



La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina)

- Biotechnology Education and its Socio-Scientific Controversies in Secondary School: A Study in the City of Córdoba (Argentina)
- O ensino da biotecnologia e suas controvérsias sociocientíficas no Ensino Secundário: um estudo na cidade de Córdoba (Argentina)

Resumen

Desde la alfabetización científico-tecnológica, enseñar biotecnología puede significar una oportunidad para fomentar la participación ciudadana responsable. Este artículo de investigación tiene por objetivo caracterizar la enseñanza de la biotecnología en las escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba (Argentina). Como objetivos específicos nos propusimos identificar los contenidos y las estrategias que seleccionan los docentes para la enseñanza de la biotecnología y establecer el modo en que son abordadas las temáticas biotecnológicas controvertidas. Para ello, trabajamos con docentes de biología de 21 escuelas secundarias a través de un cuestionario semiestructurado y entrevistamos a ocho docentes para profundizar en el análisis. A partir de los resultados, encontramos que los docentes utilizan el enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente, seleccionan contenidos vinculados a la ingeniería genética y mantienen prácticas expositivas junto con prácticas más cercanas a la naturaleza tecnocientífica del conocimiento biotecnológico. Para las cuestiones biotecnológicas controvertidas, los docentes plantean trabajos grupales, discusiones guiadas, análisis de artículos y búsqueda de información en Internet. Consideramos que las características que presenta la enseñanza de la biotecnología invitan a pensar en oportunidades de formación docente que tengan en cuenta estrategias concretas para la enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas.

Palabras clave

biotecnología; controversias socio-científicas; estrategias de enseñanza

Maricel Occelli*
Leticia García Romano**
Nora Valeiras***

* Grupo de investigación Educeva. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Conicet.

mariceloccelli@unc.edu.ar

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4516-0644>

** Grupo de investigación Educeva. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Conicet.

leticia.garcia@unc.edu.ar

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3552-0287>

*** Grupo de Investigación Educeva. Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

nvaleiras@yahoo.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5014-3988>



Abstract

In scientific-technological literacy, teaching biotechnology can mean an opportunity to promote responsible citizen participation. Our specific goals were to identify the content and strategies that teachers select for teaching biotechnology and to establish the way in which the controversial biotechnological issues are addressed. To that end, we worked with biology teachers from 21 high schools through a semi structured questionnaire and interviewed eight teachers in order to perform a more in-depth analysis. Based on these results, we found that teachers use the science, technology, society and environment approach, select contents linked to genetic engineering and maintain expository practices, as well as practices closer to the techno-scientific nature of biotechnological knowledge. For controversial biotechnological issues, teachers propose group work, guided discussions, article analysis and search for information on the Internet. We believe that the characteristics of biotechnology education encourage us to think about teacher training opportunities that consider specific strategies for teaching biotechnology and its socio-scientific controversies.

Keywords

[biotechnology](#); [socio-scientific controversies](#); [teaching strategies](#)

Resumo

Desde a alfabetização científico-tecnológica, o ensino da biotecnologia pode significar uma oportunidade para fomentar a participação cidadã responsável. Este artigo de pesquisa visa caracterizar o ensino da biotecnologia nas escolas secundárias da cidade de Córdoba (Argentina). Como objetivos específicos, propomos identificar os conteúdos e as estratégias que escolhem os professores para o ensino da biotecnologia e estabelecer a forma na que são abordadas as temáticas biotecnológicas controversas. Para isso, trabalhamos com professores de 21 escolas secundárias através de um questionário semiestruturado e entrevistamos oito docentes para aprofundar a análise. Entre as descobertas encontramos que os professores utilizam a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, selecionam conteúdos vinculados à engenharia genética e mantêm práticas expositivas, assim como práticas mais relacionadas com a natureza tecnocientífica do conhecimento biotecnológico. Para as questões biotecnológicas controversas, os docentes propõem trabalhos grupais, discussões guiadas, análise de artigos e busca de informações na Internet. Consideramos que as características do ensino da biotecnologia fazem pensar em oportunidades de formação docente que levem em conta estratégias concretas para o ensino da biotecnologia e suas controvérsias sociocientíficas.

Palavras-chave

[biotecnologia](#); [controvérsias sociocientíficas](#); [estratégias de ensino](#)

Introducción

Desde una perspectiva educativa centrada en la alfabetización científico-tecnológica, la enseñanza de las ciencias brinda oportunidades para una participación responsable y democrática en la sociedad (Aikenhead, 2005). Se trata de potenciar el aprendizaje de conceptos científicos y propiciar el desarrollo de capacidades que permitan evaluar información, reflexionar críticamente y tomar posturas vinculadas a cuestiones axiológicas (Vilches, Solbes y Gil-Pérez, 2004; Zeidler, Sadler, Simmons y Howes, 2005). Este proceso prepara a las personas para desenvolverse en su vida cotidiana y tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001; Solbes y Vilches, 2004; Gil-Pérez y Vilches, 2005; Pedretti y Nazir, 2011).

