

La formación interdisciplinaria del ingeniero biomédico

The interdisciplinary training of the biomedical engineer

Aliuska Xiomara Pino Rodríguez <sup>1</sup>, Jorge Antonio Díaz Lozada <sup>2</sup>,

Ángel Regueiro Gómez<sup>3</sup>, Reinier Díaz Lemus<sup>3</sup>

Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae

<sup>1</sup> Correo electrónico: aliuska@automatica.cujae.edu.cu

<sup>2</sup> Correo electrónico: jorge@quimica.cujae.edu.cu

<sup>3</sup> Correo electrónico: regueiro@automatica.cujae.edu.cu

<sup>4</sup> Correo electrónico: reinier@tesla.cujae.edu.cu

Recibido: 19 de junio de 2018

Aceptado: 14 de septiembre de 2018

---

### Resumen

Las transformaciones que se dan en los últimos años en la Educación Superior cubana, responden a la necesidad de preparar a las nuevas generaciones para conducirse en una sociedad interdisciplinaria, sin embargo, es práctica la impartición de asignaturas de forma aislada a pesar de que entre ellas existen estrechos nexos y relaciones. Los educadores tienen el reto de convertirse de forma creadora en protagonistas del desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje en la Educación Superior, y pueden aportar ideas originales que permitan descubrir y concretar en las actividades docentes la interrelación entre las diferentes asignaturas del currículo. En el presente trabajo se exponen las experiencias obtenidas al aplicar una Estrategia Curricular Interdisciplinaria (ECI) que revela acciones para la formación del Ingeniero Biomédico. La misma propone cambios en la carrera, desde la actividad curricular y didáctica, con énfasis en un rediseño del Plan de Estudio; en una mejor integración armónica de la Disciplina integradora (Bioingeniería) y las Ciencias Básicas Biomédicas; así como el empleo de herramientas prácticas para impartir actividades docentes (clases) con un enfoque interdisciplinario, colocando incluso en el mismo escenario docente, dos o más profesores que intervengan planificadamente en diferentes momentos de la formación.

Palabras clave: Estrategia curricular interdisciplinaria, Ingeniero Biomédico

### Abstract

The transformations that have occurred in recent years in Cuban Higher Education, respond to the need to prepare new generations to conduct themselves in an

interdisciplinary society, however, it is practical to teach subjects in isolation despite the fact that among them there are close links and relationships. Educators have the challenge of creatively becoming protagonists of the development of the teaching-learning process in higher education and can provide original ideas to discover and specify in classes the interrelation between the different subjects of the curriculum. In the present work the experiences obtained by applying an Interdisciplinary Curricular Strategy (ECI) that reveals actions for the Biomedical Engineer's training are exposed. It proposes changes in the career, from the curricular and didactic activity, with emphasis on a redesign of the Plan of study; harmonic integration of the Integrative Discipline (Bioengineering) and the Basic Biomedical Sciences (Biological Sciences), as well as the use of practical tools to teach classes with an interdisciplinary approach, placing even in the same teaching scenario, two or more teachers involved in planning in different moments of the formation.

KEY WORDS: Interdisciplinary curricular strategy, Biomedical Engineer

Licencia Creative Commons



## Introducción

El desarrollo de los sistemas de salud exige la permanente actualización con tecnologías avanzadas que garanticen el cumplimiento del compromiso de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de poner los servicios de salud con calidad para todos [1]. Ante esta situación se revela la necesidad de formar profesionales de la salud con un elevado nivel, comprometidos con el desarrollo actual de la sociedad cubana, que sean capaces de mantener los logros alcanzados y contribuir con el desarrollo de nuevas tecnologías biomédicas.

La Ingeniería Biomédica aparece a finales de la década de los años 50 del siglo pasado, y su objeto de estudio está relacionado con el diseño de tecnologías y sistemas biomédicos, con el fin de mejorar los sistemas de salud con la aplicación directa de los conocimientos de las Ciencias Biomédicas y los métodos de la Ingeniería, de una forma creativa, dinámica y competente para resolver los problemas relacionados con la Medicina y la Biología [2]. Su contribución fundamental está asociada al desarrollo de equipos, instrumentos, dispositivos y sistemas médicos; así como los soportes de programación y las normas de empleo y seguridad de estos sistemas, que permiten el avance sistemático de los servicios de salud en la sociedad.

