

CAPÍTULOS Y ARTÍCULOS

Consideraciones sobre el rol de la bioética en la formación de ingenieros

Jorge N. Cornejo¹

Resumen

En el presente trabajo analizamos el rol de la bioética en la formación integral de los estudiantes de ingeniería. Siendo la ingeniería una disciplina de alto impacto social, y vinculándose cada vez más con problemas que atañen directamente al cuerpo y la salud humanos, postulamos la necesidad de un diálogo fluido entre la ingeniería y la biología. Efectuamos un recuento de las publicaciones sobre educación en bioingeniería realizadas en nuestro país en los últimos años, y destacamos la casi total ausencia de trabajos sobre bioética aplicada a la ingeniería. Concluimos que el rol integrador de la Universidad la presenta como el ámbito privilegiado para el diálogo multidisciplinario entre ingenieros, biólogos e investigadores en bioética.

Palabras clave: ingeniería, sociedad, biología, bioética, formación integral.

Abstract

In this paper we analyze the role of bioethics in the overall education of engineering students. As engineering is a discipline of high social impact, and increasingly linked with problems pertaining directly to the human body and health, we postulate the need for an ongoing dialogue between engineering and biology. We conduct a count of publications on education in bioengineering made in our country in recent years, and we highlighted the almost total absence of papers on bioethics applied to engineering. We conclude that your integrative role present the University as the privileged scope for multidisciplinary dialogue between engineers, biologists and researchers in bioethics.

Keywords: engineering, society, biology, bioethics, integral training.

Ingeniería, ética y sociedad

Los desarrollos tecnocientíficos, especialmente los de las últimas décadas, dan la idea de que el mundo que nos rodea, e incluso nuestros propios cuerpos, son radicalmente transformables.

¹ Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires. **Email:** jcornej@fi.uba.ar

Los avances tecnológicos han incidido sobre las concepciones sociales acerca del cuerpo humano, acerca de lo natural y lo artificial, y han presentado al hecho biológico como algo maleable, modificable, como una materia prima que la acción humana puede mejorar. La ingeniería se presenta, entonces, como una alternativa para rehacer la vida, para modificarlo todo en nuestro provecho, conduciendo a un replanteamiento acerca de las concepciones clásicas sobre salud y enfermedad, y aún sobre los fines mismos de la medicina.

Ahora bien, ¿qué es la ingeniería? Soberón Kuri y Neri Vela [1] la caracterizan como el arte de tomar decisiones importantes, dado un conjunto de datos incompletos e inexactos, con el fin de obtener, para un cierto problema, aquella entre las posibles soluciones que funcione de manera más satisfactoria. Para Sobrevila [2] y Pitt [3], una solución tal debe incluir no sólo la máxima eficiencia y rentabilidad, sino también el empleo racional de las fuentes de energía, el bien común y la preservación de la biósfera, procurando que la ingeniería así concebida se desarrolle dentro de normas éticas que comporten una actitud de responsabilidad social. La cuestión ética forma siempre una parte inseparable de cualquier proceso de toma de decisiones, hecho que se acentúa cuando tales decisiones pueden afectar al ser humano y sus condiciones de vida.

Por ello, es intrínseco a la tecnología hallarse inmersa en un espacio socio-cultural, atravesado por la ética [4]. Y viceversa, tanto la manera de hacer las cosas (la techné), como la manera de explicarnos por qué hacemos las cosas como las hacemos (la epistemé) son creadoras y

constructoras de cultura [5], de donde las transformaciones tecnocientíficas también implican transformaciones culturales y simbólicas. La tecnología es una de las maneras en las que el ser humano puede trascender, y la tecnociencia contemporánea se ha caracterizado por modificar o desbordar las representaciones culturales en las que se hallaba inmersa y que la regulaban.