En particular, la biotecnología se caracteriza por presentar situaciones controversiales, por ejemplo, los debates polémicos sobre la clonación, la utilización de células madres o la creación de organismos genéticamente modificados, etc. (Sadler y Zeidler, 2005; Cabo, Mirón y Cortiñas, 2006; Prieto, España, y Martín, 2012; Martínez y Parga, 2013). La participación democrática en estos debates requiere poner en juego un sistema de conocimientos, habilidades y juicios de valor que involucran aspectos científicos, tecnológicos, económicos, ambientales, éticos, entre otros (Gil-Pérez y Vilches, 2005; Levinson, 2006; Jiménez-Aleixandre, 2010; Martínez, 2014). Por lo tanto, para lograr que los ciudadanos puedan tomar parte de estas discusiones, resulta esencial la inclusión de la biotecnología en la formación científica ciudadana.

Considerando la relevancia de esta temática, en los últimos años, diversos países han incorporado a la biotecnología en el

currículo de la escuela secundaria (France, 2007). En el caso de Córdoba (Argentina), las prescripciones curriculares presentan a la biotecnología de modo explícito dentro de la asignatura Biología o en materias específicas dependiendo de la orientación que haya optado tomar la institución escolar (Occelli y Valeiras, 2010). Sin embargo, la inclusión en el currículo oficial no es suficiente para que se desarrollen de manera efectiva estos contenidos en las aulas. A su vez, si bien la enseñanza de la biotecnología ha sido estudiada en varios países, como lo reseña France (2007), para Argentina no hemos detectado investigaciones específicas, lo cual genera la necesidad de su estudio. Por consiguiente, este trabajo tiene por objetivo: caracterizar la enseñanza de biotecnología en las escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba. Para ello, nos planteamos tres objetivos específicos: 1) identificar los contenidos de biotecnología que seleccionan los docentes; 2) describir las estrategias con las cuales son desarrollados dichos contenidos y 3) establecer el modo en que son abordadas las temáticas biotecnológicas controvertidas. El carácter interdisciplinario de la biotecnología permite su desarrollo en diferentes asignaturas de la escuela secundaria, no obstante, considerando el lugar asignado desde las prescripciones curriculares argentinas, este estudio se restringe al abordaje de la biotecnología por parte de los docentes de biología.

Antecedentes

Pensar la biotecnología en la escuela secundaria requiere de estrategias de selección de contenidos coherentes con su carácter tecnocientífico. Desde esta perspectiva, algunas investigaciones han estudiado qué estrategias de enseñanza favorecen el conocimiento y el desarrollo de habilidades por parte de los estudiantes. En este sentido, las estrategias que se

destacan por sus resultados positivos son el análisis de artículos científicos (Flores y Tobin, 2003), los estudios de caso (Colavito, 2000; Dori, Tal, y Tsaushu, 2003), y los trabajos grupales (Thomas, Hughes, Hart, Schollar, Keirle y Griffith, 2001).

Por otra parte, considerando que la biotecnología se caracteriza por controversias socio-científicas (CSC) que con frecuencia impactan en los medios de comunicación, la escuela tiene como desafío presentar estas temáticas para empoderar a los ciudadanos. Al respecto, Oulton, Day, Dillon y Grace (2004) y Santos y Mortimer (2009) registraron diversas estrategias de enseñanza utilizadas por docentes para abordar CSC. Algunas de ellas son el debate, el análisis de información publicada en los medios de comunicación, la búsqueda de información, la observación de videos, la exposición del docente, la indagación de opiniones de otros estudiantes o ciudadanos, la realización de entrevistas a especialistas o visitas específicas a centros de producción de conocimiento, etc. Por su parte, Levinson (2006) y Hand y Levinson (2012) proponen abordar las CSC específicamente a través del debate, y afirman que esta estrategia promueve que los estudiantes reconozcan la diversidad de posturas puestas en juego ante una determinada temática y que acepten miradas diferentes.

Por último, al considerar las CSC vinculadas a temáticas biotecnológicas diversos autores indican que permiten desarrollar en los estudiantes pensamiento crítico (Torres y Martínez, 2011; Solbes, 2013), habilidades para identificar evidencias (Albe, 2008), evaluar los diversos factores ambientales, éticos, políticos y socioeconómicos implicados y formular argumentos (Jiménez-Aleixandre, 2010). Por lo tanto, también se constituyen en oportunidades para promover en los estudiantes su participación en acciones sociopolíticas responsables para el desarrollo democrático de nuestras sociedades (Martínez, 2014; Reis, 2014).