El profesional de esta carrera debe conocer y profundizar en los principios y métodos fundamentales empleados en los sistemas y tecnologías biomédicas para la prevención, el diagnóstico y la terapéutica médica, lo cual incluye diversos conocimientos: biosensores, dispositivos eléctricos, electrónicos, ópticos u otros que posibiliten la captación, el acondicionamiento, la adquisición y el procesamiento de bioseñales y variables fisiológicas; así como el estudio de muestras clínicas para el desarrollo de diagnóstico de patologías, y además, la explotación y desarrollo de tecnologías para la adquisición, procesamiento y transmisión de imágenes médicas que conduzcan al análisis de la anatomía y fisiología internas, todo lo cual contribuya y apoye la prevención, el diagnóstico y la terapia clínica de los seres vivos.

En Cuba, su historia es relativamente joven, se inicia en septiembre del 2005, en la CUJAE, hoy día Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" y durante el proceso formativo se debe dotar al futuro profesional de los conocimientos científicos técnicos, tecnológicos, éticos, sociales, humanísticos, patrióticos y empresariales que estimulen su creatividad científica e investigativa, la competitividad y el trabajo multidisciplinario.

Las transformaciones que tienen lugar en la sociedad cubana y específicamente en la Educación Superior [3], exigen también un continuo proceso de perfeccionamiento en la Ingeniería Biomédica, enfocado a la consolidación y desarrollo de las relaciones interdisciplinarias entre las áreas del conocimiento que convergen en ella, lo que demanda de una estrategia curricular que exprese lo esencial de estas relaciones.

Este trabajo se sustenta en conceptos, definiciones y regularidades relativas al tema para lo que se consultaron autores de reconocido prestigio nacional e internacional, entre los que se destacan Álvarez [4], García y Colunga [5], Perera [6], Addine y García [7] y Bermejo [8], entre otros.

### Materiales y métodos

El concepto de estrategia ha sido ampliamente tratado por diferentes disciplinas, más o menos cercanas a la Pedagogía. Para Monereo y colaboradores [9], una estrategia es un sistema de acciones conscientes e intencionales dirigidas a un objetivo. Esta concepción no precisa claramente los límites de las estrategias con los métodos y técnicas; pero manifiesta un carácter consciente. La formación de ingenieros conjuga aspectos técnico-científicos, culturales y humanísticos, que de por sí agrupan saberes diversos como un proceso de integración [10].

Una categoría esencial en el trabajo de formación es la interdisciplinariedad, como principio estructurante del currículo, entendido este como proyecto educativo, que dirige el proceso de formación hacia la preparación de un profesional capaz de realizar transferencias de contenidos (conocimientos, hábitos, habilidades, modos de actuación y otros), que le permitan solucionar científica y holísticamente los problemas que enfrentará en su futuro desempeño profesional.

Las estrategias curriculares denominadas por algunos autores como ejes o temas transversales u objetivos formativos; expresan una cualidad importante en los planes de estudio de una carrera universitaria, concretan objetivos generales que no es posible alcanzar, con el nivel de profundidad y dominio requeridos, desde el contenido de una sola disciplina [11][12].

Caballero [13] identifica la interdisciplinariedad con la enseñanza a través de situaciones de aprendizaje que expresen de forma fiel la realidad de la naturaleza y la sociedad, su existencia y el movimiento dialéctico de sus relaciones. Salazar [14] señala que la interdisciplinariedad es posible solo si el docente es un especialista en su disciplina, para poder determinar los elementos esenciales que le permitan delimitar los puntos de encuentro y las interrelaciones entre las restantes disciplinas, con un pensamiento flexible, con apertura al cambio y con espíritu de cooperación.

A partir de estos elementos teóricos se define como Estrategia Curricular Interdisciplinaria (ECI): al conjunto de acciones y actividades teórico-prácticas, planificadas previamente, en la que intervienen todos los actores del proceso docente para lograr objetivos generales concretos, relacionados con determinados conocimientos, habilidades y modos de actuación en el currículo de la carrera.

Las estrategias existentes e indicadas por el Ministerio de Educación Superior se implementan solamente desde la actividad docente directa, sin embargo, la que se propone, particularmente atraviesa todo el currículo tomando acciones en tres niveles: el nivel Macro-curricular, que comprende el análisis de Plan de Estudio, el nivel Meso-curricular, que comprende los programas de Disciplinas y Asignaturas; y el nivel Micro-curricular que corresponde directamente a la actividad docente (clase).

La Estrategia Curricular Interdisciplinaria revela acciones desde la actividad curricular y didáctica, con especial énfasis en el Plan de Estudio y en la integración armónica de la disciplina integradora (Bioingeniería) y las Ciencias Básicas Biomédicas (CBB) . Para esto se utilizan herramientas prácticas para lograr clases interdisciplinarias, colocando incluso en el mismo escenario docente, dos o más profesores que intervengan planificadamente en diferentes momentos de la formación.

