



RIDAA

Repositorio Institucional
Digital de Acceso Abierto de la
Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes

Vilouta Rando, Nicolás

Conceptualización y abordaje de controversias sociocientíficas en la materia Biología, Genética y Sociedad



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.

Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Vilouta Rando, N. (2019). *Conceptualización y abordaje de controversias sociocientíficas en la materia Biología, Genética y Sociedad. Divulgatio. Perfiles académicos de posgrados*, 3(8), 1-29. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2806>

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

Conceptualización y abordaje de controversias sociocientíficas en la materia Biología, Genética y Sociedad

Conceptualization and addressing of socioscientific Issues in Biology, genetics and society subject

ARTÍCULO

Recibido: marzo de 2019

Aceptado: abril de 2019

Nicolás Vilouta Rando

Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Contacto: viloutar@yahoo.com.ar

Resumen

Las controversias sociocientíficas ocupan un lugar clave en la educación científica actual, tanto por su aporte en el desarrollo del pensamiento crítico, como para capacitar en la toma de decisiones y abordar las interacciones ciencia-tecnología-sociedad. Al mismo tiempo, es clave el rol de los profesores y profesoras de ciencia para que estas sean tratadas adecuadamente y posean un rol central durante las clases. La importancia de las controversias sociocientíficas también se ha visto reflejada durante la última reforma educativa a nivel nacional y provincial. Producto de dicha reforma es la materia Biología, Genética y Sociedad, del nivel secundario de la Provincia de Buenos Aires, en las que diversas controversias en torno a la biotecnología ocupan un lugar central. El presente artículo se propone analizar –a través de un estudio de caso- cómo son comprendidas y abordadas las controversias sociocientíficas en el ámbito de dicha materia. Así, mediante entrevistas, observaciones de clase y análisis documental se buscará indagar en la conceptualización que de las controversias posee el docente, cómo estas son abordadas en clase y qué factores dificultan o posibilitan dicho abordaje.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias; controversias sociocientíficas; imagen de ciencia; profesores de ciencia.

Abstract

Socioscientific Issues have turned into a paramount aspect in the current science education. They have a key role in critical thinking and decision making development, as well as addressing science-technology-society interactions. At the same time, the role of science teachers is essential in order to properly address socioscientific issues and give them a central role during instruction. The importance of these issues has also been reflected in the last educational reform at national and provincial level. Product of this

reform is the Buenos Aires province secondary subject Biology, Genetic and Society, in which the analysis of social relevant controversies take a central role. This article analyzes –through a case study- the way socioscientific issues are understood and addressed by Biology, Genetics and Society's teachers. The article will show –using data triangulation through interviews, documentary analysis and classroom observation- how a teacher conceptualizes and addresses a socioscientific issues, as well as what factors impede and facilitates its inclusion in the classroom.

Key Words: Science Education; Socioscientific Issues; Image of Science; Science Teachers.

Introducción

Frente a la cada vez mayor cantidad de problemáticas sociales que involucran de una manera u otra a la ciencia y la tecnología, la inclusión de las mismas en las aulas de ciencia de la enseñanza secundaria y la preparación de los estudiantes para enfrentarse a estas se considera un aspecto fundamental de la educación científica actual (Ryder, 2001). De igual manera y en la misma dirección, se considera que los contenidos disciplinares ya no son suficientes para alcanzar una adecuada alfabetización científica, volviéndose imprescindibles el abordaje de aspectos sociales, políticos y meta-teóricos que permitan a los alumnos la toma de decisiones y la adquisición de una imagen más compleja y acertada de qué es la ciencia, cómo se construye y cómo se relaciona con la tecnología y la sociedad (McComas y Olson, 1998; Vázquez-Alonso, Acevedo-Díaz y Manassero-Mas, 2006). Así, en los últimos años, el tratamiento de controversias sociocientíficas (CSC) ha pasado a ocupar un rol central en la educación científica, dada su capacidad para comprender las implicaciones sociales de la ciencia y tecnología, contextualizar la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, mejorar el proceso de toma de decisiones informada y desarrollar el pensamiento crítico (Ratcliffe y Grace, 2003; Solbes, 2013; Hodson, 2014).

Sin embargo, a pesar de la importancia de las CSC en la educación científica, se ha señalado en repetidas ocasiones la escasez de investigaciones realizadas en torno a los profesores, sus concepciones en torno a las controversias y las maneras en que las llevan a la práctica (Van Rooy, 1997; Albe et al., 2014; Forbes y Davis, 2014; Genel y Topçu, 2016; Tidemand y Nielsen, 2017). Si nos restringimos a los estudios realizados en Argentina sobre el tema, la cantidad de investigaciones es aún menor. Teniendo en cuenta estos dos motivos, el presente trabajo buscará indagar, a partir de un estudio de caso, la relación entre profesores y CSC en el marco de la materia de secundario Biología, Genética y Sociedad de la Provincia de Buenos Aires. Dicha indagación buscará responder tres preguntas principales: a) ¿Cuál es la conceptualización que los docentes hacen de las controversias propuestas por la materia?, b) ¿Cómo estas son llevadas a las

aulas de la materia Biología, Genética y Sociedad? y c) ¿Qué factores dificultan y facilitan su abordaje?

En primer lugar haremos un acercamiento a lo que son las controversias sociocientíficas y una revisión de los antecedentes sobre la relación de estas con los docentes de ciencia de secundaria, centrándonos en cómo las CSC son conceptualizadas y abordadas en clase. A continuación presentaremos la metodología y contextualizaremos el estudio en el marco de la materia analizada, Biología, Genética y Sociedad, que consideramos un epítome de la última reforma educativa y propone de manera explícita el abordaje de diversas CSC. Luego se presentarán los resultados del estudio de caso, organizado en tres ejes: la imagen de ciencia de la docente, la concepción de la materia y la identificación y abordaje de las controversias sociocientíficas. Durante la discusión los resultados serán contrastados particularmente con la bibliografía existente sobre el tema, haciendo eje en las tres preguntas antes formuladas. Finalizaremos con una serie de conclusiones y recomendaciones dirigidas a mejorar la presencia y tratamiento de las CSC en la educación secundaria.

Controversias sociocientíficas

Podemos definir a las CSC -siguiendo la propuesta ampliamente difundida de Ratcliffe y Grace (2003)- como aquellas problemáticas que tienen una base en la ciencia, frecuentemente en torno a conocimiento científico de frontera; involucran la formación de opinión y la toma de decisiones a nivel personal y social; son difundidas por los medios de comunicación; lidian con información incompleta y/o conflictiva; comprenden dimensiones locales, nacionales y globales; involucran análisis del tipo costo-beneficio; y sus resoluciones comprenden razonamientos éticos y morales. Además, nos interesa distinguir entre dos tipos de controversias distintas que pueden llegar a tratarse en clase: las controversias internas y las externas a la ciencia (Hodson, 2011; Levinson, 2006; Ratcliffe y Grace, 2003; Van Rooy, 1997). Las primeras son aquellas discusiones en torno al conocimiento científico que es aún objeto de disputa y de distintas interpretaciones entre los científicos especializados¹. En cambio, en las controversias de carácter externo el conocimiento científico involucrado suele estar asentado en bases relativamente sólidas y no existen al respecto desacuerdos importantes al interior del campo científico. Aquí las discusiones suelen desplegarse sobre dimensiones sociales más amplias y las cuestiones éticas, políticas y económicas suelen ser el principal objeto de disputa². A pesar de que

¹ Como ejemplo de este tipo de controversia podemos nombrar la discusión en torno a la potencialidad de las células madres somáticas y su utilidad en tratamientos terapéuticos (Carreira, 2009).

² En este caso, un ejemplo podría ser la controversia en torno a los peligros del uso de transgénicos en la agricultura (Pellegrini, 2013).

dicha clasificación es artificial y los límites entre ambos tipos de controversias suele ser poroso (Carreira, 2009), esta distinción nos será útil para analizar la conceptualización de los docentes sobre las controversias y el tipo de conflicto que suelen identificar.

Si bien las discusiones que involucran a la ciencia y la tecnología suelen estar muy presentes de una forma u otra en las clases de ciencia, Presley et al. (2013) señalan una serie de características que estas deberían tener para considerar que un proceso de enseñanza está efectivamente basado en CSC. Así, según los autores, el desarrollo del currículo debe estar centrado en una CSC, de manera que el resto de los contenidos se desplieguen alrededor de esta. En consonancia con esto, la CSC debe ser presentada al inicio de la instrucción, para evitar su uso meramente anecdótico. El tercer requisito es que la CSC permita el desarrollo y puesta en práctica de procesos de pensamiento de orden superior, como la argumentación y la toma de decisiones. Por último, estos procesos de pensamiento deben ser puestos en práctica durante la clase a través de juegos de rol, discusiones, debates u otro tipo de actividades interactivas.

Así, para lograr que las clases de ciencia posean un enfoque basado en CSC, será clave el rol y la postura que asuman los profesores frente a estas, otorgándoles un rol central, generando oportunidades para que los alumnos puedan participar y discutir los distintos aspectos de la controversia y evitar las posturas autoritarias durante los intercambios (Pitpiornatapin y Topcu, 2016; Presley et al., 2013; Zeidler y Nichols, 2009). Además, será fundamental la comprensión y el conocimiento en profundidad que tengan los docentes sobre las CSC que decidan abordar (Presley et al., 2013). En el siguiente apartado se hará una breve revisión sobre las investigaciones dirigidas a analizar estos aspectos que involucran a los docentes –particularmente de biología- y su manera de relacionarse con las CSC.

Los profesores y las controversias sociocientíficas

Los profesores de biología suelen identificar numerosos tipos de CSC relacionadas al campo de la biología. Entre las más comúnmente señaladas podemos mencionar a la clonación y sus límites éticos, la utilización de OGMs, el uso clínico de células madres, la fertilización *in vitro*, la cuestión en torno al determinismo genético, la discusión entre evolución y diseño inteligente y la utilización de animales para experimentación (Genel y Topçu, 2016; Lee y Witz, 2009; Oulton, Day, Dillon y Grace, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2009; Sadler et al., 2006; Tidemand y Nielsen, 2017). Sin embargo hay que señalar que, ya sea por el modo en que la caracterizan los docentes o la naturaleza misma de la controversia, las CSC señaladas involucran discusiones de carácter meramente externo a la ciencia. Así, los docentes se centran por lo general en las controversias desplegadas en el campo social, reconociendo dilemas éticos, morales o sociales, pero encontrando

dificultades para señalar desacuerdos entre científicos o en torno al conocimiento que ellos generan (Aikenhead, 1994; Rosenthal, 1989; Van Rooy, 1993, 1997).

La tendencia de los profesores a identificar y caracterizar las CSC de carácter exclusivamente externo a la ciencia suele estar asociado con una imagen de ciencia de carácter mayormente empiro-positivista, imagen ampliamente difundida entre docentes de distintas latitudes (Adúriz-Bravo et al., 2006; Acevedo-Díaz, 2008; Lederman, 1992; McComas, 1998). Así, aquellos profesores que –entre otras cosas- niegan toda injerencia subjetiva y contextual al desarrollo del conocimiento científico, postulan la existencia de un método científico único y universal o consideran que los hechos científicos hablan por sí solos y son suficientes para saldar una discusión, suelen encontrar dificultades en identificar la existencia de controversias entre científicos, dificultando así la consideración de CSC de carácter interno (Bryce y Gray, 2004; González Rojas, 2012; Reis y Galvão, 2004).

Del mismo modo que una imagen positivista dificulta la utilización y una concepción más compleja de las CSC, una imagen de carácter más constructivista las facilita. Los profesores que no entienden a la ciencia como algo neutro y aislado del resto de la sociedad, sino como una actividad humana, compleja, dinámica, con lugar para la subjetividad y en la que participan los valores, y además logran transponer estas concepciones a su práctica (cosa que no siempre se logra), consiguen introducir el tratamiento de controversias en las aulas y abordarlas de un modo complejo, donde emerjan distintas perspectivas más allá de la científica para entender las problemáticas y donde incluso se manifiestan desacuerdos al interior del campo científico (Reis y Galvão, 2004, 2009).

Por otro lado, pese a que gran cantidad de profesores reconocen el lugar central del tratamiento de controversias en la educación científica (Reis y Galvão, 2004; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Sadler et al., 2006), la mayoría no las abordan en las clases o bien lo hacen de un modo tal que estas quedan marginalizadas, ocupando un lugar, tiempo e importancia mínima respecto a otros contenidos durante sus clases. Así, en muchos casos las CSC suelen abordarse por fuera de la planificación curricular, aislados del resto de los temas y dedicándoles breves períodos de tiempo muerto sobre el final de las lecciones, limitándose a un abordaje superficial o una simple mención (Hughes, 2000; Reis y Galvão, 2004; Lazarowitz y Bloch, 2005; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Sadler et al., 2006; Vilouta y Pellegrini, 2018). De esta manera el tiempo dedicado es mínimo y fragmentario, lo que diluye el interés e importancia de aquellas, aislándolas también del resto de los contenidos. Sin embargo, también en los casos donde las CSC están contempladas en las planificaciones curriculares, se observan dificultades para que el abordaje de controversias supere los pocos minutos y su discusión vaya más allá de un intercambio informal de opiniones (Genel y Topçu, 2016; Vilouta y Pellegrini, 2018).

Otro factor clave que ayuda a la marginación de las CSC es una interpretación de las controversias por parte de los profesores centrada en el contenido disciplinar (Tidemand y Nielsen, 2017). Este modo de entender a las controversias se manifiesta por el uso instrumental otorgado a las mismas, como mera motivación o vehículo de contenidos disciplinares; la evaluación exclusiva de contenidos disciplinares en los exámenes, en detrimento de otros tipos de conocimientos y competencias; y una narrativa reduccionista que lleva a que los profesores consideren que es posible tomar una decisión o saldar una controversia si conocemos todos los hechos involucrados con esta.

Este énfasis en el contenido disciplinar en detrimento del tratamiento de contenidos metacientíficos –y entre ellos el abordaje de CSC- suele estar relacionado con las identidades que los profesores de ciencia tienen como tales. Aquellos profesores que ignoran o bien marginan las CSC suelen poseer una percepción de sí mismos como transmisores y guardianes del conocimiento científico. La identidad tradicional de numerosos docentes de biología hace que estos posean fuertes conexiones personales con el contenido disciplinar, dificultando el abordaje de aspectos de las controversias que vayan más allá de estos contenidos (Stradling, 1984; Hughes, 2000; Bryce y Gray, 2004; Lazarowitz y Bloch, 2005; Sadler et al., 2006; Reis y Galvão, 2008; Lee y Witz, 2009; Albe et al., 2014; Forbes y Davis, 2008; Tidemand y Nielsen, 2017). Es común a esta concepción el miedo a que un abordaje centrado en CSC -donde la ausencia de certezas suele ser la norma, incluso en torno a los hechos científicos- desafíe o devalúe sus conocimientos y su rol privilegiado frente a este (Aikenhead, 2009; Hughes, 2000; Reis y Galvão, 2008).

Finalmente, debemos volver a mencionar el importante papel que juega la imagen de ciencia de los profesores, pero esta vez en la concepción de las controversias basada en el contenido. Como vimos anteriormente, la percepción que los profesores tengan de la ciencia influye en el modo de conceptualizar y abordar controversias. Aquellos profesores con una imagen de ciencia empiro-positivista -en caso de tener que tratar alguna CSC- suelen manifestar hacerlo “apegándose a los hechos”, manteniendo una actitud neutra y ofreciendo conocimientos biológicos concretos, sin intentar influir o discutir sobre otro tipo de cuestiones ni problematizar dichos conocimientos (Bryce y Gray, 2004; Oulton, Day, Dillon y Grace, 2004; Forbes y Davis, 2008, Tidemand y Nielsen, 2017). De esta manera, se considera que para la resolución de una controversia es suficiente (y posible) conocer y evaluar correctamente todos los hechos y evidencias científicas pertinentes (Nielsen, 2013; Forbes y Davis, 2008; Tidemand y Nielsen, 2017). Así, una imagen de ciencia positivista suele coincidir con una concepción también positivista y tradicional de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Gallegos y Bonilla, 2009; Tsai, 2002). Tsai (2002) llama a este fenómeno “epistemologías anidadas”, en referencia a que la mirada epistemológica sobre la ciencia que poseen los profesores está en línea con aquella que mantienen sobre la

enseñanza y aprendizaje del conocimiento científico. De este modo, concepciones tradicionales sobre la ciencia, cercanas al positivismo, coinciden con una comprensión de la enseñanza y aprendizaje científicos también tradicional, según la cual la educación científica consiste simplemente en una transferencia de conocimientos y verdades absolutas mediante el uso de estrategias donde el alumno no cumple otro papel que el de receptor pasivo. Por otro lado, de manera contraria, los profesores con una concepción constructivista de la ciencia suelen tener también ideas similares en cuanto al proceso de enseñanza y aprendizaje científico, apoyando el uso de estrategias didácticas más participativas y teniendo en cuenta las opiniones y concepciones previas de los alumnos.

La utilización de estrategias tradicionales es otra dificultad para el abordaje de las controversias. Aquellas clases que consisten principalmente en actividades de dictado, resolución de guías cerradas, la lectura de textos previamente seleccionados y la exposición oral del profesor, ofrecen poco lugar para la interacción, discusión y presentación de diversos puntos de vista propios de una controversia (Dos Santos y Mortimer, 2009; Occelli et al., 2014). Las CSC, susceptibles de diferentes interpretaciones y marcos contextuales, son así abordada desde una única voz y desde una perspectiva que los profesores consideran "neutral", imposibilitando el surgimiento de discusiones y debates en torno a controversias y la problematización del contenido, transmitiendo un discurso de objetividad y neutralidad del conocimiento científico y colocando al alumno en un rol receptivo y pasivo (Occelli et al., 2014). En cambio, cuando estos mismos profesores logran propiciar una discusión más abierta sobre el tema, los puntos de vista de los alumnos pueden explicitarse y ser tenidos en cuenta, propiciando la aparición de nuevas voces y perspectivas (Dos Santos y Mortimer, 2009). El uso de este tipo de enfoques más abiertos, que se centran en el alumno y posibilitan una mayor profundización de cuestiones controversiales, se ve limitada por la falta de confianza por parte de los docentes tanto en sus conocimientos específicos de la materia como en sus habilidades pedagógicas (Van Rooy, 1997; Oulton et al., 2004; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Dos Santos y Mortimer, 2009; Tidemand y Nielsen, 2017).