Marco teórico

La biotecnología puede considerarse como una actividad basada en conocimientos multidisciplinarios que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles o resolver problemas (Muñoz de Malajovich, 2006). Por su parte, Smith (2004) indica que se puede pensar a la biotecnología como un cuerpo de conocimientos interdisciplinarios y para ilustrarlo propone una analogía entre la biotecnología y un árbol. Las raíces representan las disciplinas básicas; el tronco a los principios fundamentales de la ingeniería genética, la inmunoquímica, el cultivo in vitro de células, etc., y la copa del árbol abarca al campo de las diferentes aplicaciones biotecnológicas.

Otro aspecto que caracteriza a la biotecnología es que se desarrolla en una dinámica de controversias (Massarini y Schneek, 2015). Se entiende por controversia a "una movilización social de un conjunto amplio de microinstituciones que deliberan, evalúan y contrastan las posibilidades tecnológicas que introduce una innovación, los riesgos, los costos, quiénes van a pagar y las consecuencias

indeseables” (Broncano, 2009). Por su parte, Díaz y Jiménez-Liso (2012) identifican a estas situaciones como CSC que plantean discusiones en las cuales interactúan en conversación un colectivo compuesto por diferentes actores y fuerzas sociales (grupos de expertos, organizaciones no gubernamentales, empresas, usuarios, etc.) ya sea por desacuerdo, discusión o debate. A su vez, Ratcliffe y Grace (2003) caracterizan a las CSC e indican que se basan en áreas que están en las fronteras del conocimiento científico, se vinculan a problemas locales y globales, y se enfrentan a información incompleta de evidencias científicas o registros. Además, por lo general, son divulgadas en los medios de comunicación, los cuales destacan aspectos de las CSC en función de determinados intereses. Por último, esta exposición mediática exige elecciones a partir de la evaluación de costos y beneficios en los cuales los riesgos interactúan con los valores y la ética.

Metodología

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se seleccionaron 21 escuelas secundarias públicas de la ciudad de Córdoba cuya orientación era en ciencias naturales, es decir que en los últimos tres años presentaban materias específicas vinculadas al área. En cada caso, se trabajó con un docente de Biología del último año, y la muestra quedó constituida por 21 profesores. Como instrumento de análisis se construyó un cuestionario semiestructurado y su validación se realizó a través de revisión de expertos y con 6 profesores voluntarios no pertenecientes a la población de estudio quienes completaron el cuestionario (anexo 1). A su vez, para conocer en profundidad el carácter de las decisiones didácticas, se entrevistó a 8 profesores a través de la técnica de la entrevista cualitativa focalizada (Colás y Buendía,

1994). Durante las entrevistas, se realizó un registro de notas y se grabó el audio, luego ambos elementos se utilizaron para la transcripción de los diálogos y la de-construcción de las ideas.

Para el análisis, se categorizaron las respuestas abiertas y la información aportada en las entrevistas a partir de las regularidades descubiertas y a través de un proceso de descontextualización y recontextualización de los datos, es decir, comparando cada segmento con los otros asignados a la misma categoría (Hammersley y Atkinson, 2007). Se utilizó para ello el programa estadístico cualitativo QDA Miner el cual permite codificar la información y luego analizarla a partir de estadística descriptiva y comparativa (Cisneros, 2004). Así se analizaron tanto las frecuencias de las categorías que emergieron de los datos, como aquellas provenientes de las respuestas a las preguntas cerradas. Por último, las expresiones brindadas por los docentes y transcritas a modo de ejemplificación en la sección de resultados son referenciadas según su titulación y género, en el caso de los docentes que completaron el cuestionario, y con un nombre ficticio y su titulación, para los que participaron de las entrevistas.

Resultados y análisis

Organizamos esta sección en tres apartados los cuales responden a cada uno de los objetivos específicos planteados para este trabajo.

Contenidos de biotecnología enseñados

Al analizar qué contenidos son trabajados por los docentes (figura 1), observamos que, del listado propuesto en el cuestionario, ingeniería genética, clonación y bioética son seleccionados por más del 50% de los docentes y un

40% selecciona al proyecto genoma humano, las terapias génicas y la elaboración de vacunas. Estos resultados indican que la mayoría de los profesores incorpora contenidos referidos a la ingeniería genética y sus principales aplicaciones, lo cual coincide con el eje conceptual de la biotecnología (Smith, 2004), los contenidos propuestos desde las prescripciones curriculares argentinas y de otros países (Occelli y Valeiras, 2010; France, 2007). Sin embargo, un aspecto a destacar es que el 62% de los profesores expresó que necesitaban capacitación para abordar temáticas biotecnológicas en el aula. Este sentir puede ser una de las causas por las que algunos docentes no abordan ciertos contenidos de biotecnología en sus aulas.



