

Universidad de Puerto Rico
Recinto de Río Piedras
Facultad de Ciencias Naturales
Departamento de Física

Biofísica: Desde las moléculas hasta la evolución
Por Luis Miguel de Jesús Astacio

dejesusastacio@gmail.com
Lunes y Miércoles 11:30-12:50
FISI 5005 || C-311
Horas de oficina: por pedido

Resumen

Curso introductorio al campo de la biofísica. En este curso exploraremos como la física provee herramientas cuantitativas para estudiar y entender fenómenos biológicos. Comenzaremos con procesos bioquímicos rápidos y diminutos a nivel celular-molecular y llegaremos hasta los procesos lentos y extensos que comprenden la ecología y evolución. En el transcurso del semestre se discutirán temas como: redes reguladoras de transcripción, replicación de ADN, quiralidad de proteínas, quimiotaxis de bacterias, comportamiento en respuesta a estímulo, dinámicas de cazador-presa, competencia por recursos y variación genética en escalas evolutivas. Las herramientas que utilizaremos para describir estos procesos incluyen ecuaciones diferenciales, mecánica estadística, modelos de difusión, álgebra lineal y métodos computacionales. Este curso enfatiza una visión holística y transdisciplinaria de las ciencias. Por lo tanto, el curso está diseñado para estudiantes con conocimientos básicos, o interés de aprender, sobre temas diversos en biología, química, física y matemáticas.

Descripción del curso

Este es un curso introductorio al campo interdisciplinario conocido en distintos círculos como biofísica, física biológica o biología cuantitativa. En este curso veremos la sinergia y utilidad de combinar descripciones cuantitativas y cualitativas para responder preguntas anteriormente inaccesibles. La biología tradicionalmente es descriptiva y cualitativa, estudia la causa y efecto de procesos relevantes a la vida. Por ejemplo, en la biología es común detener la expresión de un gen, alterar una célula o eliminar una especie y observar cómo el cambio afecta el sistema biológico de estudio. En contraste, la física se enfoca en el desarrollo de modelos cuantitativos que describen mecanísticamente los procesos de estudio. Los modelos de la gravedad, la fuerza electromagnética y la mecánica cuántica son ejemplos de construcciones conceptuales que explican cómo operan distintos aspectos del universo. Los

modelos físicos se expresan en el lenguaje de las matemáticas, proveyendo predicciones cuantitativas que son medibles o falsificables en el laboratorio. En el campo de la biofísica se pretende conciliar los métodos cuantitativos y cualitativos para atender fenómenos que serían difíciles de entender únicamente empleando las herramientas de una de las dos disciplinas.

El curso estará organizado en módulos, cada uno con duración de dos semanas. Las primeras dos semanas del curso serán dedicadas a discutir el sílabo, la estructura y filosofía del curso y proveer un taller introductorio al editor Overleaf. Cada módulo expondrá temas biofísicos en distintas escalas espacio-temporales; en orden ascendente de jerarquía. En el módulo 1 discutiremos procesos a nivel molecular, procesos que ocurren dentro y entre células. El módulo 2 será dedicado a procesos celulares, tanto de organismos unicelulares (i.e, las bacterias) como organismos multicelulares (como tumores en humanos). La semana siguiente se dedicará a repasar conceptos, aclarar dudas y discutir las propuestas del proyecto final. En el módulo 3 discutiremos procesos a nivel organismal; particularmente como organismos multicelulares responden a estímulos del ambiente. El módulo 4 se enfocará en las relaciones entre organismos en la escala ecológica. En el módulo 5 discutiremos procesos evolutivos que toman largos periodos de tiempo en ocurrir. El resto de las horas contacto serán dedicadas a la finalización y presentación del proyecto final.

Cursos prerrequisitos:

Física Universitaria I-II (FISI 3011 y 3012); Química General I-II (QUIM 3001 y 3002); Biología General I (BIOL 3101); Cálculo II (MATE 3152) o sustituto, por acuerdo con el profesor.

Textos referenciales:

No hay libro de texto oficial para el curso ni se espera que el estudiante compre uno. Se proveerán las notas de las clases como material primario de los temas a discutir. Sin embargo, se promueve que el estudiante suplemente su experiencia educativa con libros, contenido multimedia y cualquier otro medio de su preferencia. Algunos libros de texto recomendados:

- Biological Physics: Energy, Information, Life (Philip Nelson)
- Physical Biology of the Cell (Rob Phillips, Jane Kondev, Hernan Garcia, Julie Theriot)
- Biophysics: searching for principles (William Bialek)
- Nonlinear Dynamics and Chaos (Steven Strogatz)
- Stability and Complexity in Model Ecosystems (Robert May)

Objetivos del curso

Al completar el curso el estudiante tendrá una familiaridad holística del campo de la biofísica. El estudiante podrá comparar procesos biofísicos a distintas escalas espacio-temporales e identificar cuáles herramientas teóricas son más útiles para cada escala. Verá la interconexión entre las escalas y cómo se construyen modelos cuantitativos de problemas biológicos.

Objetivos específicos:

1. Adquirir y desarrollar destrezas de estimación de orden de magnitud y análisis dimensional

2. Desarrollar uso de editor Overleaf
3. Reconocer, identificar y distinguir entre los modelos biofísicos más comunes
4. Explicar cómo las células detectan y responden a cambios en el ambiente
5. Explorar descripciones cuantitativas sobre cómo los organismos responden a estímulo y el envejecimiento de los mismos
6. Comparar y contrarrestar los tipos de interacciones ecológicas entre organismos
7. Explicar la variación genética de poblaciones en escalas evolutivas
8. Revisar y resumir literatura primaria sobre temas de interés en la biofísica
9. Desarrollar una propuesta de investigación
10. Investigar el problema seleccionado y sintetizar posibles resultados

Bosquejo de contenido

Módulo 0 - INTRODUCCIÓN

- Discusión del sílabo, estructura del curso y métodos de enseñanza.
- Introducción a la biofísica. Jerarquía de la biología, escalas espacio-temporales desde lo pequeño/rápido a lo grande/lento. Como la física puede ser aplicada en la biología.
- Taller de Overleaf.

