

*Bio - grafia. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. ISSN 2027*

Edición Extraordinaria. p.p. 1318-1331

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

## ENSEÑANZA DE LA BIOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA. REVISIÓN DE ANTECEDENTES<sup>1</sup>

TEACHING OF BIOTECHNOLOGY IN LATIN AMERICA. BACKGROUNDS REVIEW

Espinel Barrero Nydia Esperanza<sup>2</sup>

### Resumen

Paulatinamente la enseñanza de la biotecnología ha sido abordada en instituciones escolares de América Latina. A partir de una revisión documental de 30 artículos seleccionados se aborda el análisis de los antecedentes de la enseñanza de la biotecnología en el continente, para efectos de la sistematización se utilizaron diferentes categorías con el propósito de establecer particularidades y semejanzas. Se evidencia que entre las justificaciones para la inclusión de la biotecnología en las aulas de clase en los países latinoamericanos se encuentran la alfabetización científico-tecnológica de la ciudadanía y la adquisición de habilidades y competencias científicas, laborales o de emprendimiento, así como la concientización sobre la necesidad de conocer, conservar y aprovechar los recursos genéticos. Dentro de las distintas estrategias empleadas para su enseñanza se encuentran las prácticas de laboratorio, las exposiciones orales por parte de especialistas, los debates y los proyectos escolares, estos últimos desarrollados como proyectos de énfasis en la educación media. Se pone de manifiesto la necesidad de hacer la caracterización del conocimiento profesional del profesor en cuanto al contenido biotecnológico de aquellos profesores en ejercicio que están asumiendo la enseñanza de la biotecnología en Colombia.

**Palabras clave:** Enseñanza, Biotecnología, Antecedentes, América Latina.

### Abstract

Gradually the teaching of biotechnology has been addressed in educational institutions in Latin America. Based on a literature review of 30 selected articles, the history of the teaching of biotechnology in the continent was analyzed, in order to systematizing it,

<sup>1</sup> Esta ponencia hace parte del desarrollo de la tesis doctoral de la autora.

<sup>2</sup> Licenciada en Química. Universidad Pedagógica Nacional. M. Sc. - Bioquímica. Universidad Nacional de Colombia. Estudiante Doctorado Interinstitucional en Educación. Universidad Pedagógica Nacional. Grupo de Investigación Conocimiento Profesional de Profesor de Ciencias. neespinelb@gmail.com

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

different categories was used, for the purpose of establishing peculiarities and similarities. It is evident that among the justifications for the inclusion of biotechnology in the classroom in Latin American countries are the scientific and technological literacy of citizenship and the acquisition of skills and, scientific, labor or entrepreneurial competences and awareness of the need to understand, conserve and use genetic resources. Among the different strategies used for teaching are the labs, oral presentations by specialists, discussions and school projects, which are developed like emphasis projects on secondary education. It shows the need to characterize the professor's professional knowledge regarding the biotechnology content of those practicing teachers who are taking the teaching of biotechnology in Colombia.

**Key words:** Education, Biotechnology, history, Latin America.

### **Introducción**

En las últimas décadas hemos evidenciado un gran auge de la biotecnología debido a la enorme cantidad de conocimiento generado a partir de la dilucidación de la estructura del ADN y el consecuente desarrollo de la ingeniería genética, así como al veloz desarrollo de las tecnologías de la computación y la informática. Los procesos biotecnológicos, entre ellos los que involucran animales (clonación, uso de animales como biorreactores, etc), o en los que se obtienen productos a partir de plantas modificadas genéticamente, así como los medicamentos o terapias clínicas como la obtención y producción de células madre han suscitado enormes polémicas desde finales del siglo XX, tanto en los países del Viejo Continente y Norteamérica, como en los países de América Latina. Por supuesto, en Colombia, un país con un gran potencial de recursos naturales y biodiversidad, tanto la producción y comercialización de dichos productos, así como la tensión generada por las implicaciones sociales y éticas que la biotecnología moderna conlleva, tensiones que podemos decir, se presentan a nivel mundial y han provocado diversas posiciones en cuanto a las acciones que los sistemas educativos deben realizar para asumir la educación biotecnológica de la población, son ya una realidad.