Si bien la tecnología es un hecho de naturaleza intrínsecamente social, desde el punto de vista educativo, es decir, desde la formación de aquellos que en un futuro relativamente cercano serán los profesionales de la ingeniería, no siempre se enfatiza tal carácter, que necesariamente estará acompañado de un sentido y un compromiso éticos. Recuperar, desde el inicio mismo de los estudios, esta impronta ético-social requiere, en primer lugar, una adecuada conceptualización de la naturaleza de la tecnología, que supere tanto las concepciones ingenuas de neutralidad y racionalidad instrumental como aquellas que la transforman exclusivamente en una entidad dependiente de la ideología económica imperante en cada época [6]. Se trata de presentar a la tecnología como una entidad compleja, inmersa en una red dinámica en la que interactúan intereses científicos, opciones políticas, necesidades sociales, deseos y aspiraciones del ser humano, etc. Este carácter multidisciplinario y complejo implica la necesidad de una correspondiente formación por parte de los futuros ingenieros, puesto que el logro de un desarrollo tecnológico sostenible reconoce como condición necesaria el conocimiento de los principios en que se fundamenta y se sostiene dicho desarrollo [7].

Covarrubias [7] y Soberón Kuri y Neri Vela [1] agregan que la consideración de los aspectos ético-sociales implica que la formación de los ingenieros debería concebirse en términos de una capacitación profesional abarcadora, para que puedan diseñar, construir y operar las obras y los sistemas tecnológicos con una visión integradora y multidisciplinaria (el concepto de “universitario múltiple”, [8]). El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería ([9] y [10]), coincidiendo con la American Society for Engineering Education [11], recomienda que los futuros ingenieros logren proyectar y diseñar sistemas que tengan en cuenta los factores económicos, ambientales, de seguridad, de estética y de impacto social. Sintetizando las ideas referidas, Santilli y Speltini [12], afirman que la formación de ingenieros presenta una dicotomía entre el dominio de la racionalidad técnica y la consideración de cuestiones éticas y sociales que siempre

están presentes, y que se vuelven fundamentales al desarrollar ingeniería asociada a temáticas médicas.

La importancia de la bioingeniería

En particular, Santilli et al [13], plantean que, en el contexto de una educación tecnológica que promueva valores tales como la ética y la responsabilidad social, la bioingeniería es una disciplina esencial, por su directa relación con la calidad de vida de los seres humanos. De acuerdo con [14] el desarrollo y los avances de la tecnociencia requieren nuevos “ingenieros biológicos” que desarrollen a través del conocimiento interdisciplinario destrezas en las ciencias biológicas, químicas y computacionales. El mismo trabajo resalta el vacío comunicacional existente entre la ingeniería y la biología, dos áreas consideradas claves para el desarrollo de una industria sostenible.

Como un ejemplo concreto, mencionemos el proyecto Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies (“Investigaciones sobre el cerebro por medio de neurotecnologías avanzadas innovadoras”, conocido como el proyecto “BRAIN”), lanzado en 2013 por el Gobierno de los Estados Unidos de Norte América, destinado a realizar un “mapeo” exhaustivo de los circuitos cerebrales mientras están en acción. Este proyecto requerirá vastos estudios, avances y desarrollos no sólo en neurología, sino también, y fundamentalmente, en matemática e informática, junto al desarrollo de gran número de nuevas tecnologías, el que deberá ser conducido por ingenieros con alguna formación biológica. El mismo proyecto, poco tiempo después de haber sido comunicado públicamente, ha generado debates entre aquellos que, con formación ingenieril, sostienen que lo prioritario es el desarrollo de tecnologías, y quienes, fundamentalmente con formación en biología y neurología, afirman que primero es necesario generar nuevos conceptos en tales disciplinas, y luego desarrollar las tecnologías necesarias para contrastarlos.

La ciencia biomédica depende cada vez más de la informática y de los procesos de digitalización, tanto en lo relativo al diagnóstico por imágenes, refinado continuamente, como al estudio del ritmo cardíaco, las ondas cerebrales, etc.; en un proceso que ha sido caracterizado como la “matematización del cuerpo humano”.

Para [14] el entendimiento profundo y detallado de los sistemas biológicos (biology systems) requiere no sólo efectuar una “lista” de las partes

que los componen, sino fundamentalmente integrarlas y así acceder a una visión de conjunto(1). Agregan que tal visión sistémica requiere el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, acentuando de esta forma la importancia de los ingenieros en la biología contemporánea. Herramientas que se están tornando cada vez más cuantitativas, llevando las investigaciones biológicas hacia escenarios provenientes de disciplinas científicas diferentes. Siempre según [14], la dificultad que, en América Latina, han encontrado las investigaciones biológicas para acceder al nivel industrial, proviene de que el desarrollo de la biología se ha efectuado como un área independiente y separada de las demás ciencias y de la tecnología. Por ello, proponen modificar el paradigma actual e iniciar un proceso integrador entre las facultades que se ocupan de la vida y aquellas que hacen lo propio con la ingeniería.

