

# RELACIÓN INGENIERÍA, BIOLOGÍA Y MEDICINA: LINEAMIENTOS GENERALES EN ESTE CAMPO PARA LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

## I. INTRODUCCIÓN

Desde finales de la década de los 60 se iniciaron trabajos de investigación en el departamento de Ingeniería Mecánica empleando herramientas de Ingeniería para innovar en temas médicos. Este trabajo interdisciplinario médico – “ingenieril” ha continuado hasta el presente enmarcado dentro del Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB) con la interacción de ingenieros (civiles, eléctricos y electrónicos, químicos, mecánicos y de sistemas) con médicos de diferentes áreas. El GIB no es el único grupo interesado en esta área en la universidad, actualmente otros centros y grupos tales como: el Laboratorio de Genética Humana, el CIMIC (Centro de Investigaciones Microbiológicas), el CIMPAT (Centro de Investigación en Microbiología y Parasitología Tropical) y el CIBI (Centro de Investigaciones en Bioquímica) trabajan de forma interdisciplinaria en el tema.

El requerimiento de abordar este campo del saber con enfoque interdisciplinario justifica la necesidad de brindar una formación académica que facilite, apoye y mantenga la interacción entre las áreas de Ingeniería, Biología y Medicina. Hasta el momento, se han concebido diferentes alternativas para llevar a cabo esta formación: la creación de una Opción en Bioingeniería para pregrado, la creación de un nuevo pregrado en Bioingeniería y la creación de espacios de posgrado (la Maestría en Ciencias Biomédicas y el programa de doctorado en Ingeniería dentro del GIB existen desde el 2002. Cada una de estas

tres alternativas puede ser analizada con diferentes perspectivas temporales desde el punto de vista de la universidad.

El propósito de este artículo es presentar la primera de estas alternativas: la opción de pregrado en Bioingeniería. A continuación se expondrán: los factores que motivaron la creación de esta opción, los objetivos principales del programa, las líneas académicas y de investigación incluidas dentro de la opción, la estructura académica y la articulación con los programas de pregrado en Ingeniería, Física, Matemáticas, Biología y Medicina.

## II. MOTIVACIÓN

La motivación para crear la opción de pregrado en Bioingeniería es de carácter externo e interno.

### A. Externa

- Entorno en Servicios de Salud: la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas a problemas locales, expresada por parte de instituciones nacionales del área de la salud.
- Tendencia mundial hacia *biology-based engineering*.
- La posibilidad de realizar contactos con empresas de desarrollo tecnológico en el área y la de contribuir en la creación y crecimiento de dichas empresas.
- Otorgar visibilidad y coherencia a la actividad académica de la universidad en este tema.
- Aumentar las posibilidades de acceder a financiación nacional e internacional.

**Marcela Hernández Hoyos, Juan Carlos Briceño, Elsa M. Nieto, Antonio Salazar, Ana Carolina Silva, Diana M. Tabima, Jorge Torres, José Tiberio Hernández**  
 Grupo de Ingeniería Biomédica  
 ingbiomedica@uniandes.edu.co  
 Facultad de Ingeniería - Universidad de los Andes

**B. Interna**

- Interés de profesores por temas afines y curiosidad por temas de biotecnología.
- Trayectoria del Grupo de Ingeniería Biomédica.
- Masa crítica de profesores en áreas afines.
- Existencia de actividades docentes y de investigación conjuntas con la Facultad de Ciencias.
- Apertura de la Facultad de Medicina.
- Interés de agrupar y dar coherencia al crecimiento y desarrollo del área en la universidad.

**III. OBJETIVOS DEL PROGRAMA**

- Brindar a estudiantes de Ingeniería, Biología, Medicina y otras carreras, habilidades para entender los desafíos actuales y los avances de la investigación en Bioingeniería con un enfoque inter y multidisciplinario.
- Generar un espacio para producir y manejar conocimiento enfocado a la solución de los problemas de Bioingeniería en el país.
- Capacitar profesionales en el uso de herramientas de análisis de Ciencias Básicas, de la Salud y de Ingeniería, en problemas biológicos y médicos.
- Estimular el conocimiento de tecnologías avanzadas y su aplicación en el área de Bioingeniería.

**IV. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DO-**

**C E N C I A**

La opción ha sido dividida en cinco líneas de investigación y docencia (Fig. 1).