Para lograr la ECI se proponen nodos de articulación como premisas para enriquecer las relaciones interdisciplinarias entre las Ciencias Básicas Biomédicas y la disciplina integradora: Bioingeniería, a través de los cuales se identifican los objetivos y contenidos del conocimiento, que presentan posibilidades de articulación y constituyen una vía para contribuir a la comprensión de las leyes que sustentan el ciclo de las asignaturas del plan de estudio.

Para el desarrollo de la misma se realizó un diagnóstico a partir de la revisión de los documentos rectores, que en conjunto revelaron que existían insuficiencias en el proceso de formación (horizontal y vertical) en el plan de estudio D, tales como:

- Discontinuidad en la formación de la componente investigativa entre el 7mo y 8vo semestre, con una disminución de la motivación desarrollada previamente en la Práctica Laboral Investigativa-I (3er año).
- Limitado tratamiento curricular en la carrera desde una concepción interdisciplinar.
- Limitaciones en la articulación de la disciplina integradora con programas de otras disciplinas a nivel horizontal (años); especialmente en los primeros años y entre algunas importantes asignaturas propias de la profesión.
- Limitado empleo de Proyectos de Curso como forma integral de evaluación final de las asignaturas que demuestren la apropiación de los conocimientos a nivel horizontal, especialmente en los primeros años del Plan de Estudio.
- Limitaciones del conocimiento básico en la disciplina CBB pues se enfatiza en el estudio de humanos y no en la diversidad biológica existente (5 reinos) que constituye la base para el diseño y desarrollo de tecnologías biomédicas.

En Cuba el currículo académico con carácter sistémico, motivador, polémico, investigativo y de proceso, se organiza por disciplinas, aun cuando se planifican otras actividades de carácter variado que lo integran y complementan.

Este transcurre en tres niveles: macro, meso y micro-curricular, y por esto la Estrategia Curricular Interdisciplinaria desarrollada para dar respuesta al

problema planteado se estructura en estos niveles. La ECI se estructura en varias etapas de implementación de acuerdo al desarrollo anual académico en el diseño y desarrollo del plan de estudio.

Nivel macro-curricular

Objetivo: Diagnosticar el diseño curricular para la formación del Ingeniero Biomédico.

Acciones:

- Encuestas a egresados y empleadores.
- Análisis de planes de estudio de otras universidades a través de diversas fuentes, especialmente con el empleo de INTERNET (TOP-500).
- Análisis de retos y perspectivas según la OMS para la formación del Ingeniero Biomédico hasta el 2030 [1].
- Análisis de la posición estratégica de la disciplina CBB y de la disciplina integradora.

Nivel meso-curricular

Objetivo: Integrar la disciplina de CBB con la Disciplina Integradora (Bioingeniería) a partir de los nodos potenciales de articulación.

Acciones:

- Incluir nuevos objetivos en los programas de Disciplinas y Asignaturas seleccionadas para que respondan a la interdisciplinariedad y a la actualización cognitiva relacionada con la profesión.
- Capacitación de los docentes mediante reuniones metodológicas y talleres con un enfoque interdisciplinario.
- Rediseño o enriquecimiento de los programas de las disciplinas Ciencias Básicas Biomédicas y Bioingeniería.
- Revisión de enfoques y características interdisciplinarias en las disciplinas.
- Diseño y planificación de actividades docentes interdisciplinarias (clases) con la intencionalidad de establecer relaciones entre diferentes disciplinas tomando como eje motivador a la disciplina integradora.

Nivel micro-curricular

Objetivo: Desarrollar un proceso docente educativo con un enfoque interdisciplinario.

Acciones:

- Diseño y desarrollo de prácticas de laboratorio donde se integren elementos de varias disciplinas (Bioinstrumentación, Ciencias Básicas Biomédicas, Electrónica, y otras) basadas en el empleo de una enseñanza basada en problemas (EBP) relacionados con la profesión.
- Diseño y aplicación de exámenes integradores y proyectos donde se evalúe interdisciplinariamente al estudiante.

- Planificación y desarrollo de visitas a centros asistenciales en cualquiera de los niveles actuales de atención de salud (primario, secundario y terciario),
- donde se materialicen directamente los contenidos que los estudiantes reciben.
- Impartición de contenidos del programa de estudio a través de las clases interdisciplinarias, jerarquizando la labor educativa desde la instrucción.
- Evaluación de la interdisciplinaria en actividades metodológicas

Las acciones del nivel micro-curricular, proponen una concepción de la clase como un proceso complejo, donde se concretan las acciones metodológicas e integradoras de las disciplinas, valiéndose de la motivación de los actores y las potencialidades de su personalidad para garantizar su formación integral.