Módulo 1 - ESCALA MOLECULAR

- Temas: proteínas; quiralidad de biomoléculas; replicación de ADN; Ligand binding models; redes reguladoras
- formalismo: mecánica estadística; network theory; ecuaciones diferenciales

Módulo 2 - ESCALA CELULAR

- Temas: quimiotaxis; cell sensing; locomoción mecánica; transporte activo de moléculas; potenciales de acción; imbalances iónicos transmembranales
- formalismo: ecuaciones diferenciales; modelos de difusión; mecánica de fluidos; electroestática

Módulo 3 - ESCALA ORGANISMAL

- Temas: cáncer; comportamiento en respuesta a estímulo; fisiología; envejecimiento
- Formalismo: mecánica clásica; difusión; modelos empíricos y estadísticos

Módulo 4 - ESCALA ECOLÓGICA

- Temas: interacción depredador-presa; mutualismo; ciclos de nutrientes; competencia por recursos; flujo de energía y eficiencia energética en ecosistemas
- Formalismo: ecuaciones diferenciales; modelos conceptuales de Odum; Lotka-Volterra

Módulo 5 - ESCALA EVOLUTIVA

- Temas: mutaciones aleatorias versus adaptativas; variación genética; teoría de juego evolutiva; resistencia antimicrobiana
- Formalismo: estadísticas; teoría de juegos

Programa preliminar

Semana de clase	Tema	Fecha límite para entregar
1	introducción al curso discusión de sílabo taller de Overleaf	-
2		-
3	Moléculas	P0
4		-
5	Células	P1
6		-
7	Repaso y propuesta	P2
8	Organismos	propuesta de proyecto
9		-
10	Ecología	P3
11		-
12	Evolución	P4
13		-
14	Repaso y proyecto final	P5
15	Presentaciones	
16		Proyecto final

*P = problemas de tarea

Evaluación

El curso tendrá un total de 1000 puntos.

Técnicas de evaluación:

- Problemas	(100 pts c/u)	600 pts (60%)
- Proyecto final		300 pts (20%)
- Propuesta	(50 pts)	
- Escrito final	(150 pts)	
- Presentación oral	(100 pts)	
- Participación		100 pts (10%)

Problemas:

Habrán problemas para cada módulo temático. Los problemas se deben entregar al comienzo de la segunda clase del módulo siguiente. El primer día de tardanza tiene deducción de 5 puntos, cada día posterior tiene deducción de 10 puntos por día. Si el trabajo se entrega en Latex, tendrá 10 puntos de bono.

Cada problema será evaluado en términos de tres criterios: 1) trabajo mostrado (60%) ; 2) resultado final (30%) y 3) claridad del trabajo (10%).

Dado la naturaleza transdisciplinaria del curso, se fomenta la colaboración entre estudiantes. Sin embargo, el trabajo entregado por cada estudiante debe ser representativo de su propia producción intelectual.

Proyecto final:

En el transcurso del semestre, el estudiante debe realizar un trabajo de investigación en torno a algún tema de interés personal. El tema deberá ser relevante al curso; donde se utilicen métodos cuantitativos en problemas biológicos. El estudiante deberá revisar literatura primaria y secundaria para escoger un tema para el proyecto. Algunas sugerencias de temas para el proyecto:

- Análisis de estabilidad de sistemas ecológicos
- Modelos cinéticos de procesos bioquímicos, celulares o en organismos
- Simulaciones de variación genética a nivel evolutivo
- Análisis taxonómico con secuencias de mRNA

El estudiante deberá someter una propuesta del proyecto final. El documento debe ser de una a dos (1-2) páginas. En el mismo deberá exponer el tema de interés, un resumen de la literatura revisada, estipular en una oración el problema a discutir en el proyecto final y un bosquejo corto de plan de trabajo.

El proyecto final consiste de un trabajo de cinco a ocho (5-8) páginas. El estudiante deberá realizar una revisión de literatura más amplia, citando referencias. El tema de investigación será explorado con métodos cuantitativos (modelos, simulaciones, analítica) según decisión del estudiante. Se espera que el estudiante adquiera dominio del tema de investigación, pero obtener resultados no es menester. De estar interesado en realizar un trabajo investigativo más completo, con posibilidad de publicación en una revista científica, favor de notificarme.

La presentación oral servirá de breve exposición del tema, la literatura y el problema considerado por el estudiante. La presentación deberá ser de 10-15 minutos.

Participación:

El curso fomenta un alto nivel de discusión entre pares. Por tanto, la participación será evaluada. La evaluación será cualitativa acorde con la siguiente rúbrica: participación en todas o casi todas las clases = 80-100 pts; participación en la mayoría de las clases = 60-80 pts ; participación en mitad de las clases = 40 - 60 pts ; participación en algunas clases = 20 - 40 pts; participación en pocas o ninguna clase = 0 - 20 pts. Tanto la calidad como la cantidad de la participación será considerada en la adjudicación final de puntos por participación.

Asistencia:

La asistencia no será reforzada con evaluación de puntos. Sin embargo, la participación depende crucialmente de la asistencia. De no poder asistir, el estudiante debe comunicarse conmigo al menos 48 hrs antes de la clase que va a faltar. Este tiempo de antelación permite que podamos organizar formas de compensar el material perdido. En caso de ausencias no notificadas, el estudiante tendrá que comunicarse con colegas del curso para compensar el material perdido.