Figura 1. Selección de contenidos biotecnológicos

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el 76% de los docentes prioriza a los contenidos de biotecnología por considerarlos importantes para la alfabetización científica e indica que el enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) sería el más adecuado para trabajar estos contenidos. A su vez, en las entrevistas expresaron que estas decisiones se fundamentaban en que los estudiantes pudieran comprender la información presente en los medios de comunicación, participar en debates públicos, tomar decisiones vinculadas a su salud y actuar como consumidores responsables. Al respecto, diversos autores proponen que presentar al currículo desde la perspectiva CTSA resulta imprescindible en la formación de una ciudadanía responsable y en su preparación para la toma de decisiones (Solbes y

Vilches, 2004; Prieto et al., 2012; Martínez y Parga, 2013). Por lo tanto, se podría inferir que, en su selección, los docentes ponen en juego criterios vinculados a una formación científico-tecnológica que promueva una participación responsable y democrática en la sociedad (Aikenhead, 2005).

Estrategias utilizadas para enseñar biotecnología

Los docentes en el cuestionario debían indicar con qué frecuencia utilizaban una serie de estrategias de enseñanza que agrupamos en tres categorías: A) estrategias tradicionales:

centradas en actividades como dictado, exposición, lectura de textos y resolución de guías de estudio; B) estrategias específicas de enseñanza de las ciencias: trabajos prácticos de laboratorio, resolución de problemas, diseño y ejecución de experiencias de investigación; C) Estrategias de trabajo grupal: enfocadas en debates, resolución de actividades en grupos y juego de roles. A continuación, se presentan los resultados encontrados para cada una de estas categorías indicando los porcentajes de profesores que expresaron utilizar “muy frecuentemente” o “frecuentemente” cada una de las estrategias.

