

EL LUGAR DE LAS CONTROVERSIAS EN LAS CLASES DE BIOLOGÍA, GENÉTICA Y SOCIEDAD: DOS ESTUDIOS DE CASO

*Nicolás Vilouta Rando** / *Pablo A. Pellegrini***

RESUMEN

El abordaje de controversias científicas en la enseñanza de las ciencias es considerado hoy en día un elemento clave para enseñar la naturaleza de la ciencia, capacitar en la toma de decisiones y contextualizar el contenido científico. Además, numerosos documentos curriculares resultados de la última reforma educativa argentina han remarcado la importancia del uso de controversias y debates para una correcta alfabetización científica. Producto de esta reforma es la materia Biología, Genética y Sociedad, de nivel secundario en la provincia de Buenos Aires, en la cual el análisis de controversias de relevancia social ocupa un lugar central.

El objetivo de este artículo es entender, a través de dos estudios de caso, cómo son comprendidas y enseñadas las controversias por los docentes de dicha materia. El análisis y la comparación de los dos casos muestran la influencia que tiene la imagen de ciencia de los profesores al conceptualizar las controversias. Las ideas positivistas dificultan entenderla como una actividad en cuyo seno se producen desacuerdos y conflictos. Al mismo tiempo, tanto las trayectorias profesionales de los docentes como la disponibilidad de bibliografía y materiales didácticos demuestran ser claves para el tratamiento de las controversias.

PALABRAS CLAVE: CONTROVERSIAS CIENTÍFICAS – ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS –
IMAGEN DE CIENCIA

* Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología (Universidad Nacional de Quilmes) / Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (Universidad Nacional de Quilmes) / Conicet. Correo electrónico: <viloutar@yahoo.com.ar>.

** Instituto de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología (Universidad Nacional de Quilmes) / Conicet. Correo electrónico: <ppellegrini@unq.edu.ar>.

INTRODUCCIÓN

A partir de distintos lemas, currículos e informes alrededor del mundo, en los últimos treinta años se ha coincidido en la necesidad de desplazar la educación científica desde una enseñanza puramente disciplinar de conceptos hacia una educación en ciencia y tecnología contextualizada que incluya aspectos sociales, políticos y metateóricos que logren generar una idea más acertada de qