

Incursión de la biotecnología en la educación: Tendencias e implicaciones

Incursion of Biotechnology in education: Tendencies and implications

*Robinson Roa Acosta**, *Édgar Orlay Valbuena Ussa***

Cuando Aristóteles quería hablar de los átomos y el vacío, reproducía partes de la historia del atomismo y se enzarzaba en una discusión con Demócrito, que hacía ya tiempo que descansaba en paz.

Cuando el matemático griego quería resolver un problema, la manera natural de proceder era empezar dando una relación de la historia del tema en cuestión, cosa que se consideraba parte integral del problema.

Helge Kragh

Resumen

Este artículo presenta elementos tenidos en cuenta desde la década de los ochenta, especialmente por países como Reino Unido y Estados Unidos de América, para incluir la educación en biotecnología en las escuelas y así responder a las exigencias sociales y de mercado. Se describen eventos que orientaron la constitución de la educación biotecnológica formal y sirvieron como base para su incorporación en otros contextos. Se hace un acercamiento a los resultados alcanzados hasta este momento, y a las actividades y propuestas establecidas para la educación en biotecnología. Se abordaron algunas de las primeras publicaciones que permitieron la aproximación a los conceptos y contextos que tuvieron lugar para que la biotecnología fuera parte de la educación en varios países del mundo. Se destaca la importancia de configurar la didáctica de la biotecnología y sus implicaciones en la formación de profesores, así como en sus prácticas.

Palabras clave: educación en biotecnología, historia, didáctica, formación de profesores.

Abstract

This paper presents elements that were taken into account from the 80's decade, especially in countries such as the United Kingdom and United States of America, to include Biotechnology education in the schools and in this way respond to the social and the market demands. Events that directed the formal biotechnological education setting up were described, which were used as a basis for its incorporation in other contexts. An approach to the reached results so far as well as the activities and established proposals for Biotechnological education is made. Some of the first publications that allowed the approach to the concepts and contexts that took place so that Biotechnology can be part of education in various countries around the world were tackled. The importance of configuring the didactics of biotechnology and its implications in Teachers' training as well as in their practices is highlighted.

Key words: biotechnology education, history, didactics, teachers' training.

Recibido: julio 4 de 2013

Aprobado: noviembre 3 de 2013

* cPhD Interinstitucional en Educación. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Universidad del Valle. Profesor Investigador. Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias. Departamento de Biología y Departamento de Postgrado en Educación. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Oficina 307. robinsonroa@hotmail.com

** cPhD en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Coordinador del Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Oficina 307. valbuena@pedagogica.edu.co

Introducción

Los desarrollos científico-tecnológicos continuamente van transformando las características y condiciones de vida de manera multidimensional (particularmente desde la modernidad), al igual que ampliando los linderos del conocimiento y objetos de investigación desde los que emergen nuevas disciplinas con tendencias reduccionistas y deterministas en la mayoría de los casos. Al respecto, Muñoz y Alvarado (2009) ponen de relieve que:

...en la división disciplinar de las ciencias modernas, cada uno de sus objetos de estudio terminó por gestionar sobre la supuesta existencia de partes aisladas del ser humano, susceptibles de ser intervenidas por separado. Por ejemplo: saberes sociales que estudian e intervienen al ser social del ser humano, saberes biológicos que estudian e intervienen al ser biológico del ser humano, sin diálogo entre ellas. La idea epistemológica de la parcelación de los saberes a partir de la delimitación precisa de sus objetos de estudio, conlleva en la relación saber – poder la emergencia histórica de una forma precisa de ser seres humanos... (p. 108)

En el venir y devenir del conocimiento, la historia, filosofía y epistemología se van escribiendo lentamente intentando dejar formalizadas las particularidades, estructuras, función y propiedades intrínsecas del conocimiento, constituidas en condiciones y condicionamientos culturales, políticos, económicos y de educación.

Este escrito no intenta ser filosófico, epistemológico, ni establecer elementos didácticos, aun cuando si alerte, al final del mismo, sobre tal necesidad frente a la educación en biotecnología y la enseñanza del conocimiento biotecnológico. Propende por hacer seguimiento sobre la manera como la biotecnología incursiona en las escuelas del Reino Unido y de los Estados Unidos, y como en función de la experiencia alcanzada por estos países, principalmente el primero, la Unesco es asesorada para que proponga la incorporación de contenidos en la enseñanza de la biotecnología, en el área de las ciencias naturales, desde la educación primaria hasta el bachillerato, previendo principalmente la necesidad de formar profesionales en este campo de conocimiento, el impacto social de los adelantos científicos y tecnológicos, y el desarrollo económico en los países.

Alrededor de esto también se evidencia la conformación de redes internacionales, una en la Unión Europea y otra en Iberoamérica. Además se pueden encontrar países que han desarrollado actividades de educación

en biotecnología de manera aislada, es decir, por fuera de las redes. De otra parte, se evidencia que el creciente mercado de productos y servicios biotecnológicos, y los condicionantes de fondo relacionados con la manipulación de lo vivo, para la obtención de usufructo, dejan en algunas sociedades una atmósfera de incertidumbre que deriva en la opción ciudadana de tomar decisiones de tipo bioético (rechazar o aceptar las investigaciones que buscan transformar la vida y lo vivo, bajo variadas creencias) sin contar con el conocimiento para tales decisiones.

En este sentido, se torna entonces indispensable evitar que se creen actitudes negativas hacia los desarrollos científicos en biotecnología, que a la vez puedan afectar la comercialización de sus productos y servicios.

Al referente, en lo que sigue se busca responder a cuestiones tales como: ¿cuál es la importancia de la biotecnología y su conocimiento? ¿por qué y para qué hacer seguimiento a la incursión de la biotecnología en los sistemas educativos? ¿de dónde procede la iniciativa de la educación en biotecnología? y ¿por qué enseñar biotecnología? A lo largo del desarrollo del artículo surgen otras preguntas que se correlacionan con los cuestionamientos recién planteados.