La Bioética

Lo precedente pone de manifiesto la necesidad de un diálogo entre la ingeniería y la biología y, asimismo, los problemas que tal diálogo puede evidenciar, y su ausencia provocar. El diálogo ingeniería-biología nos conduce necesariamente hacia la bioética.

En efecto, algunas ramas de la bioingeniería, típicamente la nanotecnología, plantean importantes cuestiones de naturaleza bioética y, por lo tanto, sería deseable que la formación del ingeniero incluyese nociones de esta última disciplina. Hottois [15] establece la bioética como una ética paradigmática de la tecnociencia, siendo sus principales misiones responder a las expectativas sociales y servir como elemento transformador de los estudiantes y de la sociedad. La bioingeniería es una rama de la actividad tecnológica de carácter esencialmente multidisciplinario [16], alimentada, entre otras, por las ingenierías eléctrica y electrónica [17], de donde la cuestión bioética finalmente se “derrama” en todas las especialidades de la ingeniería.

La importancia de la bioética en la formación del ingeniero no puede ser minimizada. Esta disciplina tiene en cuenta no sólo los derechos del paciente o el bienestar de los seres humanos y de la vida en general, sino también la evaluación de las tecnologías y el control de calidad de los equipos utilizados en medicina. Sánchez [18], analizando las estadísticas de accidentes fatales derivados del mal funcionamiento de equipos

médicos, concluye que:

- a) es necesario un mayor número de ingenieros capacitados en problemáticas de tipo médico y
- b) tales ingenieros deben recibir una amplia capacitación en cuestiones de bioética, relaciones humanas y vinculación con el paciente.

Según Carrera [19], la aplicación consecuente del principio bioético de justicia puede suscitar problemas éticos que están en relación directa con los adelantos tecnológicos utilizados en procedimientos diagnósticos o terapéuticos.

Boccardo [20] ha concluido que, en América Latina, la educación en bioética se encuentra concentrada en la formación de profesionales relacionados con el área de la salud. Por esta razón es que las principales instituciones de bioética se encuentran en las Facultades de Medicina. Existe un vacío en la enseñanza de la bioética para estudiantes de otras carreras, de donde concluye que es importante la formulación de proyectos de formación bioética para alumnos de las Facultades de Ingeniería. Barrero et al [21] y Neuman y Kim [22] sostienen la misma idea afirmando que muchos de los problemas derivados de la aplicación de las nuevas tecnologías exceden la ética específicamente médica. Para Carrera [19] la bioética se basa no sólo en cuestiones morales relativas al ámbito de la medicina, sino que, siendo básicamente interdisciplinaria, reúne conocimientos antropológicos, saberes técnicos de las distintas ramas de la ingeniería, y éticos para elaborar sus decisiones. Santilli et al [13] afirman que es la tecnología la que pone de manifiesto tal carácter interdisciplinario, de donde se deduce la necesidad de una intensa comunicación entre profesionales de la ingeniería y de las ciencias biomédicas. Digilio [23] dice que la bioética, como disciplina, no sólo implica un cambio fundamental en las concepciones hegemónicas de salud, enfermedad, relación médico-paciente, derechos del paciente, etc., sino que la perspectiva bioética habilita una vía para introducir variables en la evaluación de los procedimientos científico-técnicos que vayan más allá de considerar sólo su eficacia y eficiencia. Según Obando [24], debe quedar claro que la bioética no está reducida al horizonte de la medicina, o de cualquier otra ciencia o praxis en particular. Develaki [25] y Piedra [26] manifiestan

que se debe proponer el estudio de la bioética en su carácter de puente entre las ciencias, la tecnología y las humanidades.

Para Allegro [27] y Obando [24], es imperativo que la formación universitaria incluya en su contexto curricular la formación en valores, a los efectos de generar una cultura de respeto por la vida que influirá en todos los escenarios de actuación del ser humano. Para estos autores, dado que los modelos pedagógicos no son neutrales, sino que parten de una determinada visión del mundo, y promueven la construcción de actitudes específicas ante la realidad, se vuelve necesario el análisis de los currículos, tanto reales como ocultos, así como de las posturas, opiniones e ideas que docentes y estudiantes sostienen acerca de aquellos aspectos que permiten formar no sólo profesionales exitosos, sino también ciudadanos comprometidos con el bienestar del ambiente y de la sociedad. Según Del Cueto [28], tal reflexión debe centrarse en la relación existente entre el progreso tecnocientífico, los valores y derechos humanos y los objetivos de la sociedad; de donde la bioética se impone como una disciplina nuclear tanto para la educación en sí misma como para la investigación educativa.

