

# La Biología en Ingeniería

## Referentes Nacionales

Con el fin de establecer la representatividad en los currículos de las asignaturas relacionadas con Biología y los contenidos impartidos, se realizó la revisión del plan de estudios de nueve Ingenierías básicas<sup>1</sup> publicados en los portales de internet de 24 universidades de Colombia. Tanto los programas de Ingeniería como las universidades, fueron escogidas teniendo en cuenta su participación en aplicaciones del EXIM y su representatividad por el número de estudiantes a nivel nacional. La revisión evidencia que las asignaturas relacionadas con Biología, se imparten de primero a quinto semestre y hacen parte del componente de fundamentación en Ciencias Básicas. Los programas de Ingeniería de Alimentos e Ingeniería Ambiental son los únicos que presentan asignaturas relacionadas con Biología. Los programas en los que es menos frecuente la Biología en los planes de estudio son los de Ingeniería Electrónica, de Sistemas, Mecánica y Eléctrica (Tabla 3).

Tabla 3.

Revisión de 24 planes de estudio de los programas de Ingeniería en Colombia

| Programa                                                                                | Ing. Ambiental | Ing. Civil | Ing. Eléctrica | Ing. Electrónica | Ing. Química | Ing. Industrial | Ing. de Sistemas | Ing. Mecánica | Ing. de Alimentos |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|----------------|------------------|--------------|-----------------|------------------|---------------|-------------------|
| Porcentaje de universidades que ofrecen en su plan de estudios asignaturas relacionadas | 100            | 50         | 38             | 29               | 88           | 53              | 30               | 37            | 100               |

Un porcentaje de 100% indica que para ese programa de ingeniería se ofrecen asignaturas relacionadas con Biología en las 24 universidades.

<sup>1</sup>Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería de Alimentos.

Por otra parte, el 38% de las universidades ofrece cursos de Biología para menos del 30% de sus programas de ingeniería y solo el 20% de las universidades ofrece cursos de Biología para el 80 ó 100% de sus programas de ingeniería. En seis universidades ninguno de los programas de Ingeniería ofrece Biología dentro de sus planes de estudio y solamente en cuatro de las universidades consideradas, se imparte una asignatura de Biología para todos los programas de Ingeniería ofrecidos.

La falta de una fundamentación en el área de Biología se puede relacionar con los bajos puntajes obtenidos en esta área en las siete aplicaciones del EXIM de 2007 a 2013, en donde se observa que un porcentaje muy bajo de universidades (0-12%) presentan un puntaje promedio superior a 60 puntos y el promedio entre universidades no supera los 54 puntos; durante los años 2009 y 2010 ninguna universidad obtuvo un promedio superior a 60 puntos; en el año 2012 se presenta el mayor porcentaje de universidades con promedio superior a 60 puntos y también el promedio más alto entre las universidades que presentaron la prueba (Tabla 4).

**Tabla 4.**

Resumen del promedio en Biología obtenidos en el EXIM

| Año de aplicación | promedio superior a 60 puntos | Promedio de los puntajes obtenidos por las universidades |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 2007              | 9                             | 51                                                       |
| 2008              | 8                             | 52                                                       |
| 2009              | 0                             | 50                                                       |
| 2010              | 0                             | 50                                                       |
| 2011              | 8                             | 52                                                       |
| 2012              | 12                            | 54                                                       |
| 2013              | 4                             | 50                                                       |

Aunque es comprensible que el campo de conocimiento en Biología tenga diferentes niveles de profundización para cada programa de Ingeniería, es

importante que todos ellos cuenten con al menos una asignatura en la que se estudien los conceptos básicos de Biología, que permitan comprender fenómenos biológicos y sus posibles aplicaciones en procesos de Ingeniería, reconocer la importancia de las complejas relaciones de los seres vivos con el medio ambiente, sus variaciones en el tiempo y el espacio, evaluar los impactos de las actividades relacionadas con la Ingeniería y propender por su conservación y uso sostenible.