Para el desarrollo de la experiencia propuesta se seleccionaron dos grupos de estudiantes de segundo (32 estudiantes) y tercer año (28 estudiantes) de la carrera de Ingeniería Biomédica en la CUJAE, con edades entre los 20 y 22 años y con una composición de 53 % de varones y 47 % de hembras.

El proceso de enseñanza aprendizaje de estos grupos se organizó conforme a las acciones de la estrategia (ECI), tomando como eje de integración el estudio anatómico-fisiológico del cuerpo humano, relacionándolo con el funcionamiento de los equipos biomédicos que suplen la función fisiológica de los principales sistemas funcionales estudiados. En las clases se contemplan acciones con la esencia del tema a tratar, y el logro de los objetivos propuestos se controla con un proyecto integrador, observándose y controlándose la coherencia de los objetivos y el contenido. En las actividades prácticas y las visitas a los centros, los estudiantes aplican los conocimientos, habilidades y capacidades adquiridas.

Caso de estudio: aplicación de la ECI en CBB e Ingeniería Biomédica II

En el nivel micro-curricular se articulan las asignaturas Anatomía y Fisiología Humana e Ingeniería Biomédica II, pertenecientes a la disciplina Ciencias Básicas Biomédicas y la disciplina integradora Bioingeniería respectivamente.

La asignatura Anatomía y Fisiología Humana (AFH) es una asignatura básica y obligatoria en la formación integral del Ingeniero Biomédico que corresponde al Currículo Base del Plan de Estudio. Sus contenidos se interrelacionan con asignaturas de la misma disciplina (relaciones intradisciplinarias) tales como Biofísica, Bioquímica, Genética, Microbiología y otras. También forma parte de las relaciones con asignaturas de otras disciplinas (relaciones interdisciplinarias) tales como Biosensores, Procesamiento Digital de Imágenes, Procesamiento Digital de señales, Bioinstrumentación, Rehabilitación y otras propias de la profesión, aportándole contenidos importantes para el desarrollo y comprensión de las mismas. Se impartieron conferencias en cada uno de los temas y seminarios integradores con visita a diversos centros asistenciales, lo que permitió superar la enseñanza fragmentaria, desarrollando en ellos la visión interdisciplinaria.

En la asignatura Ingeniería Biomédica II, se desarrollaron tres temas con varias actividades dentro y fuera del centro universitario, con una frecuencia quincenal. Al aplicar la estrategia se entendió pertinente valorar sus contenidos, porque es una asignatura de corte científico-técnico, con mayor factibilidad de interrelacionarse con los contenidos que se imparten en la asignatura AFH, por lo cual se planificaron las visitas con un enfoque interdisciplinar; pero sin afectar la esencia de la clase.

Para la aplicación de la estrategia, la disciplina integradora Bioingeniería, hace énfasis en las actividades de corte científico-técnico relacionando el funcionamiento de equipos electromédicos con el tema fisiológico correspondiente, de este modo se logra captar la atención de los estudiantes lográndose una mayor motivación, evidenciado en el aumento de la participación grupal y en la presentación de dudas acerca del funcionamiento de estos sistemas biomédicos en los ricos debates que se establecen durante las actividades docentes.

En algunos casos los estudiantes se remitieron a INTERNET u otras fuentes de información (INTRANET, repositorios ftp, revistas y base de datos de artículos y patentes), y gestionaron información complementaria para dar respuesta a las preguntas propuestas por los profesores y otros estudiantes. En las clases se brindan elementos básicos de la fisiología del sistema de órganos relacionados con las señales que procesan los equipos biomédicos abordados. La mayoría de los participantes logran comprender mejor el funcionamiento del equipo biomédico y su relación directa con el funcionamiento del cuerpo humano.

## Resultados y discusión

### Resultados de la investigación a nivel macro-curricular

Para desarrollar un diagnóstico del diseño curricular se aplicó una encuesta a empleadores y egresados (Fig. 1) que permitió evaluar la valoración general de la calidad de los estudiantes en el Plan de Estudio D para Ingeniería Biomédica y el cumplimiento del encargo social de la carrera. En general se apreció que las principales entidades laborales valoran altamente la calidad del proceso de formación de los estudiantes y de los egresados de la carrera de Ingeniería Biomédica de la CUJAE que en ellas laboran (>75 % de satisfacción).