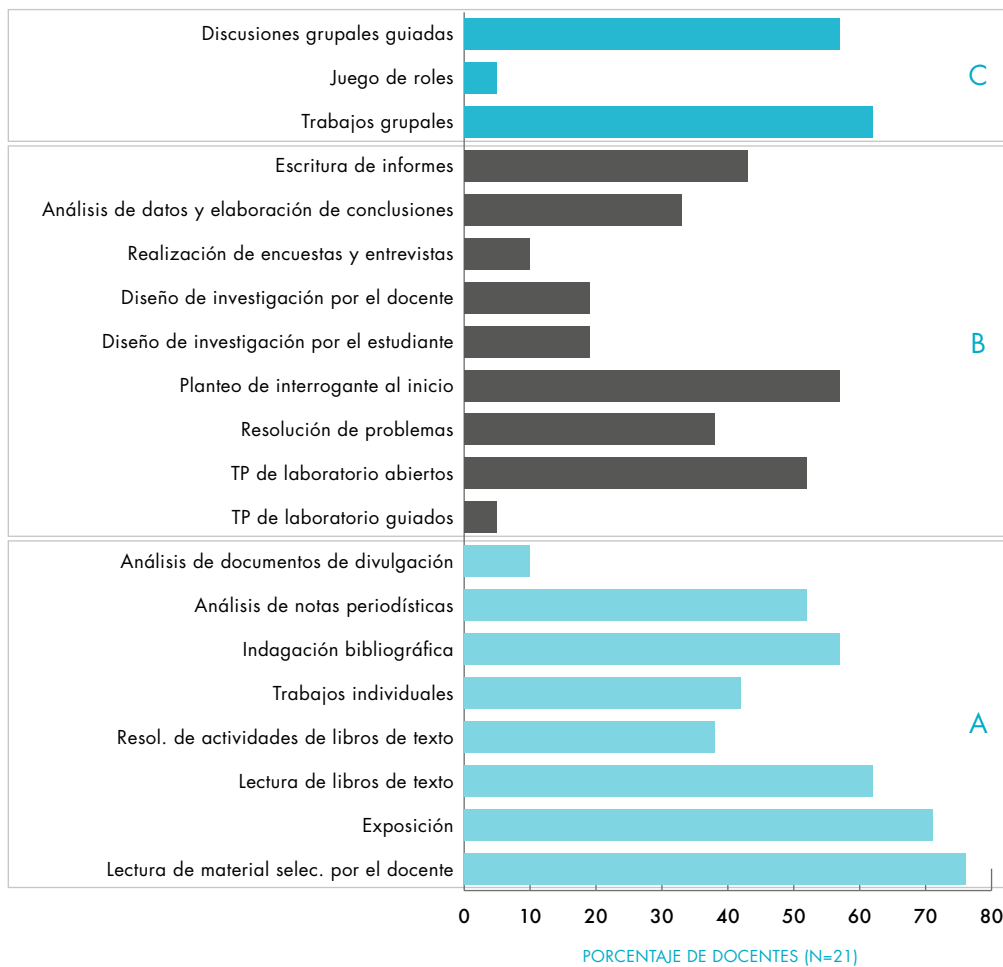


Figura 2. Estrategias didácticas utilizadas para enseñar biotecnología

Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se observa que las estrategias más utilizadas por los profesores se encuentran dentro del grupo A, las cuales se caracterizan por colocar al alumno en un rol receptivo dejando poco espacio para el cuestionamiento y la construcción democrática del conocimiento. Por su parte, dentro del grupo B, una estrategia utilizada por más del 50% es la realización de “trabajos prácticos de laboratorio abierto”. Al respecto, los docentes entrevistados indicaron que realizaban experiencias de laboratorio como extracción simple de ADN o aprovechamiento de procesos fermentativos o enzimáticos, por ejemplo: la fabricación de alimentos (pan, yogurt, etc.), la obtención de penicilina, la elaboración de jabones y el estudio de la acción de diferentes enzimas en la limpieza de manchas de tela. El siguiente comentario provisto por una docente entrevistada ejemplifica las estrategias propuestas:

Trabajamos con organismos mesófilos, como no tenemos estufa, lo hacemos en primavera para poder cultivar. Vemos el efecto de diferentes sustancias en cultivos de microorganismos (lavandina, detergente, etc. en diferentes muestras de agua). También enzimas, su función química. Estamos probando la creación de jabones y qué enzimas son más efectivas con manchas de telas directas con gelatina, postres, tomate, etc. Lo último que hacemos es hidroponía [...]. (Paula, ingeniera química).

En relación con las estrategias del grupo C, se observa que los trabajos y las discusiones grupales son utilizados por más del 50% de los profesores coincidiendo con lo registrado por Thomas et al. (2001). A su vez, en las entrevistas los docentes indicaron que en estas actividades proponían temáticas publicadas en los medios de comunicación que se vincularan con cuestiones de bioética. Esta situación toma especial significado al considerar la naturaleza de las controversias que caracterizan a la biotecnología, ya que pueden tener diferentes interpretaciones al ser analizadas en marcos contextuales diversos. Por lo tanto, proponer estas temáticas en discusiones grupales podría fomentar que los estudiantes desarrollen un pensamiento crítico (Torres y Martínez, 2011; Solbes, 2013), identifiquen evidencias (Albe, 2008), construyan argumentos (Jiménez-Aleixandre, 2010) o se involucren en acciones sociopolíticas responsables (Martínez, 2014; Reis, 2014).

Finalmente, tanto en los cuestionarios como a través de las entrevistas, solicitamos a los docentes que describieran brevemente alguna estrategia que les haya resultado positiva para enseñar temáticas biotecnológicas. Si bien varios profesores repitieron las estrategias que hemos comentado antes, otros brindaron nueva información. Así, se identificó el diseño de un proyecto biotecnológico para ser defendido ante un grupo de inversionistas o el diseño de un modelo de organismo genéticamente modificado a partir de determinada información.

Abordaje de las temáticas biotecnológicas controvertidas

De manera específica, indagamos la inclusión de algunos procesos biotecnológicos que han sido causa de grandes debates públicos tales como la obtención de transgénicos, la utilización de células madres y la clonación (Prieto et al., 2012; Martínez y Parga, 2013). Al respecto, encontramos que el 62% de los profesores abordaban estas temáticas en el aula, mientras que un 10% expresó hacerlo a veces o excepcionalmente y un 14% indicó que no lo hacía. En relación con las estrategias utilizadas para abordar estas CSC biotecnológicas, encontramos que plantean debates, análisis de artículos periodísticos o de divulgación, lectura comprensiva de material, búsquedas de información en Internet, observación de videos o exposición del tema por parte del docente. Estas estrategias coinciden con algunas de las registradas por Oulton et al. (2004) y Santos y Mortimer (2009). Si bien estos autores identifican otras estrategias que podrían incorporarse y que los docentes cordobeses no nombraron, resulta de interés la decisión de abordar las CSC con debates. Desde esta estrategia, se estaría buscando que través de la interlocución entre la propia postura y la de otros, los estudiantes aprecien la diversidad de puntos de vista que se ponen en juego frente a una temática, acepten otras miradas y construyan nuevos conocimientos (Levinson, 2006; Hand y Levinson, 2012).

Por otra parte, debido a que la estrategia nombrada con mayor frecuencia por los docentes para abordar estas temáticas es la indagación bibliográfica, resulta necesario considerar qué elementos de análisis les ofrecen a los estudiantes y cómo se les enseña a identificar una fuente de información válida para que puedan tomar una postura personal. En este sentido, se encontraron dos posiciones contrarias. Desde la primera, los

docentes indican que realizan ellos mismos las búsquedas de información para asegurarse de brindar fuentes válidas. Algunas publicaciones detalladas por los docentes fueron “artículos científicos”, “publicaciones en el diario”, “documentales”, “textos seleccionados de revistas de divulgación científica” o “páginas web”: “Trato de brindarles la mayor cantidad de información que esté a mi alcance, buscando fuentes válidas, material informativo, que sirva para debatir los temas” (bioquímica).