Aparte de los factores mencionados que dificultan el abordaje de las controversias durante las clases, existe otro conjunto de obstáculos que constituyen el principal foco de preocupación y justificación por parte de los docentes frente al poco espacio que tienen las CSC en clase, y que se replica a lo largo de gran parte de la bibliografía. En primer lugar, son muy comunes los argumentos que responsabilizan a los alumnos de la dificultad de abordar controversias, haciendo referencia a la resistencia o directamente apatía que presentan estos al introducir este tipo de problemáticas (Van Rooy, 1997; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Duso y Hoffmann, 2016). A nivel de los propios profesores, muchos admiten no estar ellos mismos interesados en ocuparse de las CSC (Sadler et al., 2006; Tidemand y Nielsen, 2017), lo que a su vez coincide con el rol tradicional del profesor visto

anteriormente. Pero incluso entre los interesados, muchos expresan tener una gran dificultad en tratar controversias debido a la falta de conocimiento suficiente, tanto disciplinar como pedagógico, lo que los hace sentir una gran incomodidad e inseguridad (Tidemand y Nielsen, 2017; Forbes y Davis, 2008). A su vez, esto pareciera estar estrechamente relacionado con la falta de capacitaciones específicas, que permitan un mayor involucramiento en las controversias, abordar planteamientos éticos y morales y manejar discusiones grupales (Van Rooy, 1997; Bryce y Gray, 2004; Oulton et al., 2004; Oulton, Dillon y Grace, 2004; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Sadler et al., 2006; Reis y Galvão, 2008). Finalmente, los profesores también señalan como uno de los principales obstáculos aquellos relacionados con el sistema educativo, siendo prácticamente omnipresente en la bibliografía la mención a los currículos sobrecargados de temas, la ausencia de CSC en estos, la escasez de tiempo para abordar semejante cantidad de contenidos, la falta de recursos y materiales didácticos y la presión por instruir a los alumnos en los exámenes nacionales o regionales externos (Stradling, 1984; Van Rooy, 1997; Hughes, 2000; Bryce y Gray, 2004; Oulton et al., 2004; Reis y Galvão, 2004, 2009; Oulton et al., 2004; Lazarowitz y Bloch, 2005; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Sadler et al., 2006; dos Santos y Mortimer, 2009; Lee y Witz, 2009; Forbes y Davis, 2008; Duso y Hoffmann, 2016; Genel y Topçu, 2016; Tidemand y Nielsen, 2017).

Ante la escasez de estudios en Argentina que analicen el tratamiento de CSC y su relación con los docentes de biología, resulta de sumo interés indagar el modo en que las controversias son entendidas y tratadas por los profesores de Biología, Genética y Sociedad en el aula, qué relación guardan con la imagen de ciencia sostenida por estos y qué factores dificultan o facilitan su tratamiento.

Metodología

La presente investigación, de carácter cualitativo (Taylor y Bogdan, 1987), hace uso del estudio de casos (Stake, 1999; Forni, 2010) para indagar las concepciones, interpretaciones y prácticas de una docente de Biología, Genética y Sociedad, recurriendo a la triangulación de datos a partir de la realización de entrevistas, la observación de clases y el análisis documental. La docente estudiada dictaba su asignatura en una escuela secundaria pública del partido de Avellaneda con orientación en Ciencias Naturales. El primer acercamiento a las escuelas fue a partir de una entrevista con sus autoridades, a las que se les explicó los objetivos y naturaleza de la investigación, luego de lo cual se obtuvo la autorización para abordar a la docente y realizar la observación de clases. El nombre original de la docente fue cambiado para preservar su privacidad.

La investigación consistió en la realización de entrevistas semi-estructuradas a la profesora, donde se buscó indagar en a) su trayectoria y *background* profesional, b) la

imagen que posee acerca de la naturaleza de la ciencia, c) sus concepciones respecto a la materia Biología, Genética y Sociedad, d) cuáles son las controversias que identifica en la asignatura y cómo las caracterizan, e) el lugar que les otorgan en las clases y f) los factores que posibilitan y/o dificultan la inclusión de controversias sociocientíficas.

Por otra parte, también se recurrió a la observación de clases y al análisis documental relacionado a estas. La observación de clases permite acceder a las estrategias y metodologías de enseñanza utilizadas, las actividades realizadas y al currículo implementado (Reis, 2011), pudiendo así identificarse las controversias tratadas, el modo en que se abordaban y el tiempo y espacio dedicados a las mismas, como así también contrastar la imagen de ciencia y otras descripciones que los docentes hicieron durante las entrevistas. Los registros tomados de las observaciones fueron la grabación de audio de las clases, un registro escrito como complemento de los aspectos verbales del audio, los recursos didácticos utilizados en clase y las actividades planteadas a los alumnos. En cuanto al análisis documental, este consideró la carpeta de varios alumnos y el cuaderno de clase de las profesoras, lo que permitió tener acceso a aquellas clases que no fueron observadas.

El uso conjunto de entrevistas, observaciones y análisis documental permiten una triangulación metodológica que obliga continuamente a la revisión de los significados e interpretaciones de los fenómenos estudiados (Stake, 1999). De esta manera se logró una comprensión del modo de entender e identificar las controversias en la asignatura Biología, Genética y Sociedad por parte de la profesora, el lugar e importancia que le otorga durante su abordaje en las clases, las estrategias utilizadas y los factores que influyen en esto.

La materia Biología, Genética y Sociedad

Biología, Genética y Sociedad (BGyS) es una asignatura perteneciente al 6° año de la Escuela secundaria Orientada en Ciencias Naturales de la provincia de Buenos Aires y diseñada por la Msc. Adriana Schnek y la Dra. Alicia Massarini. Comenzó a implementarse en el año 2012 y se encuadra dentro de la reforma que dio lugar a la nueva escuela secundaria, impulsada por la Ley de Educación Nacional N° 26.206 y la Ley de Educación Provincial N° 13.688, sancionadas en 2006 y 2007 respectivamente.

Como muestra el diseño curricular de la asignatura (Dirección General de Cultura y Educación, 2011), BGyS está estructurada en tres ejes temáticos. Cada uno de estos ejes pretenden abordar tanto contenidos disciplinares como meta-científicos, tomando como contexto de enseñanza distintos casos de CSC relacionadas a la genética y biotecnología. Los ejes en cuestión son “Herencia, identificación de personas y filiaciones”, “Clonación y células madres” y “Biotecnología y producción agropecuaria”.

Para el primer eje se menciona el debate en torno al determinismo genético, discusión que gira alrededor del poder que tienen los genes en condicionar las características de una persona, como su personalidad, gustos, enfermedades y demás rasgos. Para tratar esta controversia el diseño propone discutir el papel que juega actualmente el determinismo genético en la evaluación, manipulación y regulación de la información genética en la sociedad. Para ilustrar la cuestión es propuesto como material didáctico la película GATTACCA³, en la que en un futuro distópico donde la eugenesia es una práctica común, el mero examen del genoma de un individuo condiciona su inserción y jerarquía social desde antes de su nacimiento.

A lo largo del desarrollo de los contenidos del segundo eje -sobre clonación y células madres- el diseño curricular menciona distintas controversias. Entre ellas plantea debates éticos y morales tanto en torno a la clonación terapéutica como la reproductiva⁴, donde se mencionan las discusiones sobre las consecuencias y regulaciones de ambos tipos de clonación. Respecto a las controversias al respecto de las células madres, se propone discutir la regulación, uso y consecuencias de la conservación de células madres de cordón umbilical para futuros trasplantes en instituciones públicas y privadas. También se propone -a través de dos estudios de casos para abordar en clase- la controversia en torno a la reproducción asistida con fines terapéuticos. Específicamente se trabaja a través de los casos de concepción y utilización de “hermanos salvadores” -denominación que se le da a los niños que son concebidos mediante fecundación *in vitro* y diagnóstico genético pre-implantacional, lo que les permite ser donantes compatibles de células madres hematopoyéticas para un hermano enfermo que las necesite. Respecto a este procedimiento médico, se menciona las discusiones en torno a la selección de embriones y los derechos sobre disponer del propio cuerpo por parte del hermano donante. Los estudios de caso sugeridos son los de Javier Mariscal Puerta -niño concebido en España para ser un “hermano salvador”- y la de la película “La decisión más difícil”⁵.

Finalmente, en el desarrollo del tercer y último eje se identifican dos controversias. La primera, es alrededor de la producción y consumo de organismos genéticamente modificados (OGMs), en la que se menciona las discusiones sobre la equivalencia sustancial o no entre las técnicas modernas y tradicionales de producción de nuevas variedades vegetales y razas animales; las consecuencias que pueden traer al consumo humano y animal, las manipulaciones del genoma; la posibilidad de contaminación y fuga

³ GATTACCA, película de ciencia ficción de 1997, dirigida por Andrew Niccol.

⁴ Mientras que la clonación reproductiva hace referencia a la creación de un ser humano genéticamente idéntico a otro, la clonación terapéutica es la generación de células madres embrionarias -con capacidad para diferenciarse a diferentes tipos de tejido- a partir de la transferencia del material genético de una persona a un oocito de un donante.