La figura 2 muestra el buen criterio (> 87 %) de los empleadores sobre los egresados biomédicos atendiendo a su desempeño ético, sus competencias y habilidades, su proactividad y su carácter transformador; así como a la capacidad de enfrentar con independencia, creatividad e innovación las tareas profesionales que se les encargan.



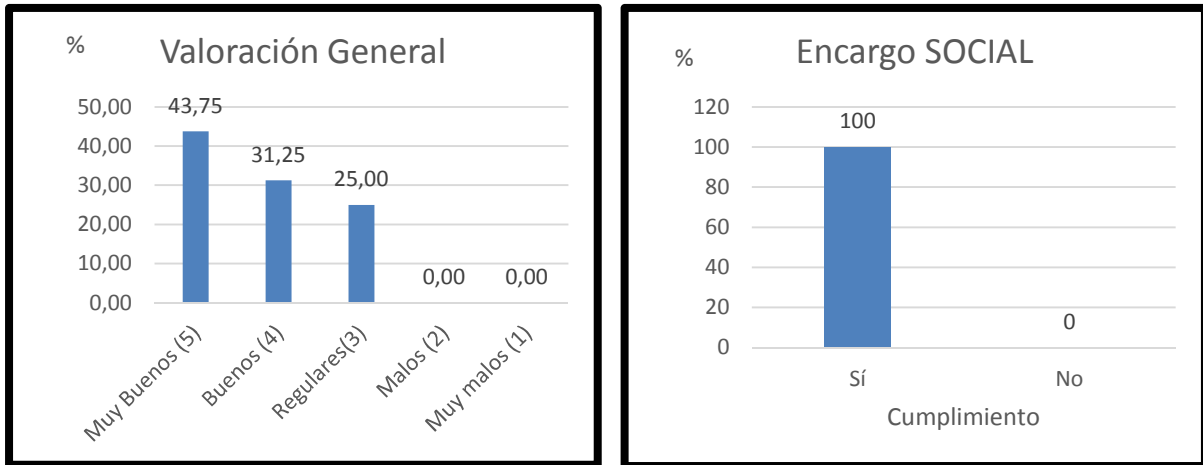


Figura 1. Valoración general de los egresados de Ingeniería Biomédica y su encargo social en la encuesta desarrollada a directivos de instituciones empleadoras

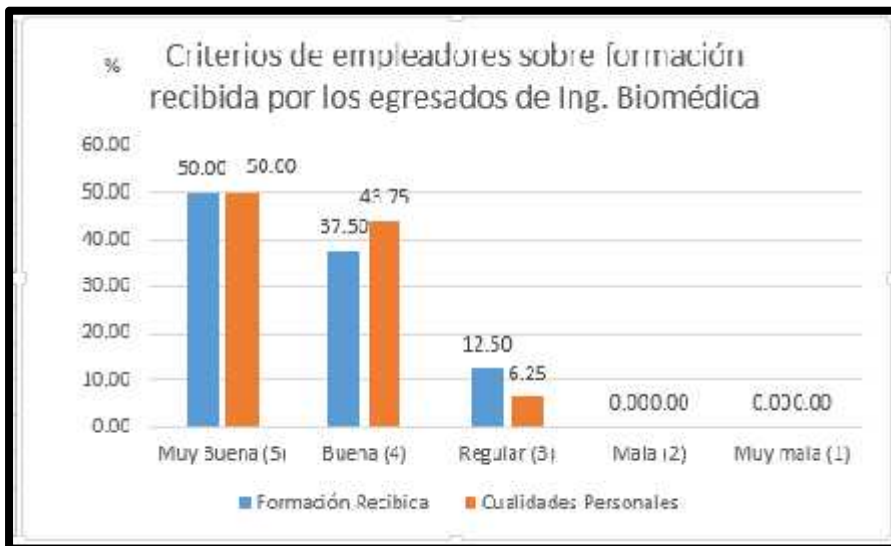


Figura 2. Resultados de las encuestas a empleadores sobre formación profesional recibida por los egresados de Ingeniería Biomédica graduados de la CUJAE

La figura 3 muestra el criterio de los egresados relacionados con la satisfacción de la preparación recibida en su Plan de Estudio. A pesar de los buenos criterios alcanzados, muchos manifestaron la necesidad de perfeccionar la integración interdisciplinaria en la impartición de actividades docentes para integrar mejor el conocimiento recibido. Esto influye en una mejor autoridad profesional en su desempeño y en la mejora de su efectividad laboral; así como en la realización personal que pueden alcanzar.

