



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Simulación de la dinámica mecánico-química de la migración celular

Descripción general (resumen y metodología):

La dinámica celular colectiva se refiere a los comportamientos coordinados de múltiples células, que se producen en diversos procesos naturales, como el desarrollo embrionario, la morfogénesis tisular, la cicatrización de heridas y la evolución cancerígena[1, 2]. Una de las características más fascinantes de estos procesos es la coordinación espacio-temporal de la señalización bioquímica y las fuerzas mecánicas[3]. Sin embargo, aún no está claro cómo se integran las señales mecánicas y químicas a nivel celular para dar lugar a estos comportamientos colectivos. En este proyecto proponemos el análisis de un modelo matemático biofísico de movimiento colectivo en tejidos epiteliales, acoplado la mecánica de monocapas a la dinámica mecano sensible de la actividad de quinasas reguladas por señales extra-celulares (o ERK)[4]. Se explorarán varias técnicas de simulación numérica, incluyendo comparaciones entre soluciones analíticas y numéricas, así como comparaciones entre diferentes métodos. Además, simularemos la inestabilidad mecánico-química que produce patrones espacio-temporales complejos de densidad celular, velocidad celular y actividad ERK en un periodo de tiempo y escala de longitud finitos.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

01. Historia y Evolución: Ofrecer una visión histórica del desarrollo de la dinámica mecánico-química de la migración celular, destacando los hitos claves y cómo ha evolucionado a lo largo del tiempo.
02. Definir los Principales Modelos Matemáticos: Detallar las principales metodologías y técnicas matemáticas empleadas en la modelización de la dinámica mecánico-química.
03. Desarrollo Numérico del Modelo Propuesto. Analizar el modelo propuesto de forma numérica, incluyendo algoritmos, simulaciones y métodos numéricos.
04. Principales Aplicaciones. Identificar y aplicar el modelo mediante experimentos — ya publicados — de perturbación genética, farmacológica y debatir las posibles implicaciones de esta teoría en otros entornos biológicos.

Bibliografía básica:

1. Steinschneider, A., Collective Behavior In Systems Biology: A Primer on Modeling Infrastructure. 2019: Elsevier Science.
2. Porta, C.A.M.L. and S. Zapperi, Cell Migrations: Causes and Functions. 2019: Springer International Publishing.
3. Yu, P., et al., Mechanochemical dynamics of collective cells and hierarchical topological defects in multicellular lumens. Science Advances, 2024. 10(18): p. eadn0172.
4. Boocock, D., et al., Theory of mechanochemical patterning and optimal migration in cell monolayers. Nature Physics, 2021. 17(2): p. 267-274.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Asignaturas recomendadas para que el estudiante pueda desarrollar el proyecto.

- Ecuaciones en Derivadas Parciales (EDPs).

- Análisis Numérico de EDPs.
- Métodos Numéricos I-II.
- Modelos Matemáticos I-II.
- Ecuaciones Diferenciales en Mecánica y Biología

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: LÁZARO RENÉ IZQUIERDO FÁBREGAS

Ámbito de conocimiento/Departamento: MATEMÁTICA APLICADA

Correo electrónico: rfabregas@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos: ÓSCAR SÁNCHEZ ROMERO

Ámbito de conocimiento/Departamento: MATEMÁTICA APLICADA

Correo electrónico: ossanche@ugr.es

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: Camila Fernández García

Correo electrónico: camilafdez@correo.ugr.es