⁵ Películas del 2009 dirigida por Nick Cassavetes, donde la protagonista, una chica de 11 años concebida como “hermana salvadora” para ser donante de su hermana con leucemia, decide emanciparse de sus padres para evitar así las intervenciones quirúrgicas y extender la convalecencia de su hermana.

genética debido a la liberación de OGMs; y las consecuencias económicas y ambientales de los cultivos extensivos de una única variedad rentable. Como estudio de caso se propone el del cultivo de soja transgénica y resistente a glifosato y se sugiere como material didáctico la película “El mundo según Monsanto”.⁶ Es interesante señalar que si bien estas discusiones en torno a los riesgos de utilización de OGMs – a excepción de la última- han sido cerradas al interior del conjunto de expertos sobre el tema y sólo se mantienen como controversias públicas (Pellegrini, 2013), el diseño curricular las presenta también aún como controversias internas, dando a entender que hay una importante cantidad de científicos especialistas en la temática que todavía consideran que los productos de la biotecnología moderna no son sustancialmente equivalentes a aquellos generados por técnicas tradicionales y por lo tanto su utilización es riesgosa por poder provocar alergias, contaminaciones genéticas y consecuencias impredecibles en el genoma. La segunda controversia identificada es aquella en torno a la producción de biocombustible, que si bien comparten algunas problemáticas con la anterior, como las consecuencias del cultivo extensivo, también son señaladas particularidades, como las consecuencias ambientales específicas que la producción de biocombustibles acarrea.

Lejos de considerarse a las controversias solamente como vehículos de contenidos disciplinares, estas ocupan un lugar central en el diseño curricular de BGyS (Vilouta Rando y Porro, 2016), motivo por el que creemos que la materia es un ámbito propicio para estudiar la conceptualización y el abordaje que los profesores hacen de las mismas.

Resultados

Beatriz

Beatriz tiene 59 años y es profesora de secundario desde hace 13. Dicta la materia BGyS desde el año 2012 en una escuela pública del partido de Avellaneda. Si bien se recibió como profesora de Ciencias Naturales en 1980 en el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 24 de Bernal, durante el último año de su carrera contrajo matrimonio y tuvo una hija, lo que la decidió a no ejercer la docencia en la escuela, sino a hacerlo como profesora particular y priorizar así su trabajo doméstico. Beatriz señala su divorcio, ocurrido en 2004, como un momento bisagra, a partir del cual

⁶ Documental del 2008 dirigido por Marie Monique Robin que relata de manera crítica la historia de la empresa biotecnológica Monsanto, sus desarrollos tecnológicos y las consecuencias ecológicas y sociales de estos. Entre los principales objetos de crítica se encuentran los OGMs producidos por la empresa y utilizados en la agricultura. La mirada sobre los OGMs que se transmite en la película es el de un producto inseguro y perjudicial para la salud y el medioambiente, resultado de negociaciones espurias, intereses económicos y el ocultamiento de información sobre supuestos efectos secundarios de los alimentos transgénicos por parte de la empresa y distintos organismos estatales. Dicha imagen de los OGMs va más allá del caso específico de los productos de la empresa y se extiende, mediante una mirada esencialista, a la totalidad de las creaciones de la genética moderna.

decide comenzar a ejercer una labor docente de manera profesional. Ese mismo año decidió presentarse a concurso docente, gracias a lo cual comenzó a dar clases de biología en una escuela de la localidad de Domínico. También comenzó a enseñar en un profesorado de Biología -en el que actualmente sigue trabajando- y como ayudante de cátedra en la materia *Biología* de la Licenciatura en Seguridad, Higiene y Control Ambiental de la Universidad de Flores (UFLO), donde llegaría al cargo de profesora adjunta hasta su renuncia en 2011. Actualmente, además de enseñar BGyS, es docente de la materia *Educación para la salud* y distintos cursos de biología de la secundaria. Como docente del profesorado Beatriz también está a cargo de la materia *Didáctica de las ciencias naturales*.

Entre los cursos y capacitaciones relevantes para enseñar BGyS, valora especialmente la capacitación específica de la materia -realizada en el CIIE de Avellaneda a principios del año 2012- y el curso sobre biotecnología del programa *Por Qué Biotecnología* de ArgenBio -ONG que tiene como objetivo la difusión y promoción de la biotecnología en Argentina y se encuentra financiada por las principales empresas biotecnológicas nacionales y trasnacionales. Es interesante señalar que los enfoques de ambas capacitaciones son sumamente distintos: mientras el objetivo de la primera es incluir el estudio de casos sobre controversias sociocientíficas en las clases, la capacitación ofrecida por ArgenBio -al igual que el abundante material didáctico que ofrece gratuitamente- se centra en los contenidos disciplinares de las áreas de biología y biotecnología, presentando a la ciencia y tecnología de manera aséptica y, sus aplicaciones en la sociedad, de un modo simple y optimista.

Durante los años 2015 y 2016 realizó el Pos-título de Ciencias Naturales en Primaria, brindado por el Programa Nacional de Formación Permanente Nuestra Escuela del Ministerio Nacional de Educación y Deportes. Si bien la especialización está orientada a docentes de escuela primaria, sus objetivos y contenidos abordan temas pertinentes a BGyS, como el desarrollo de habilidades meta-cognitivas, entre las que se destaca una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia a través de la promoción de

la reflexión acerca de ciertas concepciones ingenuas sobre la ciencia y su metodología, que sabemos arraigadas en el pensamiento de algunos docentes de Ciencias Naturales, y al mismo tiempo mostrar su utilidad para orientar los procesos de enseñanza (Aguilera, 2015).

También el abordaje de las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad se encuentra entre los principales objetivos y se materializa en el espacio curricular Ciencia, Tecnología y Sociedad. Entre los contenidos de la materia se encuentra el rol de la genética en la recuperación de nietos apropiados durante la última dictadura cívico-militar y el rol del Equipo Argentino de Antropología Forense (Basiliz, 2015), temas que aparecen como contenidos del primer eje de BGyS.

Beatriz se encarga de aclarar que le gusta su trabajo y que con él ha encontrado su verdadera vocación, explicando además que la realización del pos-título, como de muchas de las capacitaciones mencionadas, son justificadas por su interés personal en aquellas temáticas tratadas y no por el puntaje docente que pueda obtener, ya que en este ha alcanzado su límite: “Como yo ya cumplí con todos los certificados que podés poner (...) lo hago porque voy a hacer lo que a mí me gusta” (Beatriz, 2016).

Imagen de ciencia

Beatriz define a la ciencia como algo inagotable y perfectible, como un conjunto de conocimientos que está cambiando todo el tiempo. Para explicar este constante cambio alude a la relación de retroalimentación que observa entre la ciencia y la tecnología, donde gracias a las mejoras técnicas y nuevas herramientas generadas por esta se logran avances en aquella y a su vez, mediante nuevos descubrimientos científicos se pueden crear nuevas tecnologías.

Una característica que suele asociar al científico -y cree fundamental- es la capacidad de asombro y curiosidad: “yo creo que el día que el hombre pierda la capacidad de asombro, muchas cosas no se van a investigar. Esa curiosidad que lleva al hombre a investigar” (Beatriz, 2017). También considera inseparable de éste la existencia de valores extra-epistémicos, que a su vez influirían en el rumbo y objetivos que el científico le dé a su investigación. Estos valores no son considerados por ella solamente como algo inevitables, sino hasta deseables, más cuando estos tienden hacia el beneficio de la sociedad en su conjunto. Los valores –explica- inciden en la ciencia no sólo mediante los científicos, sino también a partir de la estrecha relación entre ciencia y sociedad. Para ilustrar esta relación menciona el caso, que también utilizará durante las clases, de la labor de Abuelas de Plaza de Mayo y su rol fundamental como promotoras de nuevas investigaciones y de técnicas de filiación:

la sociedad fue a reclamarle a la ciencia a que fuera a hacer algo por ella. Comprometer a la ciencia. (...) Ellos [los científicos] lo que vieron fue el peso que tenía, era muy movilizante lo que estaban pidiendo (Beatriz, 2016).

Otro ejemplo de interacción entre ciencia y sociedad lo da mencionando el caso de Salvador Mazza y su investigación sobre el Chagas, citando la película Casas de Fuego.⁷ Utiliza el caso para ilustrar la necesidad que tiene la ciencia del apoyo político y presupuestario para realizar sus investigaciones, y cómo éstas se ven influenciadas y

⁷ Película de 1996, dirigida por Juan Bautista Stagnaro, que relata la labor científica y social de Salvador Mazza en torno a la enfermedad conocida como mal de Chagas y las dificultades encontradas ante la indiferencia de las instituciones científicas y estatales.

condicionadas por aquellos. Pero pareciera extender el caso particular de Salvador Mazza -quien no contó con un apoyo decidido del Estado para realizar sus investigaciones- al resto de los científicos, considerándolos como investigadores solitarios que, si quieren continuar con sus investigaciones, deben desarrollar y vender patentes a grandes empresas para subsistir (Beatriz, 2016). Esta imagen romantizada del científico –entendido como una persona solitaria y aislada- contrasta con el resto de la caracterización que hace de la ciencia, de un corte más constructivista. Dicha tensión entre aspectos de la ciencia constructivistas y empiro-positivistas también se puede observar en la concepción sobre la metodología de la ciencia. Beatriz cree que la idea transmitida durante su época de estudiante de profesorado de un único método científico, “como una receta de cocina”, no es adecuada para describir el modo de trabajar de la ciencia. Sin embargo, al consultarle por qué otras formas de hacer ciencia o construir conocimiento conoce, sólo menciona la realización de hipótesis y la posterior verificación mediante experimentos.