Es así como Roa y Valbuena (2013) señalan que a pesar que la incorporación de la biotecnología en las instituciones europeas y norteamericanas a partir de iniciativas como las del NCSB (*National Centre for School Biotechnology*) y otras entidades como *The*

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

*London Centre for Biotechnology* y la *Division of Education at the University of Sheffield*, tuvieron en sus inicios la intención de enseñar conceptos y técnicas biotecnológicas así como poner en discusión asuntos polémicos, con el pasar de los años, la incidencia de los productos biotecnológicos en el mercado y el cambio en las políticas educativas, volcó dicha educación hacia la percepción pública y a la necesidad de evitar actitudes negativas hacia los desarrollos científicos en biotecnología, que a la vez pudieran afectar la comercialización de dichos productos y servicios (p. 157).

En relación a lo anterior, puede decirse que la percepción pública de los productos y avances biotecnológicos en el sector latinoamericano, ha sido producto de la llegada de elaboraciones científicas, tecnológicas y comunicativas de países de otros continentes (Barón, Rincón y Arias, 2012), de manera tal que la población ha generado dos tipos de sentimientos hacia la biotecnología, por una parte, la aceptación de los posibles beneficios que traen consigo el diagnóstico y tratamiento de distintas enfermedades, pero por otro lado, temor y rechazo hacia la creación de quimeras, la modificación artificial de los ecosistemas, la posibilidad de acrecentar la patogenicidad de las bacterias e, incluso, de intervenir sobre el hombre (Sarricolea y García-Noblejas, 1998). Como es de esperarse, estas diferencias en las percepciones han traído como consecuencia acciones en doble vía, por un lado la insistencia de biólogos y ecologistas por la toma de medidas de cuidado y preservación de los recursos naturales propios de cada nación y por otro, las acciones de los biotecnólogos y de las empresas comercializadoras de productos biotecnológicos, que intentan convencer a la población de los beneficios de éstas nuevas tecnologías en términos de bajos costos y mejoramiento de la calidad de vida (Sánchez-Cuevas, 2003).

Ante esta situación, en el ámbito educativo internacional, alternativamente, se han conformado dos redes para la enseñanza de la biotecnología, una en la Unión Europea, la *EIBE (European Initiative on Biotechnology Education)* la cual pretende desarrollar habilidades, aumentar la comprensión y facilitar el debate público a través de una mejor enseñanza de la biotecnología en escuelas, institutos de enseñanza secundaria y universidades de la Unión Europea (Braun y Moses, 2004), y la otra, para el caso de Latinoamérica y España, la *Red Iberoamericana de Educación en Biotecnología Agroalimentaria, BioEDUCAR*, la cual viene trabajando desde 2006 en coordinar fortalezas y oportunidades de educación en biotecnología agroalimentaria en Iberoamérica, para

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

fomentar y facilitar la comunicación entre científicos y sociedad en los campos de las ciencias de la vida (Fernández, Diamante y McCarthy, 2013).

En el continente Latinoamericano en particular, se pueden encontrar diversas estrategias metodológicas y didácticas para la enseñanza de la biotecnología en las aulas de clase tanto de educación secundaria como al nivel de pregrado, tanto en países pertenecientes a la Red BioEDUCAR (Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Cuba, Ecuador, España, México y Venezuela), como en países que están por fuera de ella, lo cual pone en evidencia la importancia que poco a poco ha cobrado la biotecnología para el sector educativo. En el marco de realización de la tesis doctoral sobre el conocimiento profesional del profesor para la enseñanza de la biotecnología, se presenta la revisión de antecedentes sobre la enseñanza de la misma en América Latina, buscando conocer las principales tendencias en cuanto a las razones que motivan su inclusión en los currículos de los niveles de educación secundaria y primeros semestres universitarios así como en las actividades y propuestas que se vienen desarrollando para su enseñanza.

### **Metodología**

Se realizó una revisión documental de tipo cualitativo en distintas bases de datos como REDALYC, Scielo, Dialnet, Pubmed y Springer Journal, de artículos relacionados con la enseñanza de la biotecnología, usando descriptores como "enseñanza de la biotecnología", "educación biotecnológica" y "aprendizaje de la biotecnología" tanto en español como en inglés y portugués, con el fin de establecer sus antecedentes en América Latina. Como criterio de inclusión de los documentos solo se tuvo en cuenta aquellos que mantuvieran relación con el tema de estudio. Para efectos de la sistematización se utilizaron diferentes categorías, principalmente aquellas que permitían establecer los motivos de inclusión de la enseñanza de la biotecnología y las estrategias didácticas propuestas para tal fin.