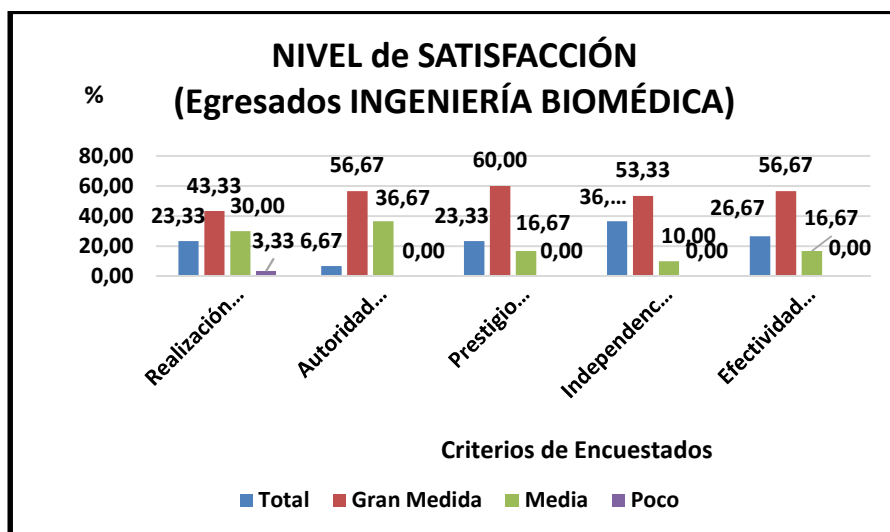


Figura 3. Resultados de las encuestas a egresados de Ingeniería Biomédica graduados de la CUJAE sobre satisfacción de la formación profesional recibida.

### Resultados de la investigación a nivel meso-curricular

Para el análisis de la integración interdisciplinar se aplicó una encuesta a doce profesores del departamento de Bioingeniería (75 % del Claustro) con el objetivo de evaluar si el trabajo que se realiza actualmente permite establecer relaciones interdisciplinarias entre las Ciencias Básicas Biomédicas y el resto de las disciplinas, con énfasis en la disciplina integradora: Bioingeniería.

El 91,6 % de los profesores encuestados consideran una necesidad el establecimiento de relaciones interdisciplinarias entre las Ciencias Básicas Biomédicas y las asignaturas del ejercicio de la profesión de la carrera; pero el 66 % no se siente suficientemente preparado para establecer estas relaciones interdisciplinarias debido a su grado de preparación actual y la experiencia docente-educativa alcanzada (promedio del Claustro: 12,5 años vinculado a la docencia e investigación).

Al referirse al momento en que se realiza la preparación para establecer las relaciones interdisciplinarias el 91,6 % de los profesores considera que debe realizarse desde la preparación de la asignatura, el 66,6 % considera que debe partir desde el colectivo de año, y el 41,6 % considera que el trabajo debe efectuarse desde el colectivo de asignatura; pero desconocen las operaciones para realizar las interrelaciones.

El tratamiento de esta temática se considera de suma importancia en Ingeniería Biomédica ya que la interdisciplinariedad desde el diseño del plan de estudio a nivel macro-curricular va a sentar las bases del trabajo en el resto de los niveles.

### Resultados de la investigación a nivel micro-curricular

En este nivel de aplicación de la ECI se trabajó en la integración de la asignatura Anatomía y Fisiología Humana (Disciplina de Ciencias Básicas Biomédicas) y la asignatura Ingeniería Biomédica II (Disciplina Integradora: Bioingeniería).

La figura 4 muestra los resultados alcanzados en una encuesta aplicada sobre la satisfacción de los estudiantes de Ingeniería Biomédica de la CUJAE sobre la interdisciplinariedad de las disciplinas de CBB (AFH) e Integradora (Ingeniería Biomédica II), donde se aprecia que más del 75 % están satisfechos [ $> 3$ ] con la integración de las asignaturas de la Disciplina CBB y un % algo menor (71 %) con la integración de las disciplinas del Plan de Estudio.

Se aprecia que del número total de encuestados, el 24 % corresponden a estudiantes de 1er año Biomédica, los cuáles cursan el nuevo Plan de Estudio E, donde se está aplicando progresivamente la ECI vinculando las asignaturas de la disciplina CBB con las asignaturas de la Disciplina Integradora (Bioingeniería).

La figura 5 muestra que más del 75 % de los estudiantes encuestados que cursan el nuevo Plan de Estudio E, muestran satisfacción en la integración interdisciplinaria de las asignaturas, a partir de las acciones desarrolladas en el nivel micro-curricular.