En concreto, se trata de dar cuenta de la incursión de la biotecnología en la educación haciendo uso de las evidencias encontradas en algunas publicaciones, lo cual aporta una aproximación histórica, al igual que, en términos de antecedentes y justificaciones, a la realización de investigaciones referentes a su inclusión en la educación formal. Así pues, se pone de manifiesto la necesidad de configurar la didáctica de la biotecnología para profundizar sobre la formación inicial y permanente de profesores de ciencias naturales respecto a su enseñanza.

Devenir de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea

La ciencia ha cumplido un papel fundamental en el desarrollo de las poblaciones humanas, su constitución representa una de las alternativas para poder interpretar, comprender, y aproximarse a la naturaleza, a su origen, estructura y función. El ser humano es el portador biológico de las capacidades que le han permitido, mediante su pensamiento y sentidos, describir, imaginar y experimentar con el entorno y consigo mismo. Su capacidad de razonamiento, sentir y discernimiento han derivado en el poder adentrarse y analizar las dinámicas del mundo desde diferentes niveles –nanocosmos, microcosmos, mesocosmos, y macrocosmos–, convirtiéndolo en el ser vivo que más ha influido en

la naturaleza. Se podría decir que la evolución de la naturaleza, desde antes del origen del *Homo sapiens* y después del mismo, permite distinguir entre lo natural y lo artificial.

El hombre ha intervenido la naturaleza en diferentes niveles de profundidad y con mayor incidencia en algunos momentos durante su permanencia en la tierra. En consecuencia, es posible afirmar que todos los desarrollos del conocimiento han estado marcados por las condiciones culturales, ideológicas, políticas, económicas, y académicas presentes en el momento de su producción. Algunos han tenido más influencia que otros, según el reconocimiento que se le haya dado a la nueva producción de conocimiento y a la manera como interviene en los estados y en la vida de las personas, comunidades, poblaciones, ecosistemas, etc. En este marco está inmersa la inquietud de qué tanto se alteran las creencias, el pensamiento dominante y la permanencia del hombre. Se observa que las fuerzas que controlan la producción del conocimiento científico-tecnológico (empresas, mercado, capitalismo) cada vez lo hacen con mayor preeminencia y poder; las decisiones que se toman tienen alto impacto en las personas en cuanto pueden alterar la forma de percibir el mundo, la vida y su manera de entenderse dentro del mismo.

Ejemplo de campos de conocimiento e investigación que han influido en algunos países son los adelantos en nanociencia y nanotecnología (para Maldonado, 2007: nanotecnociencia), teleinformática, biotecnología y bioinformática. Todos estos recientes campos de producción de conocimiento (si se comparan con la física, química y biología que tienen siglos de desarrollo –especialmente las dos primeras-) contienen una carga existencialista importante para la humanidad. Al respecto, es reto poder constituir sus características epistemológicas, condición necesaria para la comprensión y entendimiento de lo que son y significan en la explicación del mundo, y lo que representan para los estados en la toma de decisiones respecto a la promoción de la investigación y la generación de productos o servicios; igualmente dicha claridad epistemológica conlleva implicaciones en la incorporación de dichos conocimientos en las escuelas, las universidades y los medios de comunicación.

La ciencia y la tecnología desempeñan un rol esencial en la sociedad ya que impregna e implica a varios sectores; Chamizo (2007), llama a la ciencia y la tecnología tecnociencia, destacando que:

...se refiere al conocimiento que se utiliza con fines prácticos, desde las armas, pasando por los alimen-

tos, las prendas de vestir, los artefactos para comunicarse, hasta los medicamentos... [deviniendo todo ello] de los intereses políticos y económicos de los Estados...se tiene tecnociencia como una forma predominante de conocer... (p. 97)

No sobra señalar la necesidad de realizar análisis sobre la manera como las fronteras de cada campo de conocimiento se integran, convergen o complementan en puntos clave para explicar el funcionamiento del mundo “vivo y muerto” (Sibilia, 2006), y lo que esto representa en términos filosóficos (Maldonado, 2007), epistemológicos y didácticos en tanto se posibilita asumir enfoques de interdisciplinariedad, transdisciplinariedad o metadisciplinariedad (Buitrago y Roa, 2011); también abordar otros debates, por ejemplo: ¿cómo la ciencia y la tecnología se entrecruzan para la constitución de nuevos campos o disciplinas de conocimiento? y ¿cómo éstas representan una combinación interesante para la industria y por ende para los mercados?

En lo que sigue se hará alusión a la biotecnología y la educación, sin negar que otros campos de conocimiento también están teniendo impacto y comparten con la biotecnología características sobre la manera como están transformando las concepciones sobre lo vivo, la vida y lo muerto, debido a los niveles de profundidad alcanzados al investigar la materia *strito sensu*.

Según Roa, García y Chavarro (2008), la biotecnología, a semejanza de otros campos de conocimiento, se encuentra en expansión y aumento en complejidad, en la medida en que incrementa su conocimiento y su impacto en la sociedad, dejando anticuadas las concepciones tradicionales sobre la ciencia, fundamentalmente el absolutismo. El conocimiento biotecnológico se puede considerar cada vez más abstracto, lo cual amerita explorar su complejidad desde sus estructuras formales actuales y el marco social que le asignan la validez.

La biotecnología, puede ser entendida como un campo de conocimiento de diferente naturaleza de las ciencias como química, la biología y física, que junto con éstas tributa a la explicación del fenómeno de lo vivo, a la vez que contribuye a dar cuenta de las técnicas y las tecnologías para la transformación artificial de la vida. En este sentido, la evolución de la ciencia y la tecnología, que puede ser mejor entendida en la actualidad como coevolución –tecnociencia-, están respondiendo especialmente desde comienzo del siglo XX (con el reconocimiento a los resultados obtenidos por Mendel) a preguntas transcendentales tales

como: ¿qué es la vida? ¿cómo se heredan las características de los padres a los hijos, o en términos más generales, de una generación a otra? ¿cómo se almacenan las características de los seres vivos? ¿cuáles son las causas de las enfermedades congénitas?

Las explicaciones moleculares a éstas y otras preguntas, han incrementado las posibilidades de que los investigadores lleguen no solo a manipular las características de los seres vivos sino además a reproducirlas a grandes escalas a nivel industrial.

Al respecto cabe anotar, que aunque la filosofía se plantee preguntas y reflexiones sobre el hombre, su existencia y la relación con estos desarrollos, entre otras cosas, y los científicos tengan centrados sus intereses en el conocimiento *per se*, existen otros tipos de intereses que son más de corte mercantil, en los cuales la herencia de las características, cómo se almacenan, o la etiología de la enfermedad innata, o ¿qué es la vida? no son la verdadera preocupación, pues las respuestas dadas ya han tomado rumbos diferentes. Las raíces existencialistas a las preguntas planteadas se pueden aún encontrar (por fuera del andamiaje capitalista y del entendimiento científico) en el hombre y la mujer de las ciudades que se encuentran inmersos en las transformaciones de la sociedad, la mayoría de las veces como consumidores inconscientes, desconociendo el significado y sentido de dichos cambios; es decir, mayoritariamente se adolece de una formación básica que le permita a los sujetos asumir posiciones críticas frente a los desarrollos y productos científico-tecnológicos.

Désautels y Larochelle (2003) ponen de manifiesto la fosa abisal y secular entre la sociedad y la ciencia que no puede conducir a pensar la socialidad de las tecnociencias más que en términos de impactos sociales. De tal manera, los hechos y los artefactos provenientes de un mundo exterior no pueden más que entrar en colisión con una sociedad más o menos pasiva que se adaptaba en nombre del progreso. Ahora que las tecnociencias se conciben como prácticas sociales que producen objetos conectados con las condiciones locales de su fabricación, se dibuja una concepción de su socialidad totalmente diferente. Los colectivos de científicos y tecnólogos, por el camino de prácticas experimentales, teóricas, materiales y discursivas, llegan a la existencia de entidades nuevas (sustancias, organismos modificados, artefactos, dispositivos, conceptos, teorías, etc.), más o menos inciertas, más o menos controvertidas.

En este sentido, es fundamental hacer interpretación, análisis y propuestas a partir de los ritmos de desa-

rrollo científico-tecnológico y social, al igual que de la historia y los contextos particulares desde los cuales se desarrolla la educación.

Ante el hecho paradójico, que mientras el conocimiento avanza aceleradamente, la ignorancia hace igualmente lo propio, surge la preocupación de algunos países por ofrecer educación a sus presentes y, sobre todo, futuros ciudadanos y ciudadanas en los asuntos de la biotecnología, la cual Roa y Valbuena (2009) señalan, se ha convertido en un especie de *iceberg* que solo deja ver una parte de su forma, tamaño, contenido y estructura, es decir: de su esencia.

Historia y enseñanza de la ciencia

Como ya se señalaba en el epígrafe de este escrito –parafraseando– la historia hace parte de los análisis e interpretación de los temas a tratar, constituye parte integral de un problema, investigación o propuesta. En tal sentido y en términos generales para el caso de la historia de la ciencia, ésta reclama y obliga a ser parte del análisis en cualquier estudio que quiera acercarse de forma diáfana ante “...lo que hemos hecho y lo que podemos hacer... En tal caso, un profundo conocimiento de todos lo que se ha hecho antes de nosotros no puede sino facilitar grandemente nuestro progreso futuro, si es que no resulta algo absolutamente necesario para él.” (Priestley, 1775, citado por Kragh, 1989, p. 14).

La historia de la ciencia permite seguir el devenir que constantemente la ciencia está dando desde diferentes culturas, sociedades y contextos, la historia está marcada por episodios en los cuales intervienen diversos factores: poderes, creencias, mitos y tradiciones. Por lo que conocer la historia de la ciencia para la enseñanza de las ciencias constituye un elemento esencial para conectar, explicar e interpretar el pasado a la luz del presente –o viceversa– y para conocer o reconocer las condiciones que algunos contextos tienen para poder entender y emprender o continuar la construcción de conocimiento, sea éste escolar, científico, cotidiano, profesional, etc.

Luego entonces, poner en la enseñanza contenidos descontextualizados y sin orientación de los objetivos que se pretenden alcanzar (aprendizaje, valores, actitudes, ideologías, etc.) es tanto como aprender por aprender, hacer por hacer sin saber para qué. Una enseñanza y un aprendizaje que no construye conocimiento conociendo el origen y la naturaleza de los conocimientos, y su historia, es tanto como construir castillos en el aire. Quintanilla (2007) ya subrayaba:

...la historia de la ciencia nos permite conectar la ciencia específica con tópicos y temas propios de cada disciplina y también con otros saberes, integrando la natural interdependencia del conocimiento humano con todas las manifestaciones de la cultura en su más amplio espectro. Así mismo, resulta evidente que la ciencia 'construida y enseñada' se ha ido justificando a lo largo de la historia con argumentos epistemológicos que no son simples de analizar y nos permiten comprender escuelas de pensamiento, corrientes imperantes y maneras de entender el mundo, considerando además las experiencias del sujeto que aprende en situaciones intencionadas de su propia cultura y valores. (p. 8)

Aparecen entonces aspectos clave para la enseñanza de las ciencias, los cuales conforman una red a la hora de ponerlos en escena durante la acción de la enseñanza, a saber: el conocimiento sobre la procedencia(s) de los conocimientos y de sus características, en términos de las formas utilizadas para su construcción y los antecedentes que le dieron forma y contenido. Asimismo, es posible encontrar la manera de abordar la enseñanza del conocimiento de manera situada teniendo como referente posturas críticas sobre su función, pero también propositivas que propendan por buscar acrecentar el entendimiento y producción del conocimiento.

Teniendo en mente lo anterior, en lo que sigue no se va a hacer alusión a la historia de la biotecnología, sino más bien a la historia de la incursión de la biotecnología a la educación como elemento igualmente clave de análisis para pensar en las preguntas ya formuladas en la introducción de este escrito. De esta manera se puede conocer lo que se ha hecho y en consecuencia hacer y proyectar el futuro, de acuerdo con las condiciones e intereses propios de cada país, de cada región, de cada contexto, desde el cual se proponen las iniciativas de enseñanza.

Incursión de la biotecnología en la educación¹

En atención a esto, y haciendo seguimiento a las primeras publicaciones derivadas de organismos internacionales, se evidencia que fue la Unesco en 1990, con participación de la Comisión de Educación en Biología de la *International Union of Biological Science* (IUBS), quien de manera oficial publicó el libro *Teaching Biotechnology in School* - editado por Joseph D. McInerney, que fue en gran parte resultado de una conferencia en mesa redonda sobre biotecnología y educación,

¹ Algunos apartados han sido tomados de Roa (2011).

llevada a cabo en 1989 en Asendorf, República Federal Alemana, en la cual participaron universidades de varios países como Bulgaria, Singapur, India, Alemania, Finlandia, China y Estado Unidos de América.

Según Wymer (1992), antes de que la Unesco publicara dicho libro, la biotecnología había ganado una significativa presencia en las escuelas y universidades del Reino Unido durante la década de los ochenta como resultado de la iniciativa del gobierno central, instituciones y ayudas individuales, aportando de esta manera a la alfabetización biotecnológica.

Años antes, Wymer (1986) escribe que David Micklos, del *Cold Spring Harbort Laboratory*, en New York, había señalado la escases de enseñanza de la biotecnología en las escuelas, por lo que planeó para su difusión realizar viajes desde las escuelas de California hasta las de New Hampshire en una camioneta plateada la cual llamó "the Vector Mobile DNA Laboratory" (figura 1), con el propósito de que profesores y estudiantes pudieran recibir capacitación y tuvieran la posibilidad de visitar el laboratorio y realizar prácticas sobre técnicas de recombinación de ADN, al igual que observar las instalaciones y exhibiciones de informática.

Comenta Wymer (1992), que este antecedente sirvió como parte de la justificación en el Reino Unido para la creación del *National Centre for Biotechnology Education* (NCBE), (antes *National Centre for School Biotechnology*) del cual él fue cofundador y director en 1985, al igual que editor de la revista: *Biotechnology Education* - lanzada por Pergamon Press en 1989. Otro elemento que justificó la creación del centro fue el informe sobre una investigación dirigida por el *Department of Trade and Industry* (DTI) del Reino Unido (1984-1985) para conocer el nivel de conciencia de la biotecnología en las escuelas.

Parte de las conclusiones del informe expresan que si bien muchos profesores conocen sobre el potencial e importancia económica de la biotecnología, y están interesados en la incorporación de aspectos de la misma en su enseñanza, pocos tienen la formación, experiencia o incentivos educativos para formar en sus estudiantes una conciencia sobre el tema, así como también para incorporar en los planes de estudio las técnicas y los procesos, la subyacente ciencia y el contexto económico de la Biotecnología. Adicionalmente, encontraron evidencia de que la inclusión de palabras tales como: artificial, clonación, terapia génica, ingeniería genética y productos industriales, en cualquiera de las declaraciones dadas, generaba desaprobación.



Figura 1. Obtenida en Wymer (1986)

El NCBE y otras entidades tales como *The University of Reading School of Education*; *The London Centre for Biotechnology*; y la *Division of Education at the University of Sheffield*, apoyadas por industrias locales, sociedades científicas o instituciones académicas, se interesaron porque la enseñanza de la biotecnología mejorara en las escuelas, particularmente en la secundaria y el bachillerato, por lo que dedicaron esfuerzos al diseño y realización de cursos de actualización a profesores, poniendo en discusión asuntos polémicos, paquetes de experimentos y material de divulgación de aspectos biotecnológicos.

James Watson, en un boletín de noticias de la edición inaugural de la NCSB, publicó un escrito titulado *School Biotechnology: An issue of Primary importance*, en el cual señalaba que el "*National Centre for School Biotechnology* representa el primer compromiso nacional para actualizar la enseñanza pre-universitaria teniendo en cuenta el dramático aumento de la ciencia del ADN.²

Continuando con lo descrito por Wymer (1992), este centro tomó el liderazgo en Europa y en el Lejano Oriente en la promoción de la educación en biotecnología en las escuelas. De hecho fue invitada como institución por la Unesco para participar en la conferencia

² En: <http://www.ncbe.reading.ac.uk/NCBE/NCBE/history.html>. Según comenta Dean Madden, Watson estuvo interesado en el intento de establecer un "centro de aprendizaje de ADN", similar al NCSB, en su laboratorio de Cold Spring Harbor.

de mesa redonda realizada en 1989 en Asendorf, Alemania. Igualmente, fue promotor de la *European Initiative on Biotechnology Education* (EIBE) en 1991, la cual fue apoyada con fondos de la Comisión de las Comunidades Europeas. Unos reglones más adelante se tratará de describir un poco más esta iniciativa.

Dean Madden del NCBE, integrante del grupo que reemplazó a Paul Wymer en 1990, en el 2005 en su publicación *The English patient Biotechnology education in the UK*, pone en discusión de manera crítica los verdaderos alcances del programa y se pregunta ¿qué lecciones se pueden aprender de la experiencia inglesa que pueda servir de modelo para otras iniciativas? Haciendo referencia a lo anterior destaca la disminución en la cobertura de los currículos escolares en biotecnología desde mediados de los 80, cuando fue el Reino Unido un líder mundial reconocido.