Concepción de la materia

Beatriz manifiesta un abierto interés y gusto por enseñar BGyS, a la que considera “una materia muy interesante” (Beatriz, 2013) y una posibilidad para los alumnos que debatan cuestiones controversiales de manera crítica (Beatriz, 2017). Considera como uno de los principales inconvenientes la falta de un libro de texto específico. Al mismo tiempo, esto le hace valorar como esencial la capacitación que tomó para la materia, ya que le permite desarrollar exitosamente los contenidos a partir de los materiales didácticos facilitados por esta (entre los que se encuentran numerosos textos, películas y videos documentales) y el modo de abordar los estudios de casos propuestos por el diseño curricular. Cree que estos son muy importantes para el desarrollo de los contenidos, especialmente el de la labor de búsqueda y recuperación de Abuelas de Plaza de Mayo de hijos de desaparecidos y los trabajos llevados a cabo por el Equipo Argentino de Antropología Forense. El énfasis puesto en este tema en particular, que también se destacará en sus repetidas menciones a lo largo de las entrevistas y en las observaciones de clase, tal vez pueda explicarse por ser una temática no sólo vista en la capacitación específica, sino también, como mencionamos antes, en la materia *Ciencia, Tecnología y Sociedad* del postítulo realizado, lo que probablemente le haya otorgado una mayor comprensión y confianza en el tema, al igual que más herramientas didácticas y conceptuales para tratarlo.

La profesora no considera a la materia como un espacio adecuado para abordar de manera explícita la imagen de ciencia, contrariamente a lo que el diseño propone, para lo cual alega dos motivos distintos: por una parte la escasez de tiempo para desarrollar la materia y, por otro lado, la existencia de otro espacio curricular específico para la

naturaleza de la ciencia, el de la materia –también de 6° año- Historia y Filosofía de la Ciencia:

Tienen materia particular para eso [la naturaleza de la ciencia]. O sea, no podemos abocarnos a todo esto, sin tener en cuenta que contamos con 3 horas, y dejar nuestros contenidos. Hay un diseño curricular a seguir (Beatriz, 2013).

Así, la imagen de ciencia pareciera entenderse como un tema ajeno a la materia, o al menos tangencial, y no como transversal a la enseñanza de las ciencias naturales como es propuesto desde los Núcleos Prioritarios de Aprendizaje y el diseño curricular (DGCyE, 2011; Consejo Federal de Educación, 2012). Este último es entendido, al menos en principio, de un modo rígido y sin tener en cuenta los objetivos referentes a la temática. Aparte de la escasez de tiempo y la necesidad de apegarse al diseño curricular, Beatriz también manifiesta sentirse más cómoda con los contenidos disciplinares, con los que ella se formó originalmente en el profesorado, por lo que les otorga mayor peso en sus clases y en las evaluaciones: “Yo me voy más hacia el enfoque biológico y ese enfoque biológico es el que me da sustento para el enfoque social” (Beatriz, 2013).

Esta forma de desarrollar la materia se apoya, como ella señala, en las secciones del diseño curricular presentes en el desarrollo de cada eje bajo el título de “Síntesis de los contenidos a trabajar”. Estas secciones -en las que abundan los contenidos disciplinares frente a los de naturaleza de la ciencia y controversias (Rando y Porro, 2016)- son la referencia exclusiva de Beatriz para desarrollar el documento de planificación de la materia exigido por la dirección de la escuela y la lista de contenidos entregada a los alumnos en la primera clase. En ambos casos, la profesora transcribe todos los contenidos presentes en la sección “Conceptos”, que en su gran mayoría son conceptos disciplinares.

A pesar de la apreciación positiva que Beatriz posee de la materia, considera que esta posee demasiados contenidos para ser enseñados en apenas tres horas a la semana, a lo que se suma -explica - el viaje de egresados que durante ese año realizan los alumnos y con el que pierden dos semanas de clases, razón por la cual no se suele llegar a cubrir todos los temas propuestos. La ausencia de un libro de texto específico es nuevamente echada en falta.

Identificación y abordaje de CSC en clase

Al ser consultada por el tiempo y lugar que ocupan las controversias en sus clases, Beatriz expresa que “es algo que se hace paralelo ¿no? O sea, cada tema se debate. O sea, no es que específicamente tratas un tema y queda ahí colgado” (Beatriz, 2013).

Explica que suele organizar debates luego de explicar los contenidos disciplinares. Estos son organizados dividiendo a la clase en dos grupos -a favor y en contra de una

determinada tecnología- y otorgando a uno de los alumnos el rol de “secretario”, encargado de moderar la discusión y tomar nota de las distintas posturas y argumentos discutidos. Beatriz siempre se preocupa en resaltar que ella no interviene ni toma posición en dichos debates, ya que no quiere influir en la opinión de los alumnos:

Yo soy imparcial. Estoy en un rinconcito y observo. [...] Yo soy un observador externo porque si no, les voy a dar mi influencia y no quiero. No quiero intervenir en eso (...) Simplemente se es un ojo observador. Que es la postura que yo les insistía a los chicos: ‘No te pongas del lado de nadie. Ni de la nena, ni de la madre, ni de la abuela. Vos observá lo que pasa’. Porque si vos tomás partido ya no podés analizar. (Beatriz, 2016)

De esta manera, el objetivo de los debates en clase para Beatriz pareciera coincidir sólo parcialmente con lo propuesto en el diseño curricular. Mientras que el diseño sugiere el uso de los debates para que los alumnos puedan

aprender a preparar sus argumentos y sostenerlos, escuchar y considerar los argumentos de sus compañeros, admitir deficiencias posibles en los propios y buscar nuevos o, eventualmente, abandonar su postura (DGCyE, 2011).

La propuesta de la profesora sólo apunta al segundo de estos objetivos, sin nunca hacer referencia al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad argumentativa ni de la toma de decisiones frente a una controversia.

La profesora reconoce algunos aspectos controversiales sobre clonación, células madres y el uso de OGMs en la agricultura. Sin embargo, aún en estos casos, el conocimiento de Beatriz sobre las controversias no pareciera ir más allá de un vago planteo inicial de la problemática, sin poder reconocer claramente a los actores ni las distintas posturas y argumentos en juego.

Si bien durante el primer eje son abordados varios episodios de la historia de la ciencia -como los estudios pioneros de Gregor Mendel y la clonación de la oveja Dolly- estos no son utilizados como escenarios que sirvan para ambientar y desarrollar controversias, sino que permanecen más bien como episodios anecdóticos y vehículos para enseñar contenidos disciplinares de biología.

Al consultar a Beatriz qué controversias reconoce en torno a las células madres, hace referencia al estudio de caso propuesto por el diseño curricular sobre la concepción de “hermanos salvadores”. Reconoce aquí el dilema que implica concebir un hijo para un fin utilitario y los conflictos que pueden surgir entre los derechos de la persona receptora y los del donante. Sin embargo, durante las clases este planteo apenas es discutido, centrándose la mayor parte del tiempo en explicar los distintos tipos de células madres existentes y sus características. La controversia es utilizada a modo de cierre del tema, al proyectar la película *La decisión más difícil*, propuesta en el diseño curricular. Al final de la

película y quince minutos antes que termine la clase, la profesora propuso realizar un debate, preguntando quién estaba de acuerdo con las decisiones tomadas en la película. Fiel a su postura de “ojo observador” -como antes se había definido- Beatriz no toma posición en el debate, pero tampoco interviene para ahondar en la pregunta que funcionó como disparador ni en los argumentos puestos en juego, reduciéndose la discusión a un intercambio de opiniones principalmente de carácter emotivo. Sobre el final del debate, después de diez minutos, el espacio es re-direccionado por Beatriz para repasar los conceptos disciplinares vistos en las clases anteriores, pero sin volver a mencionar la controversia.

Beatriz señala también la clonación como un asunto controversial, pero sin relacionarlo con las investigaciones sobre células madres, sino centrándose exclusivamente en la cuestión de la clonación reproductiva, si bien no es capaz de mencionar cuál es la discusión y argumentos en juego en torno a esta. Durante las clases, el tema es mencionado por uno de los estudiantes, frente a lo que la profesora propone que los alumnos organicen una discusión, mientras ella se pone a disposición para contestar sólo preguntas relacionadas al conocimiento disciplinar involucrado, sin participar de ninguna manera en los otros aspectos. Sin embargo, la discusión se abandona rápidamente ante la falta de direccionamiento y se continúa con una clase expositiva alrededor de la clonación, centrada exclusivamente en el contenido disciplinar. Al ser consultada por la clonación terapéutica y su relación con los tratamientos con células madres Beatriz no percibe ninguna clase de conflicto. Acorde con esto, durante la clase se abordan los distintos tratamientos y posibilidades que ofrece esta tecnología. La profesora no considera que haya problema o discusión alguna sobre esta técnica, tomando en cambio una posición acrítica hacia la ciencia y la tecnología: “si la ciencia da herramientas hay que aprovecharlas” (Beatriz, 2016). Esto se manifiesta en el aula a través del material didáctico utilizado, que se limita a textos o videos de divulgación donde se mencionan las potenciales aplicaciones que tienen las células madres en la curación y tratamiento de enfermedades. En uno de los videos utilizados como material de clase se plantea brevemente la resistencia que provoca la utilización de embriones para el uso e investigación de células madres por considerarla una técnica abortiva y el uso de células madres somáticas como alternativa a esto. Sin embargo esta discusión no es mencionada por Beatriz en ningún momento durante las clases y al consultarle en la entrevista al respecto, dice no estar al tanto. Por el modo de referirse en todo momento al uso de células madres, la profesora no parecía percibir que dichos tratamientos se encuentran aún en desarrollo y son objeto de diversas controversias éticas, legales y técnicas y, son tratados por ella como tecnologías ya maduras capaces de curar las enfermedades más diversas.