Desde la segunda posición, los docentes indicaron algunos criterios con los cuales ayudaban a sus estudiantes a identificar fuentes de información válidas: “Tener en cuenta el origen” o “tener en cuenta el contexto de producción de la información”. A su vez, en cuanto a qué analizar en relación con ello, indicaron “que sea de un sitio conocido”, “que los textos presenten los nombres de los autores”, “que las páginas web pertenezcan a universidades” o “que pertenezca a una fuente científica”. Nos interesa aquí destacar que en el análisis de la credibilidad de la información se pueden poner en juego criterios específicos del dominio del conocimiento (evidencia científica o la coherencia entre metodología y análisis de datos, etc.) o criterios independientes del dominio de conocimiento (identificación de un autor y su afiliación, la fecha de su publicación o revisión, etc.) (Bos, 2000). Al respecto, los criterios aportados por los docentes, son independientes del dominio de conocimiento y no específicos de las ciencias. El abordaje de CSC justamente brinda la oportunidad para hacer un análisis crítico de la calidad de la información, ya que a través de este proceso los alumnos pueden comenzar a comprender cómo interactúan en una controversia las pruebas, los valores y visiones del mundo, y así hacer explícito lo que está en juego en dicha controversia (Levinson, 2006; Jiménez Aleixandre, 2010; Martínez, 2014). Sin embargo, si no se tienen en cuenta

criterios específicos del dominio del conocimiento tecnocientífico en la evaluación de la información, se estaría perdiendo gran parte del valor epistémico de debatir sobre controversias.

Conclusiones

Este trabajo buscó caracterizar la enseñanza de la biotecnología en las escuelas secundarias de la ciudad de Córdoba. Para ello se identificaron los contenidos y las estrategias que seleccionan los docentes para enseñar biotecnología, y en particular se analizó cómo se incluyen y el modo en que son abordadas las temáticas biotecnológicas controvertidas.

A partir de los resultados encontrados, se puede concluir que los docentes priorizan a la biotecnología como contenido a enseñar por considerarla de gran importancia para la alfabetización científica. Los contenidos que seleccionan con mayor frecuencia se encuentran vinculados a la ingeniería genética y sus aplicaciones, lo cual coincide con las características del conocimiento biotecnológico (Smith, 2004), con la perspectiva de las prescripciones curriculares de Argentina (Occelli y Valeiras, 2010) y con la tendencia internacional (France, 2007). Asimismo, el enfoque CTSa es el más utilizado por los docentes. A partir de ello y considerando la naturaleza multidisciplinaria y tecnocientífica del conocimiento de la biotecnología, se puede pensar que en la elección de este enfoque los docentes buscan fomentar una participación ciudadana responsable (Solbes y Vilches, 2004; Aikenhead, 2005; Martínez, 2014). En síntesis, en la selección de los contenidos, los docentes no reducen la biotecnología ni desdibujan su naturaleza tecnocientífica. Sin embargo, resulta importante destacar que una mayoría reconoce que necesitarían capacitación para poder abordar estas temáticas en el aula.

En cuanto a las estrategias de enseñanza que utilizan los docentes para temáticas de biotecnología, se puede concluir que permanecen en el aula las de tipo tradicionales, tales como exposición docente o lectura de textos previamente seleccionados por el profesor, las cuales colocan a los alumnos en un rol principalmente receptivo. Sin embargo, también tienen lugar estrategias específicas de la didáctica de las ciencias destacándose en este grupo los trabajos prácticos de laboratorio. A su vez, la metodología más utilizada es el planteo de trabajos y discusiones de modo grupal. Por lo tanto, en el abordaje de los contenidos de biotecnología coexisten prácticas expositivas con prácticas más cercanas a la naturaleza tecnocientífica del conocimiento biotecnológico.

Por otra parte, en cuanto a cómo son trabajadas las CSC biotecnológicas podemos afirmar que la mayoría de los docentes plantean trabajos grupales, discusiones guiadas y análisis de artículos periodísticos o de divulgación y búsqueda de información en Internet. A su vez, los profesores proponen un tipo de análisis de las fuentes de información que no se vincula a criterios provenientes del dominio de conocimiento, con lo que se pierde el valor epistémico de trabajar las CSC en el aula.

