biological-phenomena)

NSERC  
CRSNG

Ontario

THE FIELDS INSTITUTE FOR RESEARCH IN MATHEMATICAL SCIENCES  
222 College Street, Second Floor, Toronto, Ontario, M5T 3J1 • [www.fields.utoronto.ca](http://www.fields.utoronto.ca) • 416-348-9710