### **Resultados y discusión**

Luego de realizar la búsqueda en las bases de datos se puede notar que los artículos y documentos reportados corresponden en su mayoría a publicaciones de los últimos 10 años, aunque también se encuentran algunos reportes de finales del siglo pasado, es decir, es durante las últimas dos décadas que la enseñanza y aprendizaje de la biotecnología cobra importancia en los países de América Latina de donde provienen dichas publicaciones

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

(Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, Chile, México, Puerto Rico y Venezuela), sobre todo en aquellos países en los cuales la biotecnología hace parte de sus investigaciones, producción y/o comercialización, al igual que en aquellos que se caracterizan por contar con riqueza en biodiversidad.

Y es que como ya se dijo, es solo a partir del año 2006 que se conforma la Red Iberoamericana de Educación en Biotecnología Agroalimentaria (BioEDUCAR), entidad perteneciente a la FAO, y que ha venido desarrollando programas de educación en biotecnología dirigidos a estudiantes de primaria y secundaria y cursos de capacitación docente en biotecnología en los países que integran la Red. Dentro de las estrategias empleadas se pueden mencionar el diseño y puesta en operación de una página web que ofrece productos didácticos para diferentes niveles escolares, la elaboración de un libro virtual de las biotecnologías, desarrollado con apoyo de los nueve países integrantes de la Red, y la puesta a disposición de un canal permanente de intercambio y análisis de iniciativas en el ámbito educativo (Fernández, et al., 2013).

Pero adicionalmente a las actividades desarrolladas por la Red BioEDUCAR, la revisión documental realizada pone en evidencia que existen varias propuestas más con el objetivo de introducir la biotecnología en las aulas de clase de los países latinoamericanos. Es el caso de las propuestas desarrolladas por países como Argentina y Brasil, precisamente, dos de los países latinoamericanos adelantados en cuanto a investigación biotecnológica y que poseen programas de apoyo al desarrollo biotecnológico (Bota, 2003).

En Argentina, por ejemplo existe una asociación dedicada a la divulgación y fomento de la comprensión de la biotecnología, denominada ARGENBIO. Dicha asociación ofrece un programa educativo llamado *Por Qué Biotecnología*, encargado de impulsar a través de la capacitación docente y la promoción de distintos recursos didácticos la enseñanza de la biotecnología en la escuela. El programa hace un llamado a los docentes a tener en cuenta que como contenido escolar la biotecnología incorpora aspectos relacionados tanto con la ciencia básica y sus aplicaciones tecnológicas como con la economía, la ecología y la percepción pública y, a presentar estos aspectos de una manera precisa, correcta y creativa, de modo que los alumnos puedan desarrollar su capacidad de análisis y comprensión en cuanto a los alcances de la biotecnología y sus implicaciones. Entre otras estrategias, el programa ofrece a través de su página web

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

([www.porquebiotecnologia.com.ar](http://www.porquebiotecnologia.com.ar)) un boletín didáctico llamado "El Cuaderno", en el que en cada edición se aborda un tema específico y se incluye información teórica, ejercicios, bibliografía de consulta y consideraciones metodológicas para enseñar dicho tema en el aula, especialmente en el nivel de secundaria, últimos años de primaria y los niveles introductorios de carreras universitarias, así como charlas de asesoramiento a los docentes en las instituciones que así lo soliciten (Argenbio, 2014).

Es importante señalar además que en Argentina, luego de varias reformas educativas, el currículo escolar de ciencias naturales incluye contenidos biotecnológicos en los dos niveles de la escuela secundaria, el Tercer ciclo de la Educación General Básica (EGB 3) y el Ciclo de Especialización o Polimodal. Los contenidos básicos para las Ciencias Naturales de la EGB 3 se organizan a partir de seis bloques conceptuales y la biotecnología se incluye en dos de estos bloques, mientras que en la Educación Polimodal los contenidos de biotecnología se encuentran asociados solamente a un bloque, de manera que dichos contenidos son incorporados como derivación de otros conceptos biológicos o asociados a la temática de manipulación genética (Ocelli, 2013a).

A partir de la inclusión mencionada, se han venido desarrollando varias investigaciones al respecto de la educación biotecnológica en Argentina, en las que se proponen realizar algunas experiencias simples de laboratorio como, la obtención de productos alimenticios que requieran o aprovechen los procesos de fermentación, la extracción de ADN y, la aplicación de técnicas biotecnológicas utilizadas en la industria. Así mismo se propone abordar cuestiones controvertidas, a través de debates en los cuales los estudiantes tengan roles claramente definidos, que los coloquen ante la necesidad de incorporar argumentos provenientes de diferentes sectores. Las investigaciones indican que la inclusión en las aulas de clase de conceptos y problemas vinculados a la Biotecnología constituye un factor esencial para la alfabetización científica ciudadana, indispensable para la participación democrática y la toma de decisiones vinculadas a determinadas aplicaciones científicas o tecnológicas que exigen conocer sus fundamentos (Ocelli, Vilar y Valeiras, 2011; Ocelli, Gardenal y Valeiras, 2012; Ocelli, 2013a; Ocelli, 2013b; Ocelli, Garcia, Gardenal y Valeiras, 2014).

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

De otra parte, en Brasil también podemos encontrar un sitio web denominado "Biotecnología, Enseñanza y Divulgación" (<http://www.bteduc.bio.br/>), dirigido a estudiantes, profesores, investigadores y demás interesados en la Biotecnología. La página presenta una considerable cantidad de material didáctico (guías de actividades, láminas y prácticas de laboratorio) de libre acceso, en portugués y español, con la intención de brindar a los docentes algunos elementos para desarrollar en las clases, divulgar en un lenguaje simple y accesible al público los fundamentos de la Biotecnología, sus alcances y limitaciones y, contribuir a la formación de una cultura científico-tecnológica amplia en la sociedad.

En cuanto a los motivos que orientan la introducción de temáticas biotecnológicas en las clases de ciencias naturales en éste país, cabe mencionar los estudios desarrollados por Pedrancini *et al.* (2007, 2008), quienes al investigar sobre las opiniones y los conocimientos asociados a los transgénicos de estudiantes de educación media, señalan que la población brasileña en general no se encuentra preparada para participar, de manera crítica y democrática, en los debates sobre los avances biotecnológicos, situación que se debe enfrentar desde la enseñanza de las ciencias en la escuela, al presentarlas de una manera sistémica, interdisciplinaria y contextualizada, posibilitando a los ciudadanos la toma de decisiones conscientes e informadas.

Así, y una vez presentado el panorama general de la enseñanza de la biotecnología en Argentina y Brasil, pasaremos a dar cuenta de las principales tendencias y particularidades de la enseñanza de la biotecnología en el contexto latinoamericano.

Con relación a las justificaciones para la inclusión de la biotecnología en las aulas de clase se identifica que en Latinoamérica, tanto en los países pertenecientes a la Red BioEDUCAR, como en los no pertenecientes a ella, distintos autores manifiestan la necesidad de incluir contenidos asociados a la biotecnología en los currículos y programas de ciencias naturales con el ánimo de alcanzar una alfabetización científico-tecnológica (Negrín *et al.*, 2007; Roa, García y Chavarro, 2008; Arroyo, 2011; Delgado, 2012; Roa y Valbuena, 2013, entre otros) que permita formar ciudadanos reflexivos y críticos, capacitados para participar ampliamente y tomar decisiones argumentadas tanto en los debates que los medios de

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

comunicación presentan al respecto como en cuanto a las políticas públicas en salud, medicina y agricultura que incluyan cuestiones relacionadas con biotecnología.

Otros de los motivos que se evidencian en cuanto a la inclusión de la biotecnología en la educación formal son: la preparación de las nuevas generaciones en la adquisición de habilidades y competencias científicas (Valbuena, 1998; Melo, Mondragón y Wilches, 2001; Arroyo, 2011), así como en competencias laborales (Corporación Biotec, 2011, Delgado, 2012) o de emprendimiento (Bejarano y Basto, 2011), que les permita a los jóvenes formarse como futuros profesionales e investigadores en este campo y/o valorar y hacer un uso, tanto racional como ético, de la biodiversidad y sus recursos genéticos.

Se pueden mencionar además motivos relacionados con la idea de que la apropiación de contenidos asociados a la biotecnología, puede preparar a la población juvenil para asumir una época donde el desarrollo de una nación depende en gran medida de la capacidad de producir conocimiento y tecnología (Melo, *et al.*, 2001) o mejorar la productividad y de la calidad de vida en el campo (Corporación Biotec, 2011).