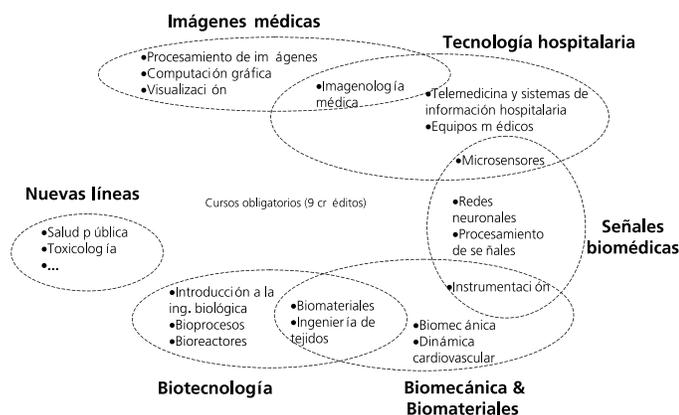
- Imágenes Médicas
- Tecnología Hospitalaria
- Señales Biomédicas
- Biomecánica y Biomateriales
- Biotecnología

**A. Imágenes médicas**

Las imágenes médicas son utilizadas cotidianamente en la clínica para establecer un diagnóstico, escoger o hacer seguimiento a una acción terapéutica. Estas imágenes provienen principalmente de la tomografía (rayos X) o scanner, de la resonancia magnética o IRM y del ultrasonido o ecografía. A pesar de que estas imágenes proveen información sobre la morfología y el funcionamiento de los órganos, su interpretación objetiva y cuantitativa es una tarea aún difícil de realizar. Esto constituye un dominio de investigación multidisciplinario en el cual la medicina, la informática, las matemáticas aplicadas y la física se asocian a fin de construir nuevas herramientas de ayuda al diagnóstico y a la planeación y seguimiento terapéutico, basadas en un análisis automático de imágenes médicas.

El objetivo de esta línea es formar profesionales capaces de crear ayudas informáticas al diagnóstico médico con énfasis en el análisis, procesamiento,

Figura 1. Líneas de la Opción en Bioingeniería



generación, visualización y manipulación de imágenes médicas.

Los cursos electivos de esta línea son los siguientes:

*1. Procesamiento de imágenes:*

Este curso introduce el tema de procesamiento y análisis de imágenes por computador como punto de entrada en la búsqueda de aplicaciones de estas técnicas a problemáticas locales. Se pretende que el estudiante logre adquirir un conocimiento de los conceptos y las técnicas básicas de procesamiento de imágenes y del trabajo de análisis que se puede lograr con ellas. Dentro del marco de la Opción en Bioingeniería, el objetivo es desarrollar criterios sobre la aplicabilidad de estas técnicas a un problema particular en las áreas de Biología y Medicina.

*2. Visualización:*

Este curso introduce el tema de visualización como herramienta de exploración, análisis y presentación de información compleja, entendida esta última como aquella extraída de grandes volúmenes de datos o información multidimensional que requiere de una representación gráfica para ser analizada. Este es el caso de la información generada y/o manipulada en estudios biológicos y médicos.

*3. Computación gráfica:*

El objetivo de este curso es el estudio de conceptos, métodos y algoritmos que permitan la visualización "realista" en computador de modelos (objetos) bidimensionales y tridimensionales. El propósito es asimilar la construcción de modelos de objetos

simples y compuestos, estáticos y dinámicos, sobre los cuales se pueda aplicar la teoría de visualización en computador.

**A. Tecnología Hospitalaria**

El ejercicio de la medicina actual se soporta ampliamente en tecnologías de punta, por lo cual se imponen grandes retos a la comunidad científica, en cuanto a mejoramiento de las técnicas hospitalarias y de la misma aplicación médica. El objetivo de esta línea es formar profesionales que conozcan muy bien las técnicas aplicadas en las distintas disciplinas médicas, lo cual les permitirá proponer soluciones o propuestas innovadoras.

Los cursos de esta línea son los siguientes:

*1. Telemedicina y sistemas de información hospitalaria*

Este curso está enfocado a la enseñanza del uso de nuevas tecnologías de la información y comunicaciones, para lograr mejorar la atención en salud y cobertura del servicio de salud. Se busca igualmente que el estudiante entienda las posibilidades y limitaciones de su implantación.

*2. Imagenología médica:*

Este curso brinda al estudiante una visión general de los principios físicos, de las tecnologías existentes y de la aplicación médica y su relación con los equipos de imagenología médica más utilizados: Radiología convencional y tomografía plana, Tomografía Axial Computarizada (TAC), Resonancia Magnética Nuclear, Ultrasonido, Medicina Nuclear, Patología, Dermatología y ORL.