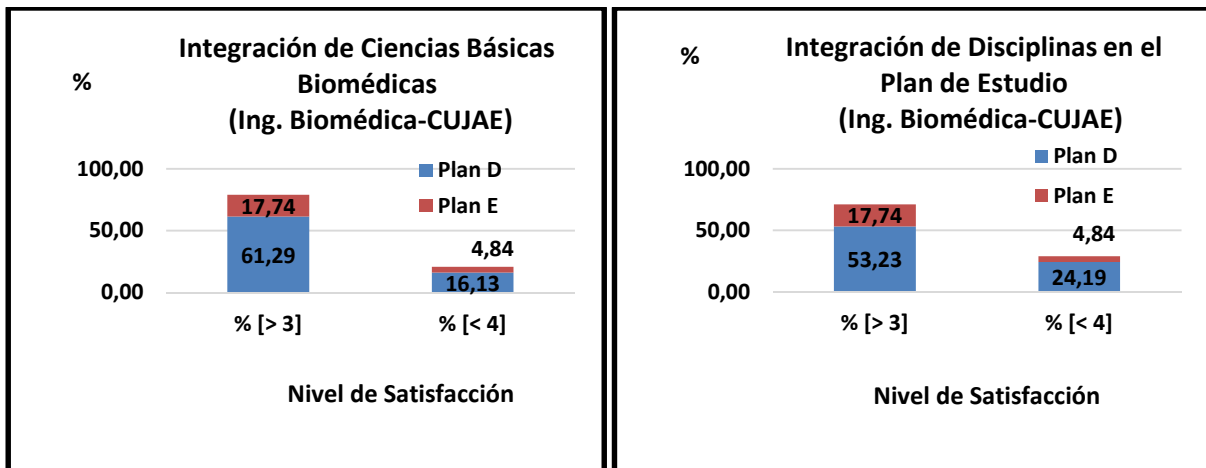


Figura 4. Resultados de encuesta a estudiantes de Ingeniería Biomédica de la CUJAE sobre nivel de satisfacción en la integración interdisciplinaria

A partir de la experiencia alcanzada el colectivo docente continúa perfeccionando el trabajo metodológico en los tres niveles donde se aplica la ECI, para lograr desde los primeros años de la carrera generalizar la implementación de las clases interdisciplinarias y vincular al resto de las disciplinas en el nuevo Plan de Estudio, lo cual deberá permitir alcanzar un mayor nivel de calidad de los egresados satisfaciendo las demandas actuales y futuras de las instituciones empleadoras en el país.

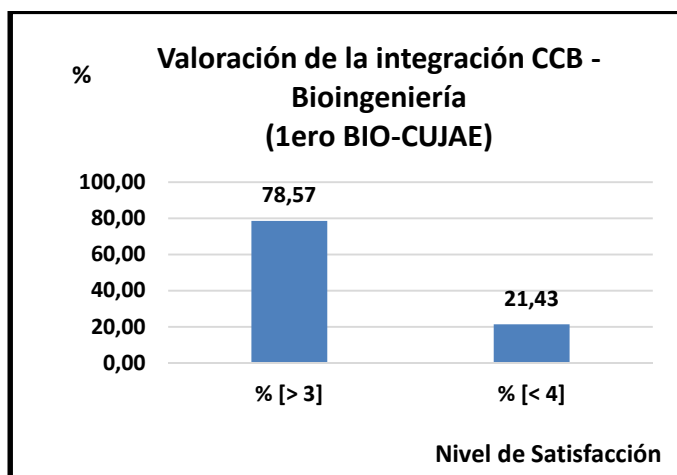


Figura 5. Resultados de encuesta a estudiantes de 1er año de Ingeniería Biomédica (Plan E) de la CUJAE sobre nivel de satisfacción en la integración interdisciplinar.

Los resultados de la ECI obtenidos en los tres niveles de currículo, conducen a nuevos retos y perspectivas para la formación del Ingeniero Biomédico en Cuba, como son

- Aumento sistemático de la calidad y eficiencia en la preparación profesional de los estudiantes (mayor eficiencia vertical, académica y de ciclo).
- Desarrollo armónico de la personalidad de nuestros educandos a través de la mejor integración de valores compartidos.
- Integración de las acciones relacionadas con el diagnóstico de necesidades de las instituciones y centros del Eslabón Base, la esencialidad e integración de contenidos, el mejoramiento continuo de técnicas y tecnologías educativas (Pedagogía y Didáctica), el control de los objetivos y la acreditación de los conocimientos y mejora del rendimiento académico de los estudiantes.
- Alto grado de relación con la práctica investigativa basada en la operacionalización del conocimiento científico.
- Perfeccionamiento del proceso docente educativo en función de elevar la calidad en la formación del egresado universitario.
- Desarrollo de habilidades, competencias y modos de actuación declarados en el Modelo del Profesional, mejorando la interrelación con otros especialistas (licenciados, técnicos, obreros y personal de servicio) con los cuales se vinculan los estudiantes en la instalación, el mantenimiento y la gestión de tecnologías biomédicas para la prevención, el diagnóstico y la terapia en el entorno clínico-hospitalario e investigativo.