Vidal [29] dice que la educación en bioética puede adquirir tres modalidades: institucional, normativa y espontánea, siendo esta última la que predomina en América Latina. Tal modalidad es característica de grupos que se autoconstituyen en un hospital o en una unidad académica y comienzan a trabajar para posteriormente interactuar con estructuras mayores. Agrega que es necesario innovar las mallas curriculares, incorporando la enseñanza de la bioética en forma institucional.

Desde distintas posturas se han elaborado propuestas para la enseñanza de la bioética en la universidad. De Siqueira [30] propone el método problematizador-deliberativo, planteando preguntas en las que se toma en cuenta el contexto cultural que enmarca cada problema bioético. Este método no intenta adoctrinar, sino discutir y debatir problemas, buscando una educación basada en el cambio de actitud. Intenta crear procesos educativos que tengan como meta fomentar el espíritu crítico y transformador del educando, propiciar su autonomía y ampliar su sentido de responsabilidad en el quehacer tecnocientífico.

Otros autores han trabajado en la enseñanza de la bioética para ingenieros a través de la presentación de casos históricos [31], que permiten,

además de la discusión de problemas específicos, acceder a una adecuada conceptualización de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología ([13] y [32]).

La presencia de la bioética en la investigación en educación en ingeniería

Asmatulu et al [33], en un análisis acerca del rol de la biotecnología y la bioética en la formación de los ingenieros, afirman que el número de revistas y proceedings de congresos publicados sobre bioética se incrementa año tras año.

Por el contrario, si nos referimos específicamente a la Argentina, debemos reconocer que la presencia de la bioética en las publicaciones sobre investigación educativa en ingeniería es muy baja. Al respecto, hemos efectuado una revisión en las principales instancias sobre enseñanza de la ingeniería que pueden encontrarse en la Argentina. Las mismas comprenden el Congreso Mundial de Ingeniería 2010, los Congresos Argentinos sobre Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI), 2006 y 2008 (2); la Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería, y la Revista Argentina de la Ingeniería, esta última en su primer número (3).

- En el Congreso Argentino de Educación en Ingeniería (CAEDI) 2006: sobre un total de 151 ponencias, ningún trabajo sobre el tema.
- En el CAEDI 2008: sobre 188 trabajos, hay 5 sobre bioingeniería, que refieren a cuestiones técnicas de la disciplina o a problemáticas educativas de la misma, pero ninguno menciona explícitamente la bioética.
- En el Congreso Mundial de Ingeniería 2010: sobre 352 trabajos, hay sólo dos vinculados con bioingeniería, de los cuales uno refiere a la bioética.
- En la Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería, desde septiembre de 2000 hasta julio de 2010 no hay ningún trabajo sobre el tema. El primero es de marzo de 2012, referido a la enseñanza de la matemática en bioingeniería, al que siguió otro en marzo de 2013, acerca de la enseñanza de la mecánica en la referida disciplina.
- En la Revista Argentina de Ingeniería, que acaba de publicar el primer número, hay un apartado fijo para bioingeniería, y contiene

(en este primer número), 1 artículo técnico sobre el tema, que no menciona la bioética.

Reflexiones finales

Según [14], la Universidad debe fomentar la concepción innovadora de una educación abierta e interdisciplinaria, en la cual el proceso pedagógico tenga como eje central los sujetos que se comunican y dialogan en torno a sus síntesis sobre el saber acumulado. En el mismo trabajo, como ejemplo de esta inevitable interdisciplinaria, se señala que la biotecnología contemporánea está planteando retos a la ingeniería, consistentes en el desarrollo de artefactos tecnológicos de envergadura que sirvan a la investigación biotecnológica, y que tales artefactos habrán de plantear dilemas bioéticos que será necesario resolver.