### *3. Equipos médicos:*

Este curso sienta las bases técnicas de las tecnologías utilizadas a nivel hospitalario: cirugía, cuidados intensivos, apoyo diagnóstico, rehabilitación, entre otros.

#### **A. Señales biomédicas**

En esta línea se estudian e investigan los procesos eléctricos involucrados en el funcionamiento de diversos órganos del cuerpo humano, cerebro, corazón y músculo entre otros, así como los efectos de la aplicación de corrientes y potenciales eléctricos a dichos órganos.

Igualmente se estudian y analizan las señales eléctricas producidas por estos órganos, utilizando métodos de detección y procesamiento que involucran desarrollo de hardware y software específicos a cada señal y órgano que la produce.

Los cursos electivos de esta línea son los siguientes

#### *1. Microsensores:*

En este curso se presentan los elementos que componen sensores de tamaños en la escala microscópica, algunos de los cuales pueden ser introducidos en el cuerpo humano.

#### *2. Redes neuronales:*

Este curso presenta una metodología computacional basada en un modelo de funcionamiento de neuronas y la interacción entre ellas. Estas redes pueden ser entrenadas para encontrar patrones de comportamiento de parámetros de diversa índole.

### *3. Procesamiento de señales:*

Este curso tiene como objetivo presentar herramientas matemáticas y computacionales para el análisis de señales eléctricas provenientes de diversos órganos, particularmente cerebro, corazón y músculo.

#### **A. Biomecánica y Biomateriales**

El estudio del cuerpo humano se ve beneficiado por la descripción de sus sistemas como modelos mecánicos.

El objetivo de esta línea de investigación es el estudio de la estructura y función de los sistemas biológicos utilizando los métodos de la mecánica. Este estudio está encaminado al desarrollo de ayudas en el diagnóstico y tratamiento de patologías en especialidades afines (ortopedia, cardiología, cirugía cardiovascular, rehabilitación).

Los cursos electivos de esta línea son los siguientes:

#### *1. Biomecánica:*

El curso busca mostrar la relación directa entre el sistema oseo-muscular y la mecánica y los métodos utilizados para el estudio del movimiento humano.

#### *2. Dinámica Cardiovascular:*

El objetivo de la dinámica cardiovascular es estudiar las propiedades físicas de la sangre, el corazón, las venas y las arterias, la relación de estas propiedades con los fenómenos que se observan en la circulación y la aplicación de los resultados en la investigación de la fisiología y patología cardiovascular y en su diagnóstico y tratamiento

### 3. *Biomateriales:*

El curso combina los principios de la ciencia de materiales y biología celular, introduciendo los materiales utilizados en Medicina, presentando las propiedades y los tipos más representativos. Estudiará las generalidades biológicas del ambiente al que serán expuestos estos materiales, la respuesta fisiológica del ambiente al material y la influencia del ambiente en las propiedades, químicas, bioquímicas y mecánicas del material. Se mostrarán algunas aplicaciones de los materiales en la medicina para el diseño de dispositivos e implantes.

### 4. *Instrumentación Biomédica:*

El objetivo de este curso es presentar al estudiante los principios de funcionamiento y utilización de los equipos utilizados en medicina.

#### A. *Biotecnología*

La utilización y manipulación de organismos vivos para beneficio del ser humano mediante la aproximación de las ciencias básicas y la ingeniería, se conoce como Biotecnología. El objetivo de esta línea de investigación es desarrollar metodologías de producción que permitan explotar una característica específica de un organismo para aplicaciones técnicas.

Los cursos de esta línea son:

#### 1. *Introducción a la ingeniería biológica:*

En este curso se introducen los conceptos básicos relacionados con las unidades fundamentales de la vida (células), los tipos de organismos y su funcio-

nalidad para producir metabolitos y derivados útiles a escala laboratorio.

#### 2. *Bioprocesos:*

En este curso se describen las aplicaciones potenciales de los organismos y las técnicas disponibles para la producción y escalamiento de los procesos biológicos.

#### 3. *Bioreactores:*

Este curso pretende que el estudiante esté en capacidad de aplicar los conceptos de transferencia de masa, calor y momento a la optimización de las cinéticas propias de microorganismos, favoreciendo la generación de productos específicos.

