# Fenómenos de transporte en biomedicina

**Curso Académico: ( 2019 / 2020 )** **Fecha de revisión: 02-05-2019**

**Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Bioingeniería e Ingeniería Aeroespacial**

**Coordinador/a: RIPOLL LORENZO, JORGE**

**Tipo: Obligatoria Créditos ECTS : 6.0**

**Curso : 3 Cuatrimestre : 1**

## REQUISITOS (ASIGNATURAS O MATERIAS CUYO CONOCIMIENTO SE PRESUPONE)

Se recomienda haber completado Cálculo I y II , Física I y II. También es recomendable, pero no obligatorio, haber completado ecuaciones diferenciales , Biomecánica de Medios Continuos II ( líquidos ) y Métodos Numéricos en Biomedicina.

## OBJETIVOS

En este curso los estudiantes obtendrán los fundamentos sobre la comprensión y resolución de problemas relacionados con las aplicaciones de ingeniería biomédica de momento, calor y fenómenos de transporte de masa. Al final del curso, cada alumno será capaz de:
- Formular las ecuaciones diferenciales que representan la situación física de los problemas biomédicos relacionados con la masa, cantidad de movimiento, o transferencia de calor (o combinaciones de éstos) y determinar las condiciones de contorno adecuadas.
- Aplicar las leyes de conservación de flujo para describir el sistema para diversas geometrías, en particular para el flujo a través de un conducto.
- Distinguir entre los modos de transferencia de calor o de transferencia de masa, explicar las analogías entre transferencia de calor y masa y aplicar las ecuaciones correctas para describir cada modo.
- Determinar los coeficientes de transferencia de masa por convección utilizando analogías apropiadas para la situación geométrica.
- Utilizar software de modelado (Matlab) para modelar problemas de transporte de masas y analizar datos experimentales.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA

Intro. Introducción al transporte en Sistemas Biológicos:

1. Introducción,
- 1.1. El papel del transporte Procesos en Sistemas Biológicos,
- 1.2. Definición de Procesos de transporte (difusión, convección, Transporte por interacción)
- 1.3. Importancia relativa de convección y Difusión,
- 1.4. Transporte intracelular (transporte a través de la membrana celular, el transporte dentro de la célula,
- 1.5. Transporte Transcelular (uniones entre las células, células epiteliales, células endoteliales)
- 1.6. Sistemas de Transporte fisiológicos (Sistema cardiovascular, sistema respiratorio, tracto gastrointestinal, hígado, riñones, función integrada de Órgano)
- 1.7. Aplicación de los Procesos de transporte en la enfermedad de Patología, tratamiento y desarrollo de dispositivos (Procesos de transporte y Aterosclerosis, Procesos de transporte y Tratamiento del Cáncer, Procesos de transporte, órganos artificiales, e Ingeniería de Tejidos)
- 1.8. Importancia relativa de Transporte y de Procesos de Reacción

Parte I. Introducción a la Mecánica de fluidos fisiológicos:

2. Relaciones de Conservación y Balance de Momento:
- 2.1. Introducción,
- 2.2. Cinemática de fluidos (volúmenes de control, campo de velocidad, Caudal, aceleración)
- 2.3. Relaciones de conservación y condiciones de contorno (conservación de la masa, Balance de Momento, fuerzas, condiciones de frontera)
- 2.4. Estática de Fluidos (estático de equilibrio, la tensión superficial, la membrana y la tensión cortical)
- 2.5. Relaciones constitutivas (Ley de la viscosidad de Newton, reologíano newtoniana , comportamiento viscoelástico dependiente del tiempo )
- 2.6. Flujo laminar y turbulento
- 2.7. Aplicación de Balance de Momento (flujo inducido por una placa deslizante, Flujo a través de un

canal rectangular estrecho, Flujo a través de un tubo cilíndrico, Flujo de un fluido y Ley de alimentación en un tubo cilíndrico, flujo entre cilindros)
- 2.8 Reología y flujo de sangre

3. Relaciones de Conservación para el transporte de fluidos, análisis dimensional y escalar:
- 3.1. Introducción,
- 3.2. Forma diferencial de la ecuación de conservación de la masa en tres dimensiones (forma general de la ecuación de conservación de la masa, la Conservación de la Masa en Fluidos incompresibles )
- 3.3. Forma diferencial de la conservación del momento lineal y de las ecuaciones de Navier-Stokes en tres dimensiones (forma general de la ecuación de conservación del momento lineal, la ecuación de Navier-Stokes)