Para Hottois [34], la medicina ha experimentado una profunda mutación, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX, volviéndose cada vez más experimental, activa e intervencionista. En palabras del autor referido: “la biomedicina se convirtió en el siglo XX en una de las tecnociencias más ‘armadas’ tecnológicamente y cada vez más asociadas a otras ‘tecnociencias’”. Este desarrollo de la “tecnobiomedicina” ha tornado cada vez más difícil para el médico enfrentarse solo a los problemas bioéticos que plantea, pues los mismos están estrechamente imbricados con cuestiones tecnológicas más afines a la formación de un ingeniero.

De acuerdo con Adinolfi [35], la enseñanza de la bioética puede representar una gran contribución para los profesionales formados en ámbitos distintos a los de la profesión médica, particularmente los ingenieros, mientras que para [33] el entrenamiento de estudiantes y graduados de ciencias exactas e ingeniería es uno de los recursos que posee la bioética contemporánea para plantear, discutir y finalmente resolver los problemas que le son propios. La introducción de la visión tecnológica puede abrir mayores horizontes de comprensión acerca de las cuestiones que interesan a la bioética. Se trata, por lo tanto, de una relación bi-direccional de enriquecimiento mutuo.

En [33] se agrega que, si bien la biotecnología ha crecido muy rápidamente en las dos últimas décadas, la educación no ha progresado con igual velocidad. Citando textualmente: “...technical training is not sufficient for individual working in the field; parallel training, which will be useful

for societal and ethical implications of the technology, is required” (“la formación técnica no es suficiente para las personas que trabajan en este campo; se requiere una formación paralela, referida a las implicaciones éticas y sociales de la tecnología”).

Para [36] las Facultades de Ingeniería deberían re-examinar sus programas de acuerdo con los criterios internacionales de acreditación, agregando que tal proceso requiere la incorporación del estudio de la ética en línea con la comprensión del impacto social y ambiental de las decisiones tomadas por los ingenieros. El mismo trabajo indica que el US Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) señala que los programas de ingeniería deben demostrar que sus estudiantes adquieren una comprensión profunda de sus responsabilidades éticas. Específicamente, para el caso de los estudios de Ingeniería Biomédica, el ABET requiere explícitamente que los graduados demuestren, entre otras calificaciones, habilidad para comprender los dilemas éticos asociados a la interacción entre sistemas materiales vivientes y no-vivientes. Desde nuestro punto de vista, las consecuencias éticas de tal interacción son relevantes no sólo para la ingeniería biomédica, puesto que el grado de interdisciplinaria alcanzado en el presente implica que todas las ramas de la ingeniería, de una forma u otra, se encuentran concernidas con tal interacción. Una postura similar se expresa en [37], donde, para explicar el retraso experimentado en América Latina en materia de desarrollo de tecnología cardiovascular, se menciona, entre otros factores, la poca flexibilidad de los programas académicos y la dificultad de incorporar nuevos sistemas de estudios, que contemplen los abordajes interdisciplinarios, dentro de un contexto tradicional.

En [14] se destaca “la función integradora de la Universidad”, concebida como el escenario natural de encuentro entre diferentes formas de conocimiento, en el que pueden alcanzar su comunión los saberes científicos, tecnológicos y humanísticos integrados.

Ahora bien, es habitual señalar la actual necesidad de diálogo entre la medicina y la ingeniería, junto a la conformación de un vocabulario unificado y un conjunto de conceptos comunes. Por ejemplo, refiriéndose a la tecnología cardiovascular, en [37] se destaca la necesidad de que los médicos cardiólogos comprendan el lenguaje matemático empleado en la descripción de sistemas biológicos, así como las nociones básicas de

física y de ingeniería; mientras que sugieren que los ingenieros deberían ser introducidos en las ideas biológicas básicas, así como en conceptos de morfología y fisiología humanas. Todo esto está claro y esta formación médica-ingenieril es altamente deseable; sin embargo, surge con claridad que, en la formación propuesta para el ingeniero, está faltando la bioética.