- Formación de individuos competentes, responsables, reflexivos, independientes, creativos y capacitados para aplicar sus conocimientos, conocer sus limitaciones y superarlas, para responder adecuadamente a una realidad en constante cambio.

### Conclusiones

La Estrategia Curricular Interdisciplinaria desarrollada tributa a la formación del Ingeniero Biomédico y propone acciones para:

- El rediseño del currículo a nivel macro-curricular (Plan de estudio).
- Mejorar la integración de la Disciplina Integradora (Bioingeniería) y la Disciplina de Ciencias Básicas Biomédicas a nivel meso-curricular, lo cual puede ser aplicado al resto de las disciplinas que componen el Plan de Estudio.
- Poner en práctica el diseño y desarrollo de clases interdisciplinarias modificando el nivel micro-curricular.

Con la implementación de la ECI propuesta se logra una mejor formación integral del profesional, capaz de integrar en su práctica profesional los conocimientos adquiridos en la carrera.

### Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud. Human resources for medical devices: the role of biomedical engineers. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Ministerio de Educación Superior. Plan de Estudio "E": Ingeniería Biomédica. La Habana: MES; 2017.
3. National Academies of Engineering. Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century [Internet] 2005 [citado noviembre de 2018]. Washington: The National Academies Press. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/11338.html>
4. Álvarez M. La interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Pedagogía 2003 Fecha. La Habana: Educación Cubana; p. 1-21.
5. García J, Colunga SS. Interdisciplinariedad para la formación profesional: desafío actual en la enseñanza politécnica. En: Álvarez PM. Interdisciplinariedad: una aproximación desde la enseñanza aprendizaje de las ciencias. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 2004.
6. Perera F. La práctica de la interdisciplinariedad en la formación de profesores. En: Álvarez PM. Interdisciplinariedad: una aproximación desde la enseñanza aprendizaje de las ciencias. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 2004.

7. Addine F, García GA. La interacción: núcleo de las relaciones interdisciplinarias en el proceso de la formación de los profesionales de la educación. Una propuesta para la práctica laboral investigativa. En: Álvarez PM. Interdisciplinariedad: una aproximación desde la enseñanza aprendizaje de las ciencias. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 2004.
8. Bermejo RM. Metodología para el tratamiento a las relaciones interdisciplinarias entre Química y Biología en la Facultad Obrera y Campesina [tesis doctoral]. Camagüey: Universidad Pedagógica José Martí; 2009.
9. Monereo C, Castelló M, Clariana M, Palma M, Pérez ML. Estrategias de enseñanza-aprendizaje. Barcelona: Editorial GRAO; 2000.
10. Gutiérrez MV, Herrera T. La formación de ingenieros desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad. Revista Referencia Pedagógica. 2018; 6(1): p16-28.
11. Horruitinier P. La universidad cubana: el modelo de formación. La Habana: Editorial Félix Varela; 2006.
12. Sierra S, Pernas M, Fernández JA, Diego JM, Miralles E, Torre G. et al. Modelo metodológico para el diseño y aplicación de las estrategias curriculares en Ciencias Médicas. Revista Educación Médica Superior. [Internet]. 2012; [citado junio de 2018]. 24(1):p1-10. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v24n1/ems05110.pdf>
13. Caballero C. La interdisciplinariedad de la Biología y la Geografía con la Química: Una estructura didáctica [Tesis doctoral]. La Habana: Universidad Pedagógica Enrique José Varona; 2001.
14. Salazar D. La interdisciplinariedad como tendencia en la enseñanza de las ciencias. En: Álvarez PM. Interdisciplinariedad: una aproximación desde la enseñanza aprendizaje de las ciencias. La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 2004.

#### Autores

Aliuska Xiomara Pino Rodríguez. Máster en Ciencias, Departamento de Ingeniería Biomédica, Asistente, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae

Jorge Díaz Lozada. Doctor en Ciencias Pedagógicas, Profesor Auxiliar, Instituto de Ciencias Básicas, Sub-director Docente, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae.

Ángel Regueiro Gómez. Doctor en Ciencias, Profesor Titular, Jefe de carrera, Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae

Reinier Díaz Lemus. Máster en Ciencias, Asistente, Dirección de Deportes, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae.