Adicionalmente, hay una tendencia mundial a la integración de los principios de la Ingeniería con la Biología, para la búsqueda de soluciones, es por esto que se han propuesto programas de pregrado en Bioingeniería, con un enfoque inter y multidisciplinario en donde se trabajen las habilidades que permitan afrontar los desafíos actuales y los avances de la investigación (Hernández *et. al*, 2004). Este tipo de integración es lo que permite el desarrollo de procesos en biotecnología o el manejo, procesamiento e integración de toda la información biológica que se produce; es así como la ciencia descubre nuevos fenómenos que luego serán modelados y utilizados por la ingeniería en el diseño de soluciones que a su vez pueden fortalecer la investigación de nuevo conocimiento (Johnson, 2011) o que pueden crear soluciones a los impactos generados por las actividades propias de su desempeño profesional.

Desde sus distintas competencias profesionales, los ingenieros son importantes agentes de cambio desarrollando soluciones a problemas de infraestructura, mitigando impactos generados por el desarrollo y las actividades humanas, desarrollando sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, así como sistemas de automatización y control de procesos industriales; implementando procesos en la ingeniería de computadores y sistemas de tratamiento de información; enfrentando problemas relacionados con la gestión empresarial; contribuyendo a soluciones en el campo tecnológico desde la investigación básica hasta su aplicación a usos tan diversos como la creación de maquinaria industrial, agrícola, termoeléctrica, automotriz, médica, aeronáutica, espacial; desarrollando habilidades y competencias para comprender, analizar,

administrar, dirigir, supervisar y controlar procesos en el que una o varias materias primas se transforman en productos elaborados, así como diseñando y construyendo los equipos y las plantas de producción donde se realizan estos procesos (recuperado de: <https://ingenieria.uniandes.edu.co>).

Todas estas acciones, desempeñadas en tan diversos campos de acción de la ingeniería, generan modificaciones en el paisaje, impacto sobre las interacciones y funcionamiento de sistemas biológicos, que exigen un conocimiento básico en Biología, tal como se señala en el meta-perfil del Ingeniero Civil (Tuning, 2013), en donde se proponen dentro la dimensión social las competencias “*considerar el impacto ambiental y social de las obras civiles*” y “*proponer soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible*”.

Por su parte, ACOFI (2004) publicó una primera versión de los contenidos programáticos en el marco del examen ECAES de Ingeniería del 2003, en donde reconoce la importancia del área de la Biología para ser aplicada en las actividades de cualquier profesional de la Ingeniería y propone temas y contenidos que deberían ser tenidos en cuenta por las Universidades. La formación integral de un estudiante de ingeniería debe contemplar la fundamentación en conceptos biológicos; una formación sólida en Biología para los ingenieros, puede marcar la diferencia en la calidad y responsabilidad de profesionales.

Pensando en una educación que ofrezca una formación básica en Biología, que permita la “*...optimización de los recursos para el crecimiento, desarrollo sostenible y bienestar de la humanidad*” (Ministerio de Educación Nacional, 2003) se presenta a continuación la propuesta de la estructura de prueba para la evaluación de Biología en el EXIM.



## 1. Competencias y dominios en el EXIM

Para la evaluación de Biología, se consideró pertinente la escogencia de dos competencias genéricas dentro del grupo de competencias consideradas relevantes en el proyecto Tuning América Latina (2013):

**Capacidad de abstracción, análisis y síntesis:** El objetivo de esta competencia es evaluar la apropiación del conocimiento de los conceptos relevantes en Biología. Se evidencia a través de las siguientes acciones:

- Identifica, explica, analiza, relaciona o interpreta un proceso biológico y es capaz de transponerlo a otros contextos biológicos o tecnológicos.
- Reconoce los principales procesos vitales, los diferentes sistemas biológicos y las propiedades emergentes de los diferentes niveles de organización
- Sintetiza la complejidad de los diferentes procesos que se dan en los niveles de organización a través de esquemas, diagramas u otras formas de representación.
- Descubre patrones morfológicos, funcionales y comportamentales en los diferentes niveles de organización y establece patrones que caracterizan la complejidad biológica para transferirlos o aplicarlos a diferentes situaciones o contextos para minimizar o controlar impactos y aumentar la eficiencia.
- Plantea posibles relaciones causales entre las variables que generen impacto sobre la dinámica de los sistemas biológicos.
- Interpreta los resultados de estudios de evaluación ambiental, procesos de control de calidad, evaluación de riesgos sanitarios y otros tipos de estudios presentados por los profesionales en Biología.
- Analiza las posibles interacciones entre diferentes componentes de los sistemas biológicos y de éstos con el medio abiótico.

**Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas:** El objetivo de esta competencia es evaluar la capacidad para usar los conceptos relevantes para identificar y relacionar las variables de un proceso y sus interacciones para detectar problemas existentes o potenciales y proponer soluciones. Se evidencia a través de las siguientes acciones:

- Identifica problemas en la sostenibilidad de organismos o ecosistemas, derivados de la alteración en la estructura, la función o mecanismos de control de los diferentes sistemas biológicos, estableciendo la relevancia de cada uno de los elementos del sistema para la generación de las interacciones que permiten el funcionamiento de una célula, un organismo o un ecosistema.
- Plantea posibles acciones preventivas o correctivas, valorando las variables que estén determinando las alteraciones en los procesos de flujo de información, materia o energía.
- Predice las posibles causas y consecuencias a mediano y largo plazo de alteraciones de la calidad del aire, agua, suelo, alimentos sobre los organismos, como resultado de alteraciones generadas a otros niveles: celular, molecular o ecosistémico.
- Establece posibles usos de la información que se genera en investigaciones biológicas para la optimización de procesos industriales o de saneamiento ambiental.

Cada una de las competencias genéricas se expresa en acciones concretas (competencias específicas) enmarcadas dentro de cada uno de los dos dominios conceptuales.

Al respecto, es importante establecer que el contenido de un curso de Biología en un plan de estudios para ingenieros, es un plan que necesariamente debe ser diferente a un curso de Biología para otras carreras, diferente también a los contenidos que se imparten para la carrera de Biología. Cuando se revisa el contenido de los cursos de Biología ofrecidos para Ingenierías, se observan

programas en los que se pretende abordar en un tiempo muy corto toda la complejidad de los diferentes niveles de organización con un nivel de profundización que no estaría acorde con las necesidades de un futuro profesional en Ingeniería. Por lo tanto, la enseñanza de Biología para ingenierías debe estar basado en el estudio de procesos y mecanismos más que en sus detalles (Lidstrom, 2005), en la comprensión del funcionamiento de los componentes del sistemas y de sus interacciones, entendiendo que las propiedades de la vida emergen de la organización compleja (Campbell &, 2007).

Por tanto, se entienden los seres vivos son sistemas complejos, con requerimientos de materia y energía, cambiantes en diferentes escalas de tiempo, con interacciones en los diferentes niveles de organización, que deben ser comprendidos como sistemas integrados. Teniendo en cuenta la aproximación de la Biología de Sistemas, que percibe los procesos biológicos como un todo, pasando del estudio de los detalles moleculares al estudio del flujo de la información en diferentes niveles (Pengcheng, 2009), con una aproximación al estudio del funcionamiento de los sistemas biológicos a través del análisis de flujos o intercambios, cambios en los atributos estructurales, movimientos, secuencias y tendencias (Camargo, 2005).

En este documento se plantean dos dominios conceptuales en los que se agrupan los ejes temáticos relevantes dentro del currículo de una asignatura de Biología que debería ser impartida en todas las Ingenierías, porque son los que le aportan la fundamentación necesaria para ésta área del conocimiento de las ciencias básicas. En estos dominios se contemplan la estructura, funcionamiento, dinámica en interacciones de los sistemas biológicos en los diferentes niveles de organización: molecular, celular, orgánico y ecosistémico. Estos dominios son:

a. **Flujos de información, materia y energía.**

Bajo este dominio, se evalúa la capacidad para comprender los procesos del flujo de información desde las moléculas hasta su expresión en caracteres específicos de los organismos y por qué los cambios en la información pueden generar cambios

en estructura y función.; la capacidad para reconocer los cambios que se puedan producir en este flujo de información, por causas externas o internas, generadas por impactos ambientales o por manipulación del hombre y que pueden generar tanto efectos negativos, como problemas de salud pública, como efectos positivos, tales como la optimización en procesos industriales.