#### 4. *Ingeniería de tejidos:*

El estudiante adquirirá las bases para la aplicación de los principios científicos al diseño, construcción, modificación, crecimiento, y mantenimiento de tejidos vivos. Se presentarán dos ramas de desarrollo: (1) Construcción in vitro de tejidos bioartificiales a partir de células aisladas del donante por medio de procesos enzimáticos. (2) Alteración in vivo del crecimiento y la función celular.

## V. ESTRUCTURA ACADÉMICA Y ARTICULACIÓN CON LOS PROGRAMAS DE PREGRADO

La opción está conformada por un bloque de materias obligatorias (9 créditos) y un bloque de materias electivas (6 créditos).

El objetivo de las materias obligatorias es sentar los

fundamentos en Biología, Fisiología, Ciencias de la Ingeniería y Programación. Éstas dependerán de la procedencia del estudiante (formación inicial) y de la línea de la opción. Los posibles cursos del bloque obligatorio son:

- Introducción a la Bioingeniería.
- Introducción a las Ciencias de Ingeniería.
- Biología celular.
- Bioquímica.
- Fisiología médica.
- Introducción a la programación.
- Taller de programación.

El objetivo de las materias electivas es profundizar en las diferentes líneas de la opción descritas en la sección anterior. Los siguientes cuadros ilustran la articulación de la opción con los diferentes programas de pregrado.

## VI. CONCLUSIONES

La Opción en Bioingeniería hace parte de la iniciativa de la Facultad de Ingeniería de buscar una estructura académica más dinámica, abierta a las nuevas tendencias y dirigida hacia una educación multidisciplinaria. En este contexto, la Opción en Bioingeniería, junto con la Maestría en Ciencias Biomédicas, son fundamentales en la consolidación de la interacción entre Ingeniería, Biología y Medicina en la Universidad de los Andes. El objetivo a largo plazo es evolucionar hacia la creación de una formación de pregrado en el área.

### B. Línea de Imágenes Biomédicas

Programa	Ingeniería, Física, Matemáticas	Biología	Medicina
Materias obligatorias	Intr. Bioingeniería	Intr. Bioingeniería	Intr. Ciencias Ing.
	Biología celular	Biología celular	Intr. Programación
	Fisiología Médica	Intr. Ciencias Ing.	Taller de Progr.
Materias electivas	Procesamiento de Imágenes (PR*: Estructuras de Datos)		
	Computación Gráfica (PR*: Estructuras de Datos)		
	Visualización (PR*: Taller de Programación)		

\*PR: Materia prerequisite

### C. Línea de Tecnología Hospitalaria

Programa	Ingeniería, Física, Matemáticas	Biología	Medicina
Materias obligatorias	Intr. Bioingeniería	Intr. Bioingeniería	Intr. Ciencias Ing.
	Biología celular	Fisiología Médica	
	Fisiología Médica	Intr. Ciencias Ing.	
Materias electivas	Imagenología Médica		
	Telemedicina y Sistemas de Información Hospitalaria		
	Equipos Médicos		

### D. Línea de Biomecánica y Biomateriales

Programa	Ingeniería, Física, Matemáticas	Biología	Medicina
Materias obligatorias	Intr. Bioingeniería	Intr. Bioingeniería	Intr. Ciencias Ing.
	Biología celular	Fisiología Médica	
	Fisiología Médica	Intr. Ciencias Ing.	
Materias electivas	Biomecánica		
	Biomateriales		
	Dinámica Cardiovascular		
	Instrumentación Biomédica (PR*: MASD)		

\*PR: Materia prerequisite

### E. Línea de Señales Biomédicas

Programa	Ingeniería, Física, Matemáticas	Biología	Medicina
Materias obligatorias	Intr. Bioingeniería	Intr. Bioingeniería	Intr. Ciencias Ing.
	Biología celular	Fisiología Médica	
	Fisiología Médica	Intr. Ciencias Ing.	
Materias electivas	Redes Neuronales		
	Procesamiento de Señales		
	Instrumentación Biomédica (PR*: MASD)		
	Microsensores		

\*PR: Materia prerequisite

### F. Línea de Biotecnología

Programa	Ingeniería, Física, Matemáticas	Biología	Medicina
Materias obligatorias	Intr. Bioingeniería	Intr. Bioingeniería	Intr. Ciencias Ing.
	Biología celular	Intr. Ciencias Ing.	
	Bioquímica		
Materias electivas	Ingeniería de Bioprocesos (PR*: Análisis químico)		
	Diseño de Bioreactores		
	Introducción a Ingeniería Biológica		

\*PR: Materia prerequisite