Entre los problemas de actualidad que asocian la ingeniería con la bioética pueden mencionarse:

- a) los efectos orgánicos de los nanomateriales [33], considerados como fundamentales para generar una nueva definición del concepto de cuerpo humano, sometido a lo que se califica como la re-ingeniería del cuerpo,
- b) las implicaciones bioéticas de los nuevos dispositivos tecnológicos utilizados en medicina, incluyendo sensores, informática médica, técnicas invasivas de diagnóstico por imágenes, etc. [36],
- c) especialmente, la problemática ética asociada con las nuevas tecnologías cardiovasculares, que han experimentado en las últimas décadas un gran desarrollo. Según [36] esta es el área en la que la medicina y la ingeniería han encontrado una vinculación más estrecha.
- d) en línea con el tema precedente, el conflicto entre costo y rendimiento de los nuevos equipos tecnológicos empleados médicamente [36],
- e) utilización de prótesis y biomateriales [36],
- f) la modificación en la visión del cuerpo, y en el concepto mismo de privacidad, generada por la cibermedicina o computación clínica, que permite que gran parte del personal de una institución tenga acceso a los estudios diagnósticos practicados a un paciente [38].
- g) la problemática planteada por la concepción cibernética, según la cual la mente, el cuerpo y los dispositivos automáticos pueden reducirse a un denominador común de control y comunicación [39].

En [37] se indica que es difícil seleccionar cuáles podrían ser los tópicos específicos a ser incluidos en un curso de bioética para ingenieros, por lo que sugieren desarrollar un curso integral de ética, incluido en la currícula de ingeniería. Los

mismos autores afirman que, quien reacciona en forma dogmática ante los dilemas bioéticos, tarde o temprano terminará dependiendo de las decisiones éticas de otros. Para evitarlo, proponen incluir en el referido curso de ética principios de meta-ética, consistentes en el análisis mismo de la ética como disciplina.

Tal como mencionamos previamente, son varios los autores que han propuesto una enseñanza de la bioética para ingenieros centrada en el estudio de casos. Entre los casos que podrían tomarse cabe mencionar: el problema suscitado hacia 1986 con la válvula cardíaca Bjork-Shiley; las sobredosis de radiación recibidas entre 1985 y 1987 por pacientes de radioterapia en Canadá, consecuencia de fallas en el software del acelerador lineal Therac-25; los casos de fibroplasia retrolental (ceguera infantil) acaecidos como resultado de una sobreconcentración de oxígeno en las incubadoras, etc.

En [36] se propone presentar cada caso como un desafío de ingeniería; los estudiantes analizan el caso y la bibliografía disponible y sugieren alguna solución disponible; en la puesta en común se resaltan las implicaciones éticas de cada solución propuesta.

Nos parece pertinente cerrar este trabajo con una cita de [36], en la que BM significa “ingeniería biomédica” y BME “ingeniero biomédico”:

“BM engineering consolidates the concept of modern engineering which must take into account the social, economical and political context of professional practice. Engineers currently engage in a wider range of activities, and BME, far from the exemption, stand as a clear and almost unique example of strong multidisciplinary integration”.

“La ingeniería biomédica consolida el concepto de la ingeniería moderna, la que debe tener en cuenta el contexto social, económico y político de la práctica profesional. Los ingenieros actualmente participan en una amplia gama de actividades, y los ingenieros biomédicos, lejos de ser la excepción, se destacan como un ejemplo claro y casi único de fuerte integración multidisciplinaria”.

Notas

- ¹ Como un hecho notable digamos que esta concepción se encuentra presente en el texto “Fisiología Humana” del Dr. Bernardo Houssay, una síntesis del cual fue utilizada en las conferencias de fisiología para ingenieros

dictadas en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires en 1969. Citando textualmente: "La fisiología examina primero, analíticamente, los fenómenos propios de cada función u órgano; después estudia las correlaciones entre estos fenómenos y luego tiene en cuenta los factores que regulan los equilibrios funcionales, para terminar, finalmente, por considerar la integración de cada función dentro de las del organismo entero considerado como unidad" [40].

- ² El Congreso Mundial de Ingeniería 2010 incluyó al CAEDI 2010.
- ³ Nos hemos concentrado sólo en aquellos trabajos que implican aplicaciones de la bioingeniería a la salud humana en general o a problemáticas relacionadas con la medicina, dejando de lado otro tipo de aplicaciones, por ejemplo las referidas a Ingeniería Ambiental o los desarrollos tecnológicos vinculados con la agricultura.