4. Métodos aproximados para el Análisis de flujo fisiológico complejo:
- 4.1. Introducción,
- 4.2. Forma Integral de la ecuación de conservación de la masa,
- 4.3. Forma Integral de la ecuación de conservación del momento lineal)

Parte II. Fundamentos y Aplicaciones de Transporte de Masa en Sistemas Biológicos:

5. Transporte de Masa en Sistemas Biológicos:

- 5.1. Introducción
- 5.2. Flujos de solutos en mezclas (transporte en soluiciones diluidas)
- 5.3. Relaciones Conservación (Ecuación de conservación de la masa para una mezcla, condiciones de frontera)
- 5.4. Relaciones constitutivas (Ley de Difusión de soluciones diluidas de Fick, Difusión en soluciones concentradas)
- 5,5. Difusión como un camino aleatorio
- 5.6. Estimación de Coeficientes de difusión en solución (propiedades de transporte de proteínas, El Stokes-Einstein Equation, Estimación de coeficientes de resistencia de fricción, los efectos de la forma de la superficie real y la hidratación, correlaciones
- 5.7. Difusión independiente del tiempo en una dimensión (Difusión en coordenadas rectangulares, DifusiónRadial en coordenadas cilíndricas, DifusiónRadial en coordenadas esféricas)
- 5.8. Difusión inestable en una dimensión (Difusión unidimensional en un medio semi-infinito, Difusión inestable unidimensional en un Medio Finito , Modelo de difusión de un soluto en una esfera de un baño bien agitada)

6. Difusión con convección o eléctricos Potenciales:

- 6,1. Introducción
- 6.2. Ley de Fick de la difusión y de flujos de solutos,
- 6.3. Conservación de la Masa para soluciones diluidas (Transporte en mezclas de multicomponentes)
- 6.4. Análisis Dimensional
- 6.5 Difusión y convección (difusión a través de las paredes de un canal: solución de contacto corto)
- 6.6 . Formulación macroscópica de Relaciones Conservación para soluciones diluidas
- 6.7 . Coeficientes de transferencia de masa
- 6.8 . Transferencia de Masa a través de membranas : Aplicación a hemodiálisis

7. Transferencia de calor
-7.1 . introducción
-7.2 . Primera Ley de la Termodinámica y Metabolismo
-7.3 . Conducción de Calor estable e inestable
-7.4 . Transferencia de Calor convectivo
-7.5 . Transferencia de energía por evaporación
-7.6 . Metabolismo y Regulación de la temperatura corporal (homeostastis)

## ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

SEMINARIOS:
Debido a la gran cantidad de temas tratados y su carácter multidisciplinar, es importante que el estudiante haga un estudio sobre el tema antes de la clase.
1) Seminarios: Durante las conferencias se presentará el tema propuesto, siempre fomentando el debate.
2) Sesiones de debate: Cuando el tema lo permita, se formarán grupos de 3-5 para las sesiones de debate para resolver problemas específicos relacionados con el tema actual, con la idea principal de aumentar la comprensión del problema y el desarrollo de diferentes estrategias para resolverlo,

haciendo hincapié en el hecho de que casi siempre hay diferentes soluciones para el mismo problema.
3) Presentaciones orales: Por lo menos una vez durante el curso cada estudiante tendrá la oportunidad de hacer una breve presentación oral sobre un tema relacionado con el curso. Estas presentaciones orales serán preparadas en grupos de entre 4 y 6 alumnos (un "Equipo") y tienen una duración de aprox. 10 minutos por estudiante.

EQUIPOS
Durante las clases en grupos reducidos se formarán los siguientes equipos:
TEAM Cardio
TEAM Vascular
TEAM Hemoglobin
TEAM Gastro
TEAM Glomerulus
TEAM Joints
Cada alumno pertenecerá a uno de estos equipos, teniendo un máximo de 7 alumnos por equipo, siempre buscando un equilibrio entre el número de alumnos por cada equipo. Los equipos se reunirán varias sesiones para preparar una clase sobre su tema principal de 50 minutos, en la que se expondrá la biología, la física y los órganos artificiales existentes, un problema para ser resuelto en clase, y dos preguntas tipo test.