En cuanto a las estrategias y propuestas didácticas orientadas a la enseñanza de la biotecnología se puede decir que una de las tendencias es la realización de prácticas de laboratorio, bien sea acompañadas de la discusión sobre temas de actualidad y relevancia en la Biotecnología como en Puerto Rico (Arroyo, 2011), de exposiciones orales por parte de especialistas en Venezuela (Eleizalde, Parra, Palomino, Reina y Trujillo, 2010) o de guías y talleres como en Brasil y Argentina. Se evidencian otras estrategias como el caso reportado por Negrín *et al.*, (2007), en el que se empleó el televisor para desarrollar un curso de Introducción a la biotecnología para estudiantes de secundaria y universitarios de Cuba en forma de teleclases y se combinó la presencia del profesor y la utilización de grabaciones y materiales filmicos nacionales y extranjeros y además se propició el debate y la reflexión sobre la Biotecnología y su incidencia en el plano científico, económico-social y político de los países.

En el caso de Colombia en particular, se puede hablar de la realización de proyectos pedagógicos con estudiantes de educación media como en el caso del Instituto Pedagógico Nacional, de la Universidad Pedagógica Nacional (Melo, *et al.*, 2001, Bejarano y Basto, 2011), el colegio Manuelita Sáenz I.E.D (Delgado, 2012) y cuatro instituciones del Valle del



Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Cauca (Corporación Biotec, 2011), en las que en términos generales se llevan a cabo experiencias de laboratorio y se profundiza en las clases en aplicaciones biotecnológicas como: cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, fitoquímica, microbiología aplicada y biología molecular y citogenética, buscando la generación de competencias científicas, investigativas y laborales o de emprendimiento.

En este mismo sentido, debe decirse que los grupos Bio-Educación y Biosec (Grupo de Incorporación de la Biotecnología en la Educación Básica y Media) pertenecientes al Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN), desde hace más de 10 años, han buscado que en diferentes instituciones educativas, tanto a nivel distrital como a nivel nacional se consolide un modelo pedagógico de enfoque constructivista que permita incorporar elementos de biotecnología en los currículos de ciencias naturales, a partir de la investigación participativa, y de las necesidades propias de cada institución (Grupo de Incorporación de la Biotecnología en la Educación Básica y Media, 1998; Grupo Bio-Educación, 2007).

Cabe entonces señalar, una vez hecho éste recorrido general acerca del estado del arte de la enseñanza de la biotecnología en Latinoamérica, que el papel de la biotecnología y sus aplicaciones en la escuela ha venido tomando fuerza en los últimos años, como una forma de preparar a las nuevas generaciones para que sean capaces de asumir las implicaciones de los avances científicos y tecnológicos y de aportar al desarrollo de su nación, de una forma crítica y ética o quizás también como una manera de contrarrestar la información brindada por los medios de comunicación, a menudo presentada en forma de titulares atractivos y resúmenes simplistas, en los que de manera alarmista se destacan las consecuencias y las predicciones de los avances biotecnológicos (Muñoz, 2002).

En este orden de ideas, aparece el cuestionamiento acerca de la preparación que como docentes debemos poseer para poder presentar a nuestros estudiantes los contenidos biotecnológicos, no solo como un cúmulo de conceptos científicos, sino desde la manera como se ha construido y construye el conocimiento biotecnológico, acercándolos a su vez a la comprensión de las implicaciones que su desarrollo tiene en distintos sectores de la sociedad como el político, el económico y el ético, lo que lleva a un segundo cuestionamiento, relacionado con la inclusión de conceptos y procesos asociados a la biotecnología durante la etapa de formación inicial docente, en la cual se incorporen no sólo referentes teóricos y

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

prácticos sino también, y de acuerdo con Pedrancini *et al.*, (2007) capacitación en cuanto a la epistemología de la biotecnología, la organización de los contenidos de aprendizaje y las conexiones explícitas entre éstos conceptos y las últimas innovaciones científicas y biotecnológicas, la cual resulta esencial si se quiere mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la biotecnología que tienen lugar en las aulas (Ocelli, 2013a).