Finalmente, la otra controversia que Beatriz reconoce es aquella respecto al uso de OGMs y agroquímicos en la producción agropecuaria. En este caso, al contrario de lo propuesto por el diseño curricular, cree que no existe una controversia entre los científicos en torno a las consecuencias dañinas a la salud y al medioambiente que puedan tener los transgénicos, sino que más bien es un prejuicio que está extendido en la sociedad. Durante las clases Beatriz se esfuerza por desmentir algunos de estos argumentos comunes entre sus alumnos, especialmente la idea que comer alimentos transgénicos puede ser perjudicial.

Ellos no estaban mucho de acuerdo con consumir mucho transgénicos porque [según ellos] realmente no sabemos si pueden hacer mal, no tenemos tanto tiempo desde que están. ¿Hasta qué punto nos puede hacer mal? (Beatriz, 2016).

Frente a este argumento presentado durante las discusiones por muchos alumnos, que se posicionaban tajantemente en contra del uso de OGMs -especialmente ante la idea de ingerir material genético-, Beatriz busca mostrar durante las clases que el ADN se encuentra presente en la gran mayoría de los alimentos que ingerimos, transgénicos o no. Para esto, y tomando como guía un cuaderno de trabajo de *Por qué biotecnología*, realiza en el laboratorio una experiencia de extracción del ADN de una banana. Sin embargo, luego de la actividad, la discusión no vuelve a ser mencionada, y la experiencia de laboratorio es más bien utilizada como un modo de llamar la atención de los alumnos y así poder involucrarlos en la enseñanza de los componentes del material genético. Varias clases más adelante, se vuelve sobre la discusión y la profesora –para matizar la mirada que tienen los alumnos sobre la inseguridad de los OGMs- explica sobre la existencia de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIO). Al respecto argumenta que gracias a su funcionamiento –que explica recurriendo nuevamente al material de *Por qué biotecnología* pero también del sitio de internet de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación- permite asegurar la inocuidad de los alimentos de origen transgénico.

Beatriz sí reconoce lo que considera una controversia real en el uso de agroquímicos y sus consecuencias en la salud de los poblados cercanos. Como actores de dicha problemática identifica por un lado a las poblaciones que están en las inmediaciones de los campos donde se fumiga, y por otro, con posiciones e intereses contrapuestos, a los dueños o arrendatarios de los campos, cuya economía depende del uso del paquete de semilla transgénica y agroquímico. Durante las discusiones en clase manifiesta tomar un rol más cercano al de “abogado del diablo” para explicitar la multiplicidad de visiones, intereses y argumentos presentes en la controversia:

Hace un ratito me preguntaban ellos si yo estaba de acuerdo o no con la biotecnología. Entonces yo les digo “¿de qué lado me paro? Todo depende del lado con que yo enfoque ¿no?”. Pero me parece tremendo la cantidad de enfermos o malformados por el efecto de los agroquímicos. Entonces, hay que estar, a ver... de qué lado me voy a parar. Si soy un consumidor o soy el dueño del campo (Beatriz, 2013).

La profesora también reconoce como controversial el caso específico de utilización de soja transgénica, si bien desestima los peligros señalados por el diseño curricular - como el escape génico o la posibilidad de ser tóxica o alergénica- a los que considera producto de la desinformación. En cambio sí considera como un problema la desertificación de los suelos que el monocultivo de soja puede ocasionar. Beatriz desplaza el foco de responsabilidad desde el cultivo transgénico -principal culpable según la mayoría de los alumnos- hacia el régimen de plantaciones, a los dueños y arrendatarios de los campos cultivados y a sus intereses económicos:

En realidad, si nosotros tenemos en cuenta el transgénico que estemos plantando y si ese transgénico precisamente es soja, ¿cuándo se perjudica un suelo? Cuando no hay rotación de cultivos. Entonces, acá, en realidad, perjudica las tierras cultivables, pero si ustedes tienen el cuidado preciso de hacer una rotación de cultivo de plantar soja y el próximo año plantar maíz cosa de que deja un rastrojo... ¿se dan cuenta lo que es un rastrojo? Si nosotros tenemos una planta de maíz, vamos a utilizar la mazorca y el resto queda en el suelo. Eso se tritura y queda como materia orgánica, se descompone y se transforma en sustancia que va a ser útil para la nueva siembra. Por eso no es malo plantar soja transgénica, siempre y cuando se tengan los cuidados necesarios de una rotación de cultivo.⁸

Otro material utilizado que aborda estas controversias es el documental “El mundo según Monsanto”, que Beatriz les pide a sus alumnos que vean, aunque fuera del horario de clase. Dicho documental -al contrario de la explicación dada durante las clases- sí plantea, a partir de una mirada esencialista sobre los transgénicos, a la soja resistente al glifosato como la principal culpable de las problemáticas relacionadas al monocultivo. La profesora no vuelve a hablar de la película ni se realiza ninguna actividad en base a ella durante el resto del curso. Sin embargo, fue mencionada por un alumno durante una clase posterior, cuando la profesora manifestó sorprenderse porque muchos alumnos -en el examen- habían expresado que los OGMs generaban alergias. Al preguntarles a los alumnos por la generalización de tal respuesta, uno de ellos la increpó explicándole que era eso lo que decía el documental que habían visto:

¿Se acuerda que usted nos mandó a ver El mundo según Monsanto? Bueno, la película contradice todo lo que dice su fotocopia. La fotocopia dice que hay estrictos

⁸ Observación de clase realizada el 28 de Octubre de 2015.

controles, cuando la película dice que se sobornaron todos los controles, con la excusa de “siempre comemos ADN, no va a pasar nada”.⁹

Ante este planteo, y luego de un instante de vacilación, Beatriz propuso organizar un debate, pero segundos después el timbre del recreo sonó y la idea del debate no volvió a mencionarse, pasando en la siguiente hora de clase a otra actividad.

A pesar de estas menciones y breves intercambios sobre las diferentes controversias mencionadas, el último eje se centró también en el contenido disciplinar, lo que se reflejó tanto en las actividades realizadas en clase como en el examen final del trimestre, que sólo indagó en los conocimientos sobre ingeniería genética. Todo esto contrasta con las declaraciones durante las entrevistas, donde se afirmaba que las controversias ocupaban un lugar más preponderante. Además, la actitud de la profesora frente a estas discusiones, más que adoptar una posición neutral o imparcial, fue la de mantenerse completamente al margen sin lograr responder preguntas disciplinares o bien ampliando el horizonte conceptual de la controversia, enriqueciéndola con distintos posicionamientos o argumentos omitidos por los alumnos. Muchas veces, al ser enfrentada a un planteo como el mencionado en el párrafo anterior, donde dos miradas opuestas son confrontadas, Beatriz evitaba hablar o aclarar nada sobre el tema, ignorando la discusión o bien depositando la responsabilidad en los alumnos, que eran quienes debían opinar. El manejo por parte de ella de un conocimiento muchas veces superficial, tanto de las controversias específicas como de algunos conocimientos disciplinares, probablemente dificultó el desarrollo de los debates u otras actividades donde se pudieron haber tratado las controversias. Otro factor que dificultó el abordaje puede encontrarse en el temor a expresar su propia opinión, visible en el énfasis que pone durante las entrevistas en su rol imparcial en las discusiones o bien como un “ojo observador” (Beatriz, 2016). Sin embargo, esta actitud parece ser olvidada al abordar cuestiones donde la profesora pareciera tener mayor confianza en el conocimiento involucrado y una posición más firmemente tomada sobre la problemática, como es el caso de los OGMs.

Beatriz siempre remarcó que ella era sólo un “ojo observador” durante las discusiones, en las que debían participar exclusivamente los alumnos. A pesar de explicitar esta posición respecto a las discusiones, en este último caso la profesora mantiene una postura más activa al intentar defender la inocuidad de los alimentos transgénicos y contrarrestar la mirada principalmente negativa sostenida por los alumnos. Este rol más activo coincide con la discusión en torno a los OGMs, controversia sobre la que la profesora fue capaz de describir más profundamente durante las entrevistas y en donde más claramente parece tener una decisión tomada. De esta manera, su postura manifiesta de observadora pasiva pareciera ser más bien un modo de evitar intervenir en

⁹ Observación de clase realizada el 28 de Octubre de 2016.

cuestiones donde, debido a su falta de conocimiento u opinión, no pareciera sentirse muy segura. El hecho de que durante la controversia sobre OGMs -en la que la mayor parte del tiempo participó activamente- Beatriz propusiera organizar un debate y volver a su rol de observadora pasiva al ser enfrentada a un cuestionamiento frente al cual no encontró una respuesta lo suficientemente satisfactoria, parece confirmar esta hipótesis.

A lo largo de los tres ejes, más allá de los intentos de iniciar debates y discusiones entre los alumnos, la mayoría de las estrategias implementadas fueron de carácter tradicional y centradas en contenidos disciplinares: dictados, lectura de textos, cuestionarios cerrados y trabajos prácticos monográficos.