De manera parecida a como Wymer (1992) ya lo había presentado, Madden presenta brevemente los materiales de lectura y de laboratorio, videos y programas informáticos desarrollados, laboratorios móviles, entre otras cosas, aspecto que se resaltó con anterioridad en este escrito. Además, describe que varios profesores fueron adscritos a un proyecto en la Universidad de Sheffield durante tres años para estudiar las metodologías de enseñanza, prestando especial atención a cómo la experiencia de los profesores afectaba su práctica en el aula al desarrollar temas polémicos; finalmente manifiesta que hubo falta de consenso sobre la

definición de la biotecnología llevada a la educación, lo cual generó con el tiempo poco interés y temor.

El proyecto en Sheffield estaba más interesado en capacitar en aspectos de la biotecnología que en la educación en biotecnológica. Así mismo, el autor referencia varios cursos y estrategias de difusión de la biotecnología que con el tiempo no continuaron por falta de financiación, señala el poco acuerdo sobre los contenidos a desarrollar en la secundaria en cuanto a si sería enseñada en sentido estricto o solamente conceptos básicos.

Al respecto, y buscando llegar a un consenso, se realizó una conferencia nacional en la Universidad de Kent en Canterbury en 1986 a la cual asistieron, asesores de ciencia de autoridad en educación local, representantes de la industria y las universidades. Previo a la conferencia ya se habían celebrado reuniones similares en Cardiff y Londres. Comenta Madden, que el profesor Paul Black, del King's College London, advirtió sobre la necesidad de definir los planes de estudio sobre la biotecnología en la escuela y cómo esta podría ser evaluada.

Madden (2005) señala que en 1989, el gobierno británico implementó el plan de estudios nacional de biotecnología en Inglaterra y Gales, especificando qué enseñar a todos los estudiantes entre 5 y 16 años de edad. Dicha versión del plan de estudios había incorporado sólo algunos aspectos de la biotecnología. En términos generales, las políticas en educación fueron variando y cambiando la dinámica de las escuelas lo cual afectó las primeras iniciativas de introducción de la biotecnología en la escuela. En este orden de ideas, se combinaron aspectos atinentes a la alarma de los empresarios sobre el mercado, la percepción pública y la tensión con las escuelas.

Un factor importante en la incorporación de la biotecnología en la escuela fue la creación de la EIBE la cual se funda en la idea de desarrollar habilidades, aumentar la comprensión y facilitar el debate público informado a través de una mejor enseñanza de la biotecnología en escuelas, institutos de enseñanza secundaria y universidades de la Unión Europea. Su principal actividad se centró en generar materiales didácticos para personas entre los 16 y los 19 años de edad. Las unidades de enseñanza elaboradas en dicho programa consistieron en un conjunto de actividades con variedad de protocolos experimentales, actividades prácticas, juegos de rol, información y debates. A estos materiales se tiene acceso en internet en varios idiomas, encontrando materiales (con 20 contenidos de enseñanza) elaborados entre 1996 y 2000.

La EIBE se constituyó así en una activa red europea, multidisciplinar, con participación de expertos en educación, procedentes de 20 centros ubicados en varios países europeos, los cuales son: Bulgaria, Estonia, Polonia, Suiza, República Checa, Grecia, Bélgica, Dinamarca, Alemania, Irlanda, España, Francia, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Suecia y Reino Unido.

Para el caso de Latinoamérica y España se ha configurado, desde el 2006, la *Red Iberoamericana de Educación en Biotecnología Agroalimentaria*, BIOEDUCAR, con el apoyo de CYTED y RedBio/FAO. Esta tiene como principal objetivo coordinar fortalezas y oportunidades disponibles de educación en biotecnología agroalimentaria en Iberoamérica, para fomentar y facilitar la comunicación entre científicos y sociedad en los campos de las ciencias de la vida. También pretende el desarrollo de proyectos conjuntos en diferentes instancias de trabajo, discusión, exposición y análisis, en beneficio de la calidad y pertinencia de la enseñanza, al igual que un cambio de percepción pública de las nuevas tecnologías aplicadas a la producción de alimentos.

En este marco, la red espera generar intercambios de experiencias; definir y coordinar temas de investigación de relevancia social y/o económica; desarrollar programas neutros, con base científica y bioética para la educación en biotecnología agroalimentaria (escuela primaria, secundaria, profesionales de la salud y la educación, comunicadores sociales, gestores de política y público en general); y proponer el desarrollo y presentación de un proyecto conjunto entre las naciones integrantes. En esta red participan 9 países: Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Cuba, Ecuador, España, México y Venezuela.

Hasta este punto, a partir de la revisión realizada, se puede decir que la biotecnología es un conocimiento que empieza a ser puesto en análisis y circulación, incorporándolo a la educación en el siglo XX, desde inicio de los ochenta en el Reino Unido y Estados Unidos, teniendo estos dos países un acercamiento para compartir las experiencias desarrolladas.

No sobra expresar, que la primera publicación al respecto fue referenciada por Wymer (1990), a través de un informe de trabajo de la Royal Society en 1981 titulado *"Biotechnology and education"*, el cual se encuentra en forma de libro y de artículo en *Journal of Biological Education*, 1982, 16 (1), 10-12.

Por su parte, Lui y Chan (1999) hacen otra cita de la Royal Society (1981) bajo el título de *"Biotechnology*

– *an interdisciplinary curriculum for schools*”, publicado en *School Science Review*, 68: 699-701.