DEBERES:
Las tareas serán asignadas con frecuencia durante el curso. La tarea es ayudar a cada alumno practique la configuración y la solución de problemas de movimiento, calor y transferencia de masa. Para cada tarea, se requiere que todos los problemas se hayan resuelto. Todos los problemas serán puntuados por el esfuerzo. Se otorgará crédito sólo para los problemas para los que el estudiante ha hecho un claro intento de resolver el problema correctamente. Todos los trabajos deben ser entregados al comienzo de la clase en la fecha propuesta. No se aceptarán trabajos entregados fuera de plazo.

SESIONES DE LABORATORIO:
Para estas sesiones la clase se dividirá en sus grupos reducidos, y cada experimento se realizará en grupos de no más de 3 estudiantes. Durante estas sesiones mediante experimentos sencillos se estudiarán los conceptos básicos de transporte y de flujo. El objetivo principal durante estas sesiones es comprender la física detrás del experimento y cómo se relaciona con la teoría que se presenta durante los seminaros, para obtener datos experimentales rigurosos, para analizar estos datos, y finalmente a presentar estos datos como un informe científico. Se usará software para el análisis de datos, en particular Matlab e ImageJ.

IMPORTANTE: Las sesiones de laboratorio tendrán lugar durante las dos primeras semanas del curso. La asistencia es obligatoria.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

La calificación final será una combinación de Sesiones de laboratorio (10%), la evaluación continua (50%) (a tener en cuenta que el 10% + 50% = 60%) y examen final (40%), en particular:

1) sesiones de laboratorio (10%): Esfuerzo, metodología y el ingenio, no tanto por la precisión del resultado final, serán los puntos relevantes en el informe. Lo importante es presentar los resultados, aunque fuesen negativos, de una manera científica, explicando en detalle por qué el experimento falló (en caso de que fallase) o el análisis de los resultados a fondo en caso de que se haya realizado correctamente. La calificación será compartida en caso de que el experimento se haga por más de un estudiante. La asistencia a todas las sesiones es obligatoria. El 50% de la nota serán la memoria con los resultados y el otro 50% el trabajo en equipo de investigación que tendrá lugar durante las sesiones de laboratorios.

2) Evaluación continua (50%): Dentro de esta categoría tendremos puntuación para la Presentación Oral que cada estudiante hará junto con su Equipo (20%), un examen escrito (20%) y los deberes (10%) .

3) EXAMEN FINAL (40%): El examen final será un examen escrito y llevará a cabo al final del curso, siendo común para todos los estudiantes. En él se incluirán los problemas y las preguntas tipo test que cubren los principales temas del curso. La puntuación mínima para que el resultado haga media en la calificación global de la asignatura es de 4,0 sobre 10, con independencia de las calificaciones obtenidas en la evaluación continua.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA
La nota de la continua se guarda para la extraordinaria. La nota final en esta convocatoria será la nota máxima entre un 40% de examen y un 60% de continua, y un 100% de examen extraordinario.

ALUMNOS DE INTERCAMBIO EN EL EXTRANJERO

Los alumnos matriculados que se encuentren realizando una estancia en el extranjero, al no poder realizar las tareas presenciales (experimentos, investigación en grupo, y presentación oral) no podrán optar a más del 70% de la nota en primera convocatoria (40% examen final, 20% mid-term realizado online, y 10% de homework) teniendo opción al 100% del examen en la convocatoria extraordinaria.

COPIA O FRAUDE

No se tolerará la copia o el fraude en ninguna de las actividades que componen esta asignatura. Dependiendo de la severidad del caso, las medidas que se tomarán oscilarán entre un mínimo de un cero en la actividad hasta una acción disciplinaria sometida al consejo de la escuela politécnica.

| | |
|---|---|
| **Peso porcentual del Examen Final:** | 40 |
| **Peso porcentual del resto de la evaluación:** | 60 |

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA


- Mark Johnson and C. Ross Ethier Problems for Biomedical Fluid Mechanics and Transport Phenomena, Cambridge University Press; 1 edition, 2013
- G.A. Truskey, F. Yuan, and D.F. Katz Transport Phenomena in Biological Systems, 2nd edition, Pearson Prentice Hall, 2009


## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA


- F.P. Incropera, D.P. DeWitt, T.L. Bergman, and A.S. Lavine Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 6th edition, John Wiley & Sons, 2007
- G. K. Batchelor An Introduction to Fluid Dynamics , Cambridge University Press, 2000
- Olivier Darrigol Worlds of Flow, Oxford University Press, 2005