Discusión

Respecto a la primera pregunta que busca responder esta investigación -sobre la conceptualización de las controversias por parte de los docentes- encontramos que Beatriz es capaz de reconocer diversas CSC en la mayoría de los ejes de la materia, coincidiendo con las controversias más comúnmente señaladas entre los docentes (Genel y Topçu, 2016; Lee y Witz, 2009; Oulton, Day, Dillon y Grace, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2009; Sadler et al., 2006; Tidemand y Nielsen, 2017). Sin embargo, el detalle con el que describe cada controversia varía, notándose un mayor conocimiento en la controversia alrededor de los transgénicos. A su vez, señala exclusivamente CSC de carácter externo al ámbito científico. Incluso en la problemática sobre transgénicos, donde el diseño señala el desacuerdo entre científicos, la profesora señala que tal discusión no existe y que dicha concepción es producto de la desinformación, coincidiendo con la visión transmitida en la capacitación dada por ArgenBio y realizada por la profesora. Esta situación – tanto la negación explícita al carácter controversial de la problemática como la realización de la capacitación de ArgenBio- coincide con la actitud de otro de los casos analizados por el autor en una publicación anterior (Vilouta Rando y Pellegrini, 2018). De manera más general, la ausencia de CSC externas a la ciencia entre las identificadas por la docente coincide la tendencia general de los profesores a reconocer principalmente dilemas sociales en torno a cuestiones éticas, morales y políticas, y no tanto controversias y desacuerdos al interior de la ciencia (Aikenhead, 1994; Bryce y Gray, 2004; Rosenthal, 1989; Van Rooy, 1993, 1997).

La ausencia de referencias a la ciencia como una actividad social, sino más bien solitaria y romántica -evidenciado en la interpretación del caso de Salvador Mazza- probablemente dificulte la posibilidad de concebir conflictos entre científicos, o cualquier otro tipo de interacción. Además, si bien la profesora niega la existencia de una única forma de hacer ciencia, no logra mencionar otra alternativa a los pasos algorítmicos de hipótesis y experimentación, aspecto también relacionado a la incapacidad de concebir

desacuerdos entre científicos (Calvet y Bargalló, 2014). Sin embargo, estos aspectos de la imagen de ciencia de Beatriz, lejos de poder ser identificada fácilmente con una sola corriente epistemológica, parecieran estar en tensión con una mirada más cercana al constructivismo, al plantear una relación dinámica de la ciencia con la tecnología y la sociedad y la incidencia de valores extra-epistémicos dentro de la actividad científica. Dicha tensión entre aspectos constructivistas y positivistas de la imagen de ciencia - formando una especie de mosaico entre distintas perspectivas- coincide con lo hallado en otros trabajos, incluidos los estudios de casos ya publicados por el autor (Lederman, 2006; Pujalte, 2014; Ravanal y Quintanilla, 2010; Van Rooy, 1997; Vilouta Rando y Pellegrini, 2018).

En cuanto a la segunda pregunta de la investigación -centrada en el lugar que ocupan las controversias en el aula de BGyS- podemos decir que las clases están lejos del enfoque basado en CSC (Presley et al., 2013), asemejándose a lo ocurrido en los otros casos analizados por el autor (Vilouta Rando y Pellegrini, 2018). A pesar de afirmar durante las entrevistas que el tiempo y lugar dedicado a las controversias es similar al de los contenidos disciplinares, ya desde la elección de los temas -en la planificación curricular- Beatriz organiza la materia casi exclusivamente desde lo disciplinar, ignorando los contenidos del diseño curricular que hacen foco en problemáticas y temáticas metacientíficas. Además, se puede percibir una interpretación de las controversias centradas en el contenido (Tidemand y Nielsen, 2017), subordinando aquellas a este -al utilizarlas a modo anecdótico sobre los minutos finales de la clase- y excluyéndolas de las evaluaciones escritas. En esta concepción también se hace visible el arraigo de una identidad tradicional como profesora de ciencia, evidente en Beatriz al señalar sentirse más cómoda con el “enfoque biológico”, lo que hace otorgarle más peso a este tipo de contenido en sus clases, a partir del cual desarrolla los otros. Esta identidad tradicional puede verse traducida también en la postura de “ojo observador” que dice tomar la profesora durante los debates, evitando así intervenir en cualquier discusión o valoración en torno a una controversia, e interviniendo solamente para responder o corregir cuestiones relacionadas al contenido disciplinar biológico, conocimiento con el que Beatriz se siente más segura. De esta manera, el poco tiempo y lugar otorgado a las CSC junto al foco casi excluyente sobre el contenido disciplinar, llevan a marginar las controversias de las aulas de BGyS, de manera similar a lo que ocurre en otros países (Genel y Topçu, 2016; Hughes, 2000; Lazarowitz y Bloch, 2005; Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Reis y Galvão, 2004; Sadler et al., 2006). Podemos considerar que el currículo de BGyS sufre lo que Van Rooy (2000) llama un proceso de “domesticación”, en el que la profesora realiza pequeños ajustes a sus prácticas de enseñanza que les permite atender a un mínimo nivel las demandas del nuevo currículo.

Si bien fueron propuestos en clase debates y discusiones, estos fueron dejados para los últimos minutos de las clases o bien como intercambios de opinión fuera de un contexto de debate organizado, lejos de lo relatado por la profesora en las entrevistas. Como muestra Ocelli et al. (2014), similar suerte corren este tipo de actividades en las clases de biología de último año de los colegios secundarios de Córdoba, donde la mayoría de los profesores utilizan principalmente estrategias didácticas tradicionales y poco participativas. La mención de Beatriz –ante la escasa presencia de CSC en sus clases- sobre la falta de tiempo suficiente, el currículo sobrecargado de contenidos, el poco interés de los alumnos y la falta de un libro de texto específico, coinciden ampliamente en las justificaciones dadas en estudios similares (Bryce y Gray, 2004; Dillon y Grace, 2004; dos Santos y Mortimer, 2009; Duso y Hoffmann, 2016; Forbes y Davis, 2008; Genel y Topçu, 2016; Hughes, 2000; Lazarowitz y Bloch, Lee, Abd-El-Khalick y Choi 2006; Lee y Witz, 2009; Oulton et al., 2004; Reis, 1999; Reis y Galvão, 2004, 2009; Sadler et al., 2006; Stradling, 1984; Tiedemand y Nielsen, 2016; Van Rooy, 1997; Vilouta Rando y Pellegrini, 2018).

Si bien los resultados del presente trabajo pueden parecer desalentadores en cuanto a la inclusión de CSC en las aulas de ciencia, si se los contrasta con otro de los casos que forman parte de la investigación más amplia del autor (Vilouta Rando y Pellegrini, 2018), es posible destacar ciertas virtudes y factores que parecieran favorecer el abordaje de controversias. Así, podemos comparar el presente caso con el de Carolina, otra profesora de BGS cuyo abordaje y concepción de las CSC se analizan en Vilouta Rando y Pellegrini (2018). En este otro caso se observa una mayor dificultad en señalar y caracterizar controversias durante las entrevistas, la expresión de un total desinterés por abordarlas a través de actividades participativas y una ausencia total de CSC durante las clases. En contraste, en el caso de Beatriz –lejos de ser central- se percibe cierta presencia de CSC en sus clases y una importancia aún mayor dada a estas a nivel discursivo, otorgándoles también importancia a las discusiones y debates en clase. Esto podría ser explicado acudiendo a otra gran diferencia entre ambos casos: la trayectoria profesional de ambas docentes. Si los años de experiencia como docentes no difiere mucho, mientras Carolina posee una baja cantidad de capacitaciones docentes realizadas y ninguna que considerara útil para el tratamiento de la materia, Beatriz cuenta con una mayor cantidad de capacitaciones realizadas, entre las que podemos destacar la capacitación específica para la materia BGS y un postítulo en el área de enseñanza de las ciencias. Así, la formación continua de las docentes es un factor clave en su relación con las CSC.

Conclusiones

A pesar de la importancia dada a las CSC en el diseño curricular de la materia BGyS, estas no necesariamente ocupan un rol central durante las clases. En el caso presentado, las controversias fueron más bien marginalizadas por la docente, que adoptó una interpretación de la controversia basada en el contenido, dedicándoles los últimos minutos de las clases, espacios informales de discusión y excluyéndolas tanto de los exámenes como de la planificación curricular, dándole mucha mayor importancia al contenido disciplinar. Las principales explicaciones de esta marginalización que otorgó la profesora – coincidiendo con estudios anteriores- fue la falta de tiempo, la cantidad excesiva de contenidos, el desinterés de los alumnos y la falta de libros de texto específicos.

Aparte de los argumentos ofrecidos por la docente, la dificultad en el abordaje de controversias también pareciera ser consecuencia de la identidad tradicional como profesora de ciencia que esta poseía, sintiéndose más seguro en abordar los contenidos exclusivos de biología; la dificultad en la utilización de estrategias no tradicionales, como los debates, discusiones o charlas grupales, que sitúen a los alumnos en un rol más activo; y el evitar cualquier tipo de cuestionamiento al conocimiento científico. Esto último fue evidenciado por la identificación de controversias exclusivamente de naturaleza externa al conocimiento científico, lo que a su vez coincidió con algunos aspectos de la imagen de ciencia que manifestó la profesora y que parecieron dificultar el notar otro tipo de desacuerdos. La falta de confianza en el manejo de actividades grupales y en el conocimiento tanto disciplinar como respecto a las controversias tratadas también parecieran ser un factor determinante.