Ahora, si se tiene en cuenta la consideración de Roa (2011), para quien la inclusión de la enseñanza de la biotecnología en la formación de profesores de ciencias naturales todavía es muy exigua, dado que no se tienen referentes epistemológicos fundamentados sobre los cuales hacer de la misma un objeto de enseñanza y, al mismo tiempo se considera el hecho que tanto en nuestro país como en países cercanos empiezan a aparecer distintas propuestas para la enseñanza-aprendizaje de la biotecnología, se hace fundamental desarrollar una investigación de la práctica de aquellos profesores en ejercicio que están asumiendo la enseñanza de la biotecnología, que permita reconocer qué concepciones epistemológicas tienen acerca de la biotecnología, qué materiales y estrategias didácticas están utilizando para su enseñanza, qué contenidos están seleccionando, cómo los están organizando, cómo los están evaluando y, qué relaciones con el contexto económico, político y ético, así como con otras disciplinas del conocimiento están estableciendo, para así poder caracterizar el conocimiento profesional de los profesores en cuanto a la biotecnología y a partir de allí aportar a los programas de formación docente y a la inclusión de dichos contenidos en los currículos escolares, fundamentada desde las experiencias de los maestros.

### **Conclusiones**

A partir de la revisión documental se evidencia que durante las dos últimas décadas la enseñanza y aprendizaje de la biotecnología han cobrado importancia en varios de los países de América Latina, sobre todo en aquellos en los cuales la biotecnología hace parte de sus investigaciones, producción y/o comercialización, al igual que de aquellos que se caracterizan por contar con riqueza en biodiversidad. En la mayoría de los artículos se hace manifiesta la necesidad de incluir contenidos asociados a la biotecnología en los currículos y programas de ciencias naturales de estudios de varios niveles con el ánimo de alcanzar una alfabetización científico-tecnológica que permita formar ciudadanos reflexivos y críticos,

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

capacitados para participar y tomar decisiones argumentadas en los debates que los medios de comunicación presentan al respecto. Otros de los motivos que se evidencian en cuanto a la inclusión de la biotecnología en la educación formal en los niveles de educación secundaria y primeros semestres universitarios son: la preparación de las nuevas generaciones en la adquisición de habilidades y competencias científicas, competencias laborales o de emprendimiento así como la preparación de la población juvenil para asumir una época donde el desarrollo de una nación y la mejora de la calidad de vida depende en gran medida de la capacidad de producir conocimiento y tecnología. Dentro de las distintas estrategias que los docentes emplean para la enseñanza de la biotecnología se encuentran las prácticas de laboratorio, las exposiciones orales por parte de especialistas, los debates y los proyectos escolares, estos últimos desarrollados como proyectos de énfasis en la educación media.

### Bibliografía

Argenbio. (2014). Consideraciones didácticas para enseñar biotecnología a niños y jóvenes entre 12 y 17 años Disponible en: [http://www.argenbio.org/adcc/uploads/pdf/Consideraciones\\_didacticas.pdf](http://www.argenbio.org/adcc/uploads/pdf/Consideraciones_didacticas.pdf). Fecha de consulta: Abril 22 de 2015.

Arroyo, G. (2011). La enseñanza y capacitación en Biotecnología desde la perspectiva de la Educación General. *Revista Umbral*. 4: 66-78.

Barón, G.; Rincón, D.; Arias, N. (2012). El empoderamiento y la biotecnología en el desarrollo profesional: una posibilidad para la supervivencia de la humanidad. *Plumilla educativa*. 225 - 246.

Bejarano, D. y Basto, J. (2011). Enseñanza de la biotecnología; una estrategia para el fortalecimiento de competencias: investigativas, científicas y en emprendimiento en la educación media. Disponible en: <http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/paginaimagenes/PRESENTACIONESyPONENCIAS/Memorias%20Ponencias/Bogota/Curriculo%20y%20Evaluacion/Mesa%201%20Septiembre%202021/DAYANA%20BEJARANO%20MU%D1OZ.pdf>. Fecha de consulta: Abril 9 de 2015.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Bota, A. (2003). El impacto de la biotecnología en América Latina. Espacios de participación social. *Acta Bioethica*. Año IX, N° 1: 21 - 38.

Braun, R. y Moses V. (2004). A public policy on biotechnology education: what might be relevant and effective? *Current Opinion in Biotechnology*. 15: 246 - 249.

Corporación Biotec (2011). Inserción de la Biotecnología en la educación media rural. Informe final presentado a Universidad del Valle - Secretaría de Educación Departamental del Valle del Cauca.

Delgado, C. (2012). Un modelo pedagógico para la enseñanza de la producción biotecnológica de material vegetal. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.

Eleizalde, M.; Parra, N.; Palomino, C.; Reina, A.; Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de Investigación*. 34 (71): 271-290.

Fernández, J.; Diamante, A. y McCarthy, M. (2013). Rol de la REDBIO/FAO en el desarrollo de la biotecnología agrícola en América Latina y el Caribe. En: Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe. Gonzalez-Arnao, M. y Engelmann, F. (Eds). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Costa Rica.

Grupo Bio-Educación. (1997). Incorporación de la biotecnología en la educación básica y media. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 1 (2): 67-68.

Grupo de incorporación de la biotecnología en la educación básica y media. (1998). Incorporación de la Biotecnología en la Educación Básica y Media. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 1 (2): 67- 68.

Melo, S., Mondragón, C. y Wilches, F. (2001). Desarrollo de proyectos escolares en biotecnología. Propuesta de trabajo para la enseñanza aprendizaje de las Ciencias naturales en el nivel de educación media. Memorias XXXVI Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Cartagena,

Disponible

en:

[http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/pag185\\_190.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/pag185_190.pdf). Fecha de consulta:

Abril 9 de 2015.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Muñoz, E. (2002). La cultura científica, la percepción pública y el caso de la biotecnología. Documento de Trabajo 02-07 del Grupo de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CSIC). Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/1503/1/dt-0207.pdf>. Fecha de consulta: Abril 9 de 2015.

Negrín, S., Sosa, A., Ayala, M., Diosdado, E., Pérez, M., Pujol, M., Fernández, J., Muzio, V., Castellanos, L., González, L., Cremata, J., Quintana, M., Pérez, G., Valdés, J., Rodríguez, M., Borroto, C., González, C., Morales, J., Duarte, C., Pérez, R., Ubieta, R., Costa, L., Rosales, I., Herrera, L., Lage, A. (2007). Enseñanza popular de la biotecnología. *Biotecnología Aplicada*. 2 (154).

Ocelli, M.; Vilar, T. y Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 10 (2): 227 - 242.

Ocelli, M., Gardenal, C. y Valeiras, N. (2012) ¿Cómo se enseñan algunas temáticas biotecnológicas controvertidas? X Jornadas Nacionales V Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. Disponible en: <http://congresosadbia.com/ocs/index.php/adbia2012/adbia2012/paper/viewFile/55/153>. Fecha de consulta: Abril 9 de 2015.

Ocelli, M. (2013a). "La enseñanza de la biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: Un estudio en la ciudad de Córdoba" Universidad Nacional de Córdoba, Tesis de Maestría. ISBN 978-950-33-1089-2.

Ocelli, M. (2013b). Enseñar biotecnología en la escuela: aportes y reflexiones didácticas. *Revista boletín biológica* Nº 27. Año 7: 9 -13

Ocelli, M.; Garcia, L.; Gardenal, C. y Valeiras, N. (2014). Los organismos transgénicos y su lugar en el aula de secundaria: Un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva.

Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.

Pedrancini, V.; Corazza-Nunes, M.; Bellanda, M.; Olivo, A. y Ribeiro, A. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 6 (2): 299-309.

Pedrancini, V.; Corazza-Nunes, M.; Bellanda, M.; Olivo, A.; Moreira, R., de Carvalho, W. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. *Ciência & Educação*. 14 (1): 135 - 146.

Roa, R. (2011). Didáctica de la biotecnología en la escuela. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. Edición Extra-Ordinaria. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. pp. 333-341.

Roa, R.; García, Y. y Chavarro, C. (2008). Formación de profesores de biología a través de la Biotecnología. *Educación y Educadores*. 11 (2): 69-88.

Roa, R. y Valbuena, E. (2013). Incursión de la biotecnología en la educación: Tendencias e implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 15 (2): 156-166.

Sarricolea, M. y García-Noblejas, M. (1998) Biotecnología: Aplicaciones y problemas éticos. *Cuadernos de Bioética*. 35: 547 - 556.

Sánchez-Cuevas, M. (2003). Biotecnología: Ventajas y desventajas para la agricultura. *Revista UDO Agrícola*. 3 (1): 1-11.

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*. Universidad Pedagógica Nacional. (4).