Bibliografía

- [1] SOBERÓN KURI, Ramón y NERI VELA, Rodolfo (1980). El ingeniero en electricidad y electrónica: ¿qué hace?, Alhambra Mexicana, México.
- [2] SOBREVILA, Marcelo. (2000). La formación del ingeniero profesional para el tiempo actual: tesis de las ingenierías de base. Academia Nacional de Educación, Buenos Aires.
- [3] PITT, Joseph (2000). Thinking About Technology, Foundations of the Philosophy of Technology. Seven Bridge Press, New York.
- [4] OLIVÉ, León. (2007). La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Fondo de Cultura Económica, México.
- [5] VILLAVECES CARDOSO, José Luis (2005). Tecnología y Sociedad: un Contrapunto Armónico, Revista de Estudios Sociales, N° 22: 49-57.
- [6] ZUBERO, Imanol (1996). Participación y democracia ante las nuevas tecnologías. Retos políticos de la sociedad de la información, Telos, N° 25: 26-35.
- [7] COVARRUBIAS, José (1998), Tres documentos sobre la formación de ingenieros, Ingenierías, 1 (1): 5-9.
- [8] MÉNDEZ, Evaristo (2008). Nuevo modelo de organización de la educación superior para América Latina y el Caribe. Revista Orbis, 10 (4): 5-28.
- [9] CONFEDI (2010). Formación del ingeniero para el desarrollo sostenible. Aportes de CONFEDI al Congreso Mundial de Ingeniería 2010. Publicado online en: www.fi.unsj.edu.ar/confed. Acceso: 26 de noviembre de 2010.
- [10] CONFEDI (2001). Informe de sesión plenaria N° XXIX, Resistencia, Chaco. Publicado online en: http://www.unalmed.edu.co/fisica/paginas/autoevaluación/documentos/ingeniería_argentina/definición_ingeniería.doc. Acceso: 3 de mayo de 2008.
- [11] GRINTER, L. (1994). Summary of the Report on Evaluation of Engineering Education, 1955. Journal of Engineering Education, January: 74-94.
- [12] SANTILLI, Haydée y SPELTINI, Cristina. (2008). Profesionales comprometidos con su entorno. Cuestiones epistemológicas y sociales en Ingeniería. En: VI CAEDI: Formando al ingeniero del siglo XXI, Editorial de la Universidad Nacional de Salta, Salta.
- [13] SANTILLI, Haydée; MARTÍN, Ana María; BARRERO, Carmen; ROBLE, María Beatriz y CORNEJO, Jorge Norberto (2010). Cómo introducir cuestiones bioéticas en la formación de los ingenieros, ponencia presentada en las VIII Jornadas de Bioética, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto, publicado online en: <http://www.exa.unrc.edu.ar/>, p. 106-115. Acceso: 8 de agosto de 2011.
- [14] MONTOYA, Dolly (2007). Nuevas necesidades en ingeniería para el desarrollo de la biotecnología, Revista Colombiana de Biotecnología, IX (2): 64-71.
- [15] HOTTOIS, Gilbert. (2006). Panorama crítico de las éticas del mundo viviente. Revista colombiana de bioética, 1, s/n, publicado online en <http://www.redalyc.org/rie>. Acceso: 11 de agosto de 2011.
- [16] DREMSTRUP, Kim y ELBERG, Pia (2008). Five Year Biomedical Engineering Curriculum – Experiences and Results from the First Eight Years. NBC 2008 Proceedings, 20: 409-412.
- [17] PINEDA, Margarita y GONZÁLEZ, Karolina (2010). Reflexiones sobre Bioética e Ingeniería Biomédica. Revista Latinoamericana de Bioética, 10 (2): 10-19.
- [18] SÁNCHEZ, Gustavo (2009). Accidentes fatales en radioterapia. Ponencia presentada en las 4° Jornadas de Protección Radiológica del Paciente, Buenos Aires, 2009.