En este dominio se evalúa también el conocimiento de los flujos de materia y energía, reconociendo sus entradas y salidas en los diferentes niveles de organización, los requerimientos energéticos de una célula, de un organismo, la relevancia de la fotosíntesis para soportar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos; los procesos de conversión de energía en el metabolismo y su relación con las cadenas tróficas en los ecosistemas y la comprensión de los ciclos biogeoquímicos de los principales elementos que conforman las moléculas orgánicas, que permiten predecir la incidencia de las alteraciones en estos flujos sobre el equilibrio de los ecosistemas y las consecuencias de estos cambios en diferentes escalas de tiempo. Este conocimiento facilita el reconocimiento de factores que determinan las dinámicas entre sistemas y el planteamiento de posibles estrategias para manejar de forma eficiente los recursos limitantes ó para mitigar los impactos generados por actividades humanas.

Es importante resaltar que se evalúa el conocimiento de los procesos, la capacidad de comprender las relaciones entre los diferentes compartimentos del sistema (moléculas, células, tejidos, organismos), más que la capacidad de reconocer los nombres de enzimas, estructuras, de especies o las particularidades de las reacciones bioquímicas.

#### b. Procesos e Interacciones

Bajo este dominio, se evalúa la capacidad para reconocer las relaciones existentes dentro y entre los diferentes niveles de organización; comprender cómo las interacciones determinan la estructura de las comunidades; establecer las

consecuencias que los impactos puedan generar sobre la estructura o la función de los sistemas vivos. En este dominio se presentan situaciones en las que se interpreta y revisa la información generada por biólogos y establece relaciones entre individuos, poblaciones y comunidades con el medio abiótico. Con esta información se debe tener la capacidad para establecer la importancia de los diferentes componentes e interacciones, su relevancia para la estabilidad de los ecosistemas y las diversas estrategias adaptativas de los sistemas biológicos en diferentes ambientes.

La comprensión de estos procesos, permiten predecir la incidencia que las alteraciones generadas por actividades humanas puedan tener sobre los servicios ecosistémicos, sobre la estabilidad y dinámica del ecosistema y sobre los cambios en su estructura.

Dentro de este dominio se evalúa la capacidad para proponer acciones preventivas o correctivas ante los impactos generados por actividades de infraestructura, minería, generación de residuos, siempre teniendo en cuenta la dinámica de las complejas relaciones funcionales entre los diferentes niveles de organización, que son los que determinan las propiedades emergentes y que estas complejas interacciones están reguladas por diferentes mecanismos de retroalimentación.

## Referencias Bibliográficas

### Biología

ACOFI. (2004). Contenidos programáticos básicos para Ingeniería.

ACOFI. (2007). Proyecto examen de ciencias básicas en Ingeniería. Marco de fundamentación para el área de Biología. Piña, C.E., Pardo, L.B.

Camargo, G. (2005). Ciudad Ecosistema. Introducción a la Ecología Urbana. Universidad Piloto de Colombia.

Campbell, N.A., Reece, J. B. (2007). Biology (7ª edición). Buenos Aires, Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Congreso de Colombia, Ley 1324, 13 de julio de 2009. Por la cual se fijan parámetros y criterios para organizar el sistema de evaluación de resultados de la calidad de la educación, se dictan normas para el fomento de una cultura de la evaluación, en procura de facilitar la inspección y vigilancia del Estado y se transforma el ICFES.

Hernández Hoyos, M., Briceño, J. C., Nieto, E. M., Salazar, A., Silva, A. C., Tabima, D. M., Torres, J. & Hernández, J. T. (2004). 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. *Revista de Ingeniería*, (20), 70-75. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121014220009>

Johnson, A T. (2011). BiologyforEngineers. Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press, Boca Raton, FL.

Lidstrom. (2005). Biology at the Interface: Teaching Biology to Engineers.  
Recuperado de <http://depts.washington.edu/hhmibio/MIT05.pdf>

Ministerio de Educación Nacional. (2003). Resolución 2773 de 2003 Por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de formación profesional de pregrado en Ingeniería.

Ministerio de Educación Nacional. (2009). Decreto 3963 de 2009 Por el cual se reglamenta el Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior

Pengcheng, F. (2009). Systems biology and synthetic biology. En Pengcheng F, & Sven P (Eds). New Jersey: John Wiley & Sons.

Proyecto Tuning. (2013). Educación Superior en América Latina: Reflexiones y Perspectivas en Ingeniería Civil. España: Publicaciones de la Universidad de Deusto.