Acercamiento a las tendencias e implicaciones de las investigaciones sobre educación en biotecnología

A principio de la década de los noventa aumentó el interés de varios países por incorporar la biotecnología a la educación en todos los niveles, lo cual al unísono se hace también notorio en las publicaciones hacia finales de dicho periodo, siendo mucho más acentuado el crecimiento hasta la actualidad. Esto indica, según Roa (2012), que su enseñanza y aprendizaje ya tiene un carácter importante en varios países de donde proceden dichas publicaciones (China, Brasil, Turquía, Portugal, España, México, Nueva Zelandia, Colombia, Argentina, Chile, Estados Unidos de América, Holanda, Malasia, Alemania, Australia, Inglaterra, Israel, Eslovenia, Canadá); sobre todo en aquellos en los cuales la biotecnología hace parte de sus investigaciones, producción y/o comercialización de alimentos y medicamentos, al igual que de aquellos que se caracterizan por contar con riqueza en biodiversidad o posicionamiento económico mundial. En algunos, se pone como expectativa social las implicaciones y efectos de diversa índole: económica, bioética, ambiental, política, cultural y desde luego, aunque de manera lenta, si se compara con las investigaciones en los laboratorios y empresas, la educación en ciencias.

En el seguimiento a las publicaciones se puede evidenciar que en la primera década del siglo XXI han aumentado las publicaciones especializadas sobre las interrelaciones biotecnología-educación, evidenciándose investigaciones y formación académica desde el preescolar hasta la educación superior –desde pregrado hasta doctorado-; se encuentra un marcado interés por la formación ciudadana, sobre todo en los países europeos, con el fin de cambio de percepciones o actitudes negativas-, al igual que para evitar la tensión que se pueda presentar con la sociedad en el consumo de los productos comercializados (Roa, 2012).

Incekara y Tuna (2011) recientemente identifican que las investigaciones se han concentrado fundamentalmente en la conciencia, percepción, actitudes y conocimientos sobre la biotecnología de los estudiantes desde los niveles de educación primaria hasta la educación media. Sus resultados muestran que los estudiantes de los diferentes niveles tienen escasa conciencia o conocimiento respecto a la biotecnología. Estos resultados son compartidos por otras investigaciones realizadas en percepción pública sobre la biotecnología sus pro-

ductos y servicios (Hoban, 1998; Priest, Bonfadelli y Rusanen, 2003; Cavanagh et al., 2005; Cabo, Enrique y Cortiñas, 2006; Traynor, Adonis y Gil, 2007; Dijkstra, 2008; entre otros.).

Zeller (1994), Lui y Chan (1999) y Türkmen y Darcin (2007) expresan la necesidad de incluir contenidos sobre biotecnología en los currículos de la primaria y bachillerato, por su parte, Kidman (2010) pone de relieve que hay escasa investigación sobre esta educación, especialmente en relación con los tópicos de interés de los estudiantes y las que enfaticen en el profesor. En adición a esto último, es de subrayar que *la formación de profesores para la enseñanza de la biotecnología en las escuelas y universidades, ha sido escasamente abordada como objeto de investigación.*

Sin entrar en detalles, por cuanto puede ser motivo de otro artículo, en Colombia se han realizado de manera aislada algunas investigaciones respecto a la educación en biotecnología (Roa, 2012) desde finales de la década de los ochenta del siglo pasado por grupos de investigación tales como:

- Bio-Educación, el cual surge en el Instituto de biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia en el año 2004, su orígenes están en el grupo Biosec³, que cuenta con más de 15 años de experiencia en aplicaciones de la biotecnología en la educación secundaria (Caro, 2008). Su accionar se ha ubicado en varios colegios de algunos municipios y regiones del país (Buitrago et al., 2007). También han realizando esfuerzos por socializar los conocimientos sobre las herramientas de uso frecuente en la biotecnología, a través de programas integrales para actualizar los conocimientos de los profesores del área de ciencias naturales (Parra y Reguero, 2000).
- Grupo Biotecnología y Educación, surge en la Universidad Pedagógica Nacional en el año 1995. Ha descrito e interpretado proyectos escolares sobre biotecnología en varias instituciones de educación básica y media; propuesto unidades didácticas bajo el modelo de enseñanza aprendizaje como investigación, y han incorporado cursos electivos en la formación de futuros profesores de Biología (Camelo et al., 2009).

³ Según Camelo, García y Roa (2009) el grupo Biosec surge hacia el año 1987 en medio de un desafío que emprendieron el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional, la Universidad del Valle y Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación -antes llamado Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología ‘Francisco José de Caldas’-, en relación a un proyecto formulado por la OEI que buscaba enseñar algunos aspectos del campo de la biotecnología en los niveles de educación básica y media.

En general, a nivel nacional se han propuesto estrategias y planeado cursos de actualización para profesores de ciencias dado que es latente su desconocimiento o desactualización para la enseñanza de la biotecnología (Grevechova, Salcedo y Cárdenas, 1995; Castellanos, Salcedo y Grevechova, 1996; Valbuena, 1998; Parra y Reguero, 2000; Bolaño, Pulido, García y Roa, 2003; Melo *et al.*, 2005; Pulido *et al.*, 2006; Buitrago *et al.*, 2007; Roa *et al.*, 2008), lo cual coincide con lo que acontece en otros países.

Teniendo en cuenta lo recorrido en todo el escrito, se evidencia la necesidad de problematizar la biotecnología desde los desarrollos alcanzados en el campo de la didáctica, teniendo en mente lo que representa la formación de una ciudadanía ilustrada con la conciencia del conocimiento que le subyace a la biotecnología y el significado y sentido que tiene en múltiples direcciones.

En las investigaciones revisadas se encuentra que se ha puesto poca atención al análisis minucioso del conocimiento biotecnológico, la acción didáctica en el aula, la selección, organización, secuenciación y estructuración de contenidos, la evaluación y la relación con otras disciplinas de conocimiento. En consecuencia, es necesario que la educación no sea limitada a la formación para la investigación, consumismo o formación laboral, sino que piense el conocimiento biotecnológico en cuanto a su naturaleza y función en la sociedad; de tal manera que las decisiones asumidas por los ciudadanos representen, con base en ello, un sentido ilustrado y responsable.