- [19] CARRERA, Osvaldo (2011). La Bioética y las Biotecnologías en Medicina. Publicado online en: <http://www.unesco.org.uy/shs/fileadmin/templates/shs/archivos/TrabajosLibres-Bioetica/22.%20La%20bioetica%20y%20las%20biotecnologias.pdf>. Acceso: 3 de agosto de 2011.
- [20] BOCCARDO, Pedro (2009). Formación en bioética para estudiantes universitarios de Ingenierías y Ciencias de la Vida. *Revista Electrónica de Educación, Didáctica y Formación de Profesores*, 2(1): 38-59.
- [21] BARRERO, Carmen, SANTILLI, Haydée y MARTÍN, Ana María (2011). Antropología de la biomedicina, la ciencia y la tecnología. Intersección entre ciencia, tecnología y biomedicina. Ponencia presentada en el Congreso de Antropología Social, Buenos Aires, 2011.
- [22] NEUMAN, M. y KIM, Y. (2006). The Undergraduate Biomedical Engineering Curriculum: Devices and Instruments. *Annals of Biomedical Engineering*, 34 (2): 226-231.
- [23] DIGILIO, Patricia (2008). Comités hospitalarios de bioética y políticas públicas. Capítulo 8 de *Ética y gestión de la investigación biomédica*, S. Rivera (comp.), Paidós, Buenos Aires.
- [24] OBANDO, Dixa (2010). La Bioética en el sector de la educación superior. *Revista Electrónica Facultad de Ingeniería*, 4(2): 248-260.
- [25] DEVELAKI, María (2008). Social and ethical dimension of the natural sciences, complex problems of the age, interdisciplinarity and the contribution of education. *Science and Education*, 17: 873-888.
- [26] PIEDRA, Daniel (2007). Bioética Norte y Sur. Publicado online en: <http://www.uvs.sid.cu/humanidades/pionearticlemultipage.2006-07-21.6790061043>. Acceso: 4 de agosto de 2011.
- [27] ALLEGRO, Luis (2001). Ética y educación. *Sociedad de ética en medicina*, 3 (4), 1-10.
- [28] DEL CUETO, A. (2003). Del profesor de física en la formación Bioética de los estudiantes en las ciencias de la vida. *Boletín Academia*, 3 (1): 66-68.
- [29] VIDAL, S. (2007). Aspectos éticos de la investigación en seres humanos. Publicado online en: www.redbioetica-edu.com.ar. Acceso: 4 de agosto de 2011.
- [30] DE SIQUEIRA, José. (2006). Modelos de educación en Bioética. Publicado online en: www.redbioetica-edu.com.ar. Acceso: 10 de agosto de 2010.
- [31] ADÚRIZ-BRAVO, Agustín e IZQUIERDO, Mercé (2009). A Research-Informed Instructional Unit to Teach the Nature of Science to Pre-Service Science Teachers. *Science and Education*, 17: 1177-1192.
- [32] CORNEJO, Jorge; SANTILLI, Haydée; ROBLE, María Beatriz; MARTÍN, Ana María; BARRERO, Carmen y BARBIRIC, Doris (2010). Las cuestiones éticas y sociales en la formación del Ingeniero – tres estudios de caso en Bioingeniería. Ponencia presentada en el Congreso Mundial de Ingeniería, Buenos Aires, 2010.
- [33] ASMATULU, R.; KHAN, W.S.; ASMATULU, E. y CEYLAN, M. (2010). Biotechnology and Bioethics in Engineering Education. *Proceedings de la 2010 Midwest Section Conference of the American Society for Engineering Education*, Lawrence, 2010.
- [34] HOTTOIS, Gilbert (2001). ¿Biomedicina o biotecnología aplicada al hombre? En: *Bioética y conflicto armado*, Bios y Ethos N° 19, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.
- [35] ADINOLFI, Valeria (2013). Bioethics Teaching: Beyond Health. Publicado online en: http://www.academia.edu/480879/Bioethics_Ethics_and_Engineering_BIOETHICS_TEACHING_BEYOND_HEALTH.
- [36] MONZON, Jorge y MONZON-WYNGAARD, Álvaro (2009). Ethics and Biomedical Engineering education: the continual defiance. Ponencia presentada en la 31st Annual Conference of the IEEE EMBS, Minnesota, 2009
- [37] BUSTAMANTE, John (2003). Una aproximación a la tecnología cardiovascular a través de la interdisciplinariedad: una necesidad latinoamericana. *Acta Científica Venezolana*, 54: 12-17.
- [38] TRIANA, Jaime (2008). Cuerpo humano y nuevas tecnologías. *Revista Colombiana de Bioética*, 3 (2): 103-113.
- [39] TRIANA, Jaime (2008). Bioética, cuerpo humano, biotecnología y medicina del deseo. *Revista Colombiana de Bioética*, 3 (2): 33- 51.
- [40] HOUSSAY, Bernardo (1945). *Fisiología humana*. El Ateneo, Buenos Aires.