La información aportada por este trabajo brinda la oportunidad para realizar futuras investigaciones comparativas entre docentes que enseñan biotecnología en otras asignaturas como química o tecnología, como así también investigaciones comparativas con docentes de otras regiones. A su vez, las características encontradas para la enseñanza de la biotecnología invitan a pensar en la necesidad de ofrecer oportunidades de formación docente que tengan en cuenta estrategias concretas para la enseñanza de la biotecnología y sus CSC. En este sentido, deseamos destacar algunas estrategias nombradas por los propios docentes que participaron de este estudio y que constituyen aportes interesantes para el mejoramiento de la enseñanza de la biotecnología: extracción simple de ADN; experiencias de laboratorio relacionadas al aprovechamiento de procesos fermentativos (fabricación de pan, yogurt, etc.); obtención de penicilina en laboratorio; elaboración de jabones; estudio de la acción de diferentes enzimas en la limpieza de manchas de tela; diseño de un proyecto biotecnológico para ser defendido ante un grupo de posibles inversionistas; diseño de un modelo de organismo genéticamente modificado a partir de determinada información genética, y debate de temáticas socio-científicas a partir de notas periodísticas actuales.

Por último, entendemos que este estudio aporta una primera aproximación al conocimiento de las prácticas educativas en biotecnología. La información brindada por los docentes tanto desde los cuestionarios como en las entrevistas constituyen declaraciones de las decisiones y de los posicionamientos de los docentes, lo cual puede reflejar las intencionalidades de sus prácticas. Sin embargo, entendemos que las prácticas docentes son complejas, situadas en un escenario particular y responden a un conjunto de decisiones

espontáneas que toma el docente (Sanjurjo, 2012). Por lo tanto, consideramos que a partir de este trabajo pueden plantearse nuevas investigaciones que busquen profundizar la comprensión de las prácticas educativas en biotecnología y para ello se podrían realizar estudios de caso que permitan analizar las decisiones didácticas que se toman en el aula y el modo en que se llevan adelante situaciones didácticas que implican CSC biotecnológicas.

Agradecimientos

A los profesores que participaron de este estudio por compartir sus saberes y experiencias. Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) y a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba por su aporte económico.

Referencias

- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea comoquiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.
- Albe, V. (2008). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, (17), 805-827.
- Bos, N. (2000). High School Students' Critical Evaluation of Scientific Resources on the World Wide Web. *Journal of Science Education and Technology*, 9(2), 161-173.
- Broncano, F. (2009). Las controversias en ciencia y tecnología como problema y como solución. En L. Minhot y A. Torrano (comps.), *Culturas científicas y tecnológicas. Dimensiones y realidades*. Córdoba: Brujas.
- Cabo, H., Mirón, E., y Cortiñas, J. R. (2006). Opiniones e intenciones del profesorado sobre la participación social en ciencia y

tecnología. El caso de la biotecnología. *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 349-369.

Cisneros, C. A. (2004). *QDA Miner. Software para análisis cualitativo de datos. Guía del usuario*. México: Provalis Research.

Colás, M. P., y Buendía, L. (1994). *Investigación educativa*. Sevilla: Ediciones Alfar.

Colavito, M. (2000). Integrating biotechnology into a non-majors biology curriculum. *Journal of Industrial Microbiology y Biotechnology*, 24, 308-309.

Díaz, N., y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.

Dori, Y. J., Tal, R. T., y Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies. Can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87, 767-793.

Flores, V. S., y Tobin, A. J. (2003). Genetically Modified (GM) Foods y teaching critical thinking. *The American Biology Teacher*, 65(3), 180-184.

France, B. (2007). Location, Location, Location: Positioning Biotechnology Education for the 21st Century. *Studies in Science Education*, 43(1), 88-122.

Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J., y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365-376.

Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-329.

Hammersley, M., y Atkinson, P. (2007). *Ethnography. Principles in practices* (3.^a ed.). New York: Taylor & Francis.

Hand, M., y Levinson, R. (2012). Discussing controversial issues in the classroom: some helps and hindrances. *Educational Philosophy and Theory*, 44(6), 614-629.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

Levinson, R. (2001). As Ciências ou as Humanidades: Quem deve ensinar as controversias em Ciência? *Pro-Posições*, 12(1), 62-72.

Levinson, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.

Massarini, A., y Schnek, A. (coords.) (2015). *Ciencia entre todxs. Tecnociencia en contexto social. Una propuesta de enseñanza*. Buenos Aires: Paidós.

Martínez, L. F. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (36), 77-94.