Haciendo un balance sobre la importancia de la educación en Biotecnología, Roa y Valbuena (2009) explicitan la necesidad de realizar más investigaciones sin dejar de lado las connotaciones socioeconómicas, culturales y políticas. Para ello identifican elementos que podrían contribuir a su configuración, en relación con la didáctica de las ciencias y enfatizando en lo relativo al conocimiento que ha de identificar y continuar desarrollando el profesor de ciencias para abordar su enseñanza:

- Epistemología de la biotecnología e implicaciones didácticas.
- Formación inicial y en ejercicio de profesores de ciencias para la enseñanza de la biotecnología.
- Relaciones entre la didáctica de las ciencias y la enseñanza de la biotecnología.
- El conocimiento didáctico del contenido biotecnológico.

- El conocimiento escolar de la biotecnología.
- La antropología didáctica como fundamento para la educación y enseñanza de la biotecnología.
- Implicaciones bioéticas de la educación en biotecnología.
- El papel de las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la biotecnología.
- Las implicaciones biopolíticas de la educación en biotecnología.
- Didáctica, capitalismo y formación ciudadana.

Conclusiones

De acuerdo con lo presentado, emergen elementos que pueden ayudar a orientar y reorientar los análisis e investigaciones sobre la enseñanza de la biotecnología y el conocimiento del profesor de ciencias:

La aproximación a la historia sobre educación en biotecnología permite tener en cuenta y entender las razones, condiciones y circunstancias que se dieron en el Reino Unido para su incorporación en las escuelas. Se evidencia la influencia de este país, y de los Estados Unidos de América, en los lineamientos formulados por la Unesco, y de ésta para los países europeos y latinoamericanos.

Antes de incorporar la biotecnología como contenidos de enseñanza en las escuelas, es necesario conocer la historia recorrida por otros países sobre la llegada de ésta a la educación, tenido esto como base se puede hacer un acercamiento a los objetivos que respondan a las necesidades del país o región en términos de su cultura, biodiversidad, posición geográfica, alimentaria, empleo, necesidad de investigadores y profesionales, tanto para la enseñanza como para el avance de la Biotecnología.

Los primeros países que han propendido por incluir la biotecnología a la educación lo han hecho más preocupados por las decisiones que el público tome sobre los productos y servicios, en esto es evidente que el interés surge no en el seno de la educación sino en el exterior a la misma, fundamentalmente es el interés del mercado, del capitalismo, dado el analfabetismo biotecnológico que se ha presentado en muchas sociedades.

Las investigaciones sobre la educación en biotecnología, más que pretender medir actitudes o percepciones para cambiarlas o reforzarlas en estudiantes y profesores, deberá abordar análisis -desde la didáctica-

tica- en cuanto a la epistemología, historia, bioética, economía, sociología, ambiente y filosofía de la biotecnología para su enseñanza, lo cual conduce a reconocer la potencia que tiene, *lato sensu*, como objeto de investigación y enseñanza, en tanto trasciende a tópicos de conocimiento de diversa índole y de interés social.

Se puede hipotetizar que, dado el crecimiento del conocimiento científico y el valor que adquiere en las economías de los países, la biotecnología es posible de ser incorporada en los currículos de ciencias como un metacontenido o incluso como una disciplina desde la cual se puede enseñar de manera interdisciplinaria.

El conocimiento didáctico de la biotecnología, resultado de la investigación de la práctica de los profesores, pueden contribuir a mejorar la enseñanza y aprendizaje de la misma y de las ciencias en general al acercar a los estudiantes a la actividad científica –aunque no es el objetivo esencial– y a la naturaleza de su conocimiento. En consecuencia, es fundamental incluir la didáctica de la biotecnología en la formación de profesores de ciencias, en especial de Biología, tanto en docentes en ejercicio como en formación inicial.

Referencias bibliográficas

Bolaño, P., Pulido, M., García, Y., Roa, R. 2003. Investigaciones escolares de biotecnología en educación media, una forma de integrar ciencia tecnología y sociedad. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis*. Número extra, 187-188.

Buitrago, D., Roa, R. 2011. Apuntes para abordar la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad como problema de investigación desde la enseñanza de las ciencias naturales. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. *Revista Biografías: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extra-Ordinaria. 391- 400.

Buitrago, G et al., 2007. La Biotecnología: “un juguete” preferido en la educación, una visión de Grupo de investigación Bioeducación. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 9 (2): 72-78. En: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/issue/archive>.

Cabo, J., Enrique, C., Cortiñas, J. 2006. Opiniones e intenciones del profesorado sobre la participación social en ciencia y tecnología. El caso de la Biotecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 3(3): 349-369.

Camelo, L., García, Y., Roa, R. 2009. Propuestas desarrolladas en la enseñanza de la Biotecnología en Bogotá: recopilación de resultados. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis*. Número extraordinario. 613-617.

Caro, M. 2008. Biotecnología aplicada Un logro del Grupo BIOSEC. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 10 (2): 129-132. En: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/issue/archive>

Castellanos, O., Salcedo, L., Grevechova, R. 1996. Importancia del factor educacional en el desarrollo sostenido de la Biotecnología. *Revista Estudios en Pedagogía*. 9 (2): 50-65.

Cavanagh, H., Hood, J., Wilkinson, J. 2005. Riverina high school students' views of biotechnology. *Electronic Journal of Biotechnology*. 8 (2): 121–127.

Chamizo, J. 2000. La historia de la ciencia: un tema pendiente en la educación Latinoamericana. En: Quintanilla, M. Historia de la ciencia. Aportes para la formación del profesorado. Volumen I. Chile. Editorial Conocimiento.

Désautels, J., Larochelle, M. 2003. Educación científica: el regreso del ciudadano y de la ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1): 3-20.

Dijkstra, A. 2008. Of publics and science. How publics engage with biotechnology and genomics. Tesis de Doctorado. University of Twente. Netherlands.

European Initiative on Biotechnology Education (EIBE). En: <http://www.ipn.unikiel.de/eibe/ENGLISH/INTRO.HTM>.