Finalmente, el análisis del presente caso y su contrastación con otros similares - realizados en el marco de la misma investigación (Vilouta Rando y Pellegrini, 2018)- nos dan una idea de algunos de los factores claves que pueden mejorar la presencia y centralidad de las controversias sociocientíficas en las aulas de ciencia. Así, creemos que se puede mejorar sensiblemente la inclusión de las controversias a través de a) una formación continua que acerque a los docentes una imagen de ciencia -así como de la enseñanza y aprendizaje de esta- de carácter constructivista, alejada de las concepciones tradicionales y b) la realización de la capacitación específica para la materia, la cual puede otorgar más herramientas y recursos con los cuales interpretar y llevar a la práctica el diseño curricular propuesto.

Referencias bibliografía

Acevedo-Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2).

- Adúriz-Bravo, A., Salazar, I., Mena, N., & Badillo, E. (2006). La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: aportaciones del positivismo lógico. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 1(1), 6-23.
- Aguilera, E. O. (2015). Especialización docente de nivel superior en ciencias naturales en la escuela primaria. Programa curricular de Historia y filosofía de las ciencias naturales en la escuela primaria. Recuperado de: http://nuestraescuela.educacion.gov.ar/wp-content/uploads/2016/03/Programa-de-estudios_HyFC_Primaria.pdf
- Aikenhead, G. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon & G. Aikenhead. (Eds.), *STS education international perspectives on reform* (pp.47-59). Canadá: Routledge Press.
- Aikenhead, G. S. (2009). Research into STS science education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 9(1).
- Albe, V., Barrué, C., Bencze, L., Byhring, A. K., Carter, L., Grace, M., Knain, E., Kolsto, D., Reis, P. & Sperling, E. (2014). Teachers' Beliefs, Classroom Practices and Professional Development Towards Socio-scientific Issues. In *Topics and Trends in Current Science Education* (pp. 55-69). Germany: Springer Netherlands.
- Basiliz, C. (2015). Especialización docente de nivel superior en ciencias naturales en la escuela primaria. Programa curricular de Ciencia, Tecnología y Sociedad "Alfabetización científica para la participación ciudadana". Recuperado de: http://nuestraescuela.educacion.gov.ar/wp-content/uploads/2016/03/PROGRAMA-MODULO-CTS-PRIMARIA-_2015.pdf
- Bryce, T., & Gray, D. (2004). Tough acts to follow: the challenges to science teachers presented by biotechnological progress. *International Journal of Science Education*, 26(6), 717-733.
- Calvet, A. M. D., & Bargalló, C. M. (2014). ¿Cómo justifican los alumnos el desacuerdo científico relacionado con una controversia socio-científica? El caso de la reintroducción del oso en los Pirineos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11, (3), 303-319.
- Carreira, M. D. (2009). La Investigación con células madre: análisis multifactorial de una controversia (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Consejo Federal de Educación (2012). Núcleos de Aprendizaje Prioritarios, Ciencias Naturales. Recuperado en (Junio de 2015): http://www.me.gov.ar/consejo/resoluciones/res12/180-12_02.pdf
- Dirección General de Cultura y Educación de la Pcia. de Buenos Aires (DGCyE) (2011). Biología, Genética y Sociedad, 6º (ES), La Plata. Recuperado de (Junio de 2013): <http://servicios2.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/secundaria/sexta/orientaciones/naturales/biologia.pdf>

- Dos Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2016). Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 191-218.
- Duso, L., & Hoffmann, M. B. (2016). Discutiendo controversias socio científicas en la enseñanza de ciencias por medio de una actividad lúdica. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(2), 185-193.
- Forbes, C. T., & Davis, E. A. (2008). Exploring preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socioscientific issues. *Science & Education*, 17(8-9), 829-854.
- Forni, P. (2011). Los estudios de caso: Orígenes, cuestiones de diseño y sus aportes a la teoría social. *Miríada: Investigación en Ciencias Sociales*, 3(5), 61-80.
- Gallegos Cázares, L., & Bonilla Pedroza, M. (2009). Las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la transformación de la práctica docente. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 0106-112.
- Genel, A., & Topçu, M. S. (2016). Turkish preservice science teachers' socioscientific issues-based teaching practices in middle school science classrooms. *ReseaRch in science & Technological educaTion*, 34(1), 105-123.
- González Rojas, H. (2012). Controversias sociocientíficas para fomentar el pensamiento crítico en docentes. En *III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 26, 27 y 28 de septiembre de 2012 La Plata, Argentina*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.
- Hodson, D. (2011). *Looking to the Future*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 911-970). Germany: Springer Netherlands.
- Hughes, G. (2000). Marginalization of socioscientific material in science–technology–society science curricula: Some implications for gender inclusivity and curriculum reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, (5), pp. 426-440.
- Lazarowitz, R., & Bloch, I. (2005). Awareness of societal issues among high school biology teachers teaching genetics. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5-6), 437-457.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in science teaching*, 29(4), 331-359.
- Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* (Vol. 7, No. 1, pp. 1-11). The Education University of Hong Kong, Department of Science and Environmental Studies.

- Lee, H., Abd-El-Khalick, F., & Choi, K. (2006). Korean science teachers' perceptions of the introduction of socio-scientific issues into the science curriculum. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 6(2), 97-117.
- Lee, H., & Witz, K. G. (2009). Science teachers' inspiration for teaching socio-scientific issues: Disconnection with reform efforts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 931-960.
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In *The nature of science in science education* (pp. 53-70). Dordrecht: Springer.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In *The nature of science in science education* (pp. 41-52). Dordrecht: Springer.
- Nielsen, J. A. (2013). Delusions about evidence: On why scientific evidence should not be the main concern in socioscientific decision making. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 373-385.
- Occelli, M., Garcia, L., Gardenal, C., & 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*.
- Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M. M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of science education*, 26(4), 411-423.
- Oulton, C., Day, V., Dillon, J., & Grace, M. (2004). Controversial issues-teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education. *Oxford Review of Education*, 30(4), 489-507.
- Pellegrini, P. A. (2013). *Transgénicos: ciencia, agricultura y controversias en la Argentina*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Pitpiorntapin, S., & Topcu, M. S. (2016). Teaching based on socioscientific issues in science classrooms: A review study. *KKU International Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(1), 119-136.
- Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., & Sadler, T. D. (2013). A framework for socio-scientific issues based education. *Science Educator*, 22(1), 26.
- Pujalte, A. P. (2014). Las imágenes de ciencia del profesorado: de la imagen discursiva a la enactiva (Tesis doctoral). Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.
- Rando, N. V. & Porro, S. (2016). Análisis de una asignatura para la educación CTS: Biología, Genética y Sociedad. *Indagatio Didactica*. 8 (1). 1427-1437.

- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: McGraw-Hill Education.
- Ravanal, E. M., & Quintanilla, M. G. (2010). Caracterización de las concepciones epistemológicas del profesorado de Biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 111-124.
- Reis, P. (2011). *Observação de aulas e avaliação do desempenho docente*. Lisboa, Ministério da Educação, Conselho Científico para a Avaliação de Professores. Recuperado de: <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4708/1/Observacao-de-aulas-e-avaliacao-do-desempenho-docente.pdf>
- Reis, P., & Galvão, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34(2), 153-171.
- Reis, P., & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 746-772.
- Reis, P., & Galvão, C. (2009). Teaching controversial socio-scientific issues in biology and geology classes: A case study. *Electronic Journal of Science Education*, 13(1).
- Rosenthal, D. B. (1989). Two approaches to science-technology-society (S-T-S) education. *Science education*, 73(5), 581-589.
- Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy. *Studies in Science Education*, 36, 1-42.
- Sadler, T. D., Amirshokoochi, A., Kazempour, M., & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (4), pp. 353-376.
- Solbes Matarredona, J. (2012). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(1), pp. 1-10.
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata.
- Stradling, R. (1984). The teaching of controversial issues: an evaluation. *Educational Review*, 36(2), 121-129.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* (Vol. 1). Barcelona: Paidós.
- Tidemand, S., & Nielsen, J. A. (2017). The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 39(1), 44-61.
- Tsai, C. C. (2002). Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International journal of science education*, 24(8), 771-783.
- Van Rooy, W. (1993). Teaching controversial issues in the secondary school science classroom. *Research in Science Education*, 23(1), 317-326.

Van Rooy, W. (1997). Controversial Issues and the Teaching of A-Level Biology: Possibilities and Problems (Tesis doctoral). Oxford, Oxford University. Recuperado de: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED434007.pdf>

Vázquez, A.; Manassero, M.A. y J.A. Acevedo (2006). An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results. *Science Education*, 90(4), pp. 681-706.

Vilouta Rando, N. & Pellegrini, P. A. (2018). El lugar de las controversias en las clases de Biología, Genética y Sociedad: dos estudios de caso. *REDES*, 24 (46), 105-134.

Zeidler, D. L., & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49.

Entrevistas

Beatriz (2013), profesora de Biología, 21 de Octubre.

Beatriz (2016), profesora de Biología, 01 de Junio.

Beatriz (2017), profesora de Biología, 24 de Mayo.