- Martínez, L., y Parga, D. (2013). La emergencia las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSa. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 8(1), 22-35.
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2006). *Biología*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes.
- Ocelli, M., y Valeiras, N. (2010). La biotecnología y el currículum de la escuela secundaria argentina. Memorias de las IX Jornadas Nacionales y IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. Asociación de Docentes de Biología de la Argentina (AD-BiA): Tucumán.
- Oulton, C., Day, V., Dillon, J., y Grace, M. (2004). Controversial issues. Teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education. *Oxford Review of Education*, 30(4), 489-507.
- Pedretti, E., y Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years on. *Science Education*, 95(4), 601-626.
- Prieto, T., España, E., y Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77.
- Ratcliffe, M., y Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press.
- Reis, P. (2014). Acción socio-política sobre cuestiones socio-científicas: reconstruyendo la formación docente y el currículum. *Uni-Pluri/versidad*, 14(2), 16-26.
- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93.
- Sanjurjo, L. (2012). Socializar experiencias de formación en prácticas profesionales: un modo de desarrollo profesional. *Praxis Educativa*, 16(1), 22-32.
- Santos, W., y Mortimer, E. (2009). Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 191-218.
- Smith, J. E. (2004). *Biotechnology. Studies in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10.
- Solbes, J., y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-348.
- Thomas, M., Hughes, S. G., Hart, P. M., Schollar, J., Keirle, K., y Griffith, G. W. (2001). Group project work in biotechnology and its impact on key skills. *Journal of Biological Education*, 35(3), 133-140.
- Torres, N. Y., y Martínez, L. F. (2011). Desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes de Fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones sociocientíficas de los xenobióticos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 29, 65-84.
- Vilches, A., Solbes, J., y Gil-Pérez, D. (2004). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique*, 41, 89-98.
- Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M., y Howes, E. (2005). Beyond STS: A Research Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science & Education*, 89(3), 357-377.

Anexo

Cuestionario suministrado a los docentes

Escuela: _____ Sexo: _____ Edad: _____

Título/s que posee: _____ Antigüedad en la docencia: _____

1. Marque qué conceptos usted trabaja con su curso en la temática de Biotecnología

Elaboración de vacunas	Clonación
Cultivo de microorganismos	Producción de Hormonas
Producción de cerveza	Elaboración de vino
Cultivo de plantas	Organismos Transgénicos
Elaboración de pan	Biorremediación
Fertilización in vitro	Producción de alimentos
Ingeniería Genética	Terapias Génicas
Proyecto Genoma Humano	Producción de medicamentos
Procesos enzimáticos	Conservación de alimentos
Bioética	Biocombustibles
Producción de anticuerpos monoclonales	Transplantes de órganos
¿Otros que no estén mencionados aquí? ¿Cuáles?	

2. Marque la frecuencia con que utiliza en sus clases las siguientes estrategias de enseñanza/aprendizaje para la temática de Biotecnología:

	Muy frecuentemente	Frecuentemente	Poco frecuentemente	Una vez	Nunca
Lectura comprensiva de materiales seleccionados por usted					
Exposición dialogada					
Lectura de libros de texto					
Resolución de actividades presentes en libros de texto					
Análisis de notas periodísticas					
Trabajos prácticos de laboratorio guiados					
Trabajos prácticos de laboratorio abiertos					
Trabajos de indagación bibliográfica					
Resolución de problemas					
Realización de encuestas y entrevistas					
Diseño y ejecución de investigación por parte del estudiante					
Diseño de la investigación por parte del docente y ejecución por parte del estudiante					
Planteo de un interrogante al inicio de un tema					
Análisis de divulgación científica					

	Muy frecuentemente	Frecuentemente	Poco frecuentemente	Una vez	Nunca
Análisis de datos para la elaboración de conclusiones					
Escritura de informes					
Realización de trabajos grupales					
Realización de trabajos individuales					
Juego de roles					
Discusiones grupales guiadas					
¿Otras que no estén incluidas aquí? ¿Cuáles?					

3. Algunos procesos biotecnológicos como la obtención de transgénicos, la utilización de células madres y la clonación han sido causa de grandes debates públicos. Los argumentos que se discuten derivan de publicaciones de científicos de universidades e instituciones científicas nacionales, de científicos de instituciones privadas o de Organizaciones no gubernamentales. a) *¿Trabaja estos debates en el aula? ¿Qué estrategias utiliza para ello?*; b) Si usted aborda estos debates en el aula ¿qué elementos de análisis le ofrece a los estudiantes? ¿Cómo les enseña a identificar una fuente válida para que puedan tomar una postura personal?
4. Para cada frase marque la opción que mejor representa su punto de vista:

	Sí	No	En algunas ocasiones
En general, priorizo los contenidos de Biotecnología porque los considero de gran importancia para la alfabetización científica			
En general, no llego a desarrollar los contenidos de Biotecnología ya que el programa es muy extenso			
En general, priorizo otros contenidos antes que Biotecnología, ya que los considero más importantes			
Siento que necesitaría capacitación sobre Biotecnología			
Trabajo en clase los aspectos bioéticos			
Siempre intento presentar diversas posturas ante los dilemas de procesos biotecnológicos (ventajas/desventajas)			
Creo que el enfoque CTSA es el más adecuado para la temática de Biotecnología			

5. Describa brevemente una experiencia didáctica que le haya resultado positiva para enseñar biotecnología

Para citar este artículo

Ocelli, M., García Romano, L., y Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio con profesores de biología en la ciudad de Córdoba (Argentina). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 43, 31-46.