Grevechova, R., Salcedo, L., Cárdenas, F. 1995. Biotecnología y educación básica. *Actualidad Educativa*. 2 (7): 35-40.

Hoban, T. 1998. Trends in consumer attitudes about agricultural Biotechnology. *AgBioForm*. 1 (1): 3-7.

Incekara, S., Tuna, F. 2011. An overview of biotechnology in turkish secondary schools: a student's perspective on health and environmental issues. *European Journal of Educational Studies*. 3(1).

Kidman, G. 2010. What is an 'Interesting Curriculum' for Biotechnology Education? Students and Teachers Opposing Views. *Research in Science Education*. 40: 353-373.

Kragh, H. 1989. Introducción a la historia de la ciencia. Barcelona: Editorial Crítica.

Lui, K., Chan, S. 1999. Biotechnology education for teacher trainees. New Horizons in Education. *The Journal of Education Hong Kong Teachers' Association*. 40: 109 – 116.

Madden, D. 2005. The English patient Biotechnology education in the UK. En: Csermely, P., Korcsmáros, T., Lederman, L. Science Education: Best Practices of Research Training for Students under 21. *NATO Science Series, V: Science and Technology Policy*. 47: 143-152.

Maldonado, C. 2007. Filosofía de la ciencia y la nanotecnociencia. En: Giraldo, J; González, E; y Gómez, F. Nanotecnociencia. Nociones preliminares sobre el universo nanoscópico. Bogotá. Colombia. Ediciones Buinaima.

McInerney, J. (editor). 1990. Teaching Biotechnology in School. Paris: Unesco.

Melo, C., García, Y., Roa, R., Valbuena, E., Jiménez, H., Barreto, C., Chavarro, C. 2005. Implementación de una unidad didáctica: Bacterias fijadoras de nitrógeno para la enseñanza /aprendizaje de la biotecnología en la educación media. *Revista Tecne, Episteme y Didaxis*. Número extra. 187-188.

Muñoz, G., Alvarado, S. 2009. La integralidad como multidimensionalidad: un acercamiento desde la teoría crítica. Hologramática - Facultad de Ciencias Sociales. *UNLZ*. 11 (1): 103-116.

Parra, C., Reguero, M. 2000. Algunas experiencias de la introducción de la biotecnología en la educación básica y media. *Revista de Educación en Ciencias*. 1 (1): 13-16.

Priestley, J. 1775. The history and present state of electricity. Londres. Publicado originalmente en Londres, 1767.

Priest, S., Bonfadelli, H., Rusanen, M. 2003. The “trust gap” hypothesis: predicting support for biotechnology across culture as a function of trust in actors. *Society for Risk Analysis*. 23 (4): 751-766.

Pulido, M., Roa, R., García, Y., Bolaño, P., Valbuena, E., López, S., Chavarro, C. (2006). Investigaciones escolares en biotecnolo-

- gía una estrategia que involucra situaciones problemáticas. En: Vasco, C. (Editor). Ciencias, racionalidades y medio ambiente. Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana. pp. 139-145.
- Quintanilla, M. 2007. La historia de la ciencia como una estrategia para aprender a pensar sobre el mundo. Quintanilla, M. Historia de la ciencia. Aportes para la formación del profesorado. Volumen I. Chile. Editorial Conocimiento.
- Red Iberoamericana de Educación en Biotecnología Agroalimentaria. 2006. BIOEDUCAR. En: <http://www.upv.es/VALORES/Documentaci%F3n/CYTED/Convocatoria.pdf>
- Roa, R. 2011. Acercamiento a la historia de la instalación de la biotecnología en la educación. Memorias: VI Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. Primer Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Universidad Pedagógica Nacional.
- Roa, R. 2012. Configuración del conocimiento didáctico profesional del profesor de ciencias para la enseñanza de la biotecnología en Colombia. Propuesta de investigación. *Revista EDUCyT*. Diciembre, 107-125.
- Roa, R., García, Y., Chavarro, C. 2008. Formación de profesores de biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores*. 11 (2): 69-88.
- Roa, R., Valbuena, E. 2009. Hacia la estructuración de la educación en biotecnología como problema didáctico de investigación. Memorias: Primer Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología. Asociación Colombiana para la Investigación en Ciencia y Tecnología. Bogotá.
- Royal Society. 1981. Biotechnology – an interdisciplinary curriculum for schools. *School Science Review*. 68: 699-701.
- Royal Society. 1981. Biotechnology and education. Informe grupo de trabajo.
- Royal Society. 1982. Biotechnology and education. *Journal of Biological Education*, 16 (1): 10-12. En: http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfp=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=EJ266247&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=EJ266247
- Sibilia, P. 2006. El hombre postorgánico. Cuerpo, subjetividad y tecnologías digitales. Buenos Aires. Argentina. Fondo de Cultura Económica.
- Traynor, P., Adonis, M., Gil, L. 2007. Strategic approaches to informing the public about biotechnology in Latin America. *Electronic Journal of Biotechnology*. 10 (2): 169-177.
- Türkmen, L., Darcin, E. 2007. A Comparative Study of Turkish Elementary and Science Education Major Students' Knowledge Levels at the Popular Biotechnological. *International Journal of Environmental & Science Education*. 2 (4): 125-131.
- Valbuena, E. 1998. Contribución al desarrollo de la biotecnología desde la educación en los niveles de la básica y media. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*. (4). Universidad Pedagógica Nacional.
- Wymer, P. 1986. A driving force in biotechnology. *New Scientist*. 1525, 63.
- Wymer, P. 1990. Considerations for implementation. En: McInerney, J. (editor). *Teaching Biotechnology in School*. Paris. Unesco.
- Wymer, P. 1992. Biotechnology in schools: the UK experience. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 8: 473-476.
- Zeller, M. 1994. Biotechnology in the high school biology curriculum: The future is here! *The American Biology Teacher*. 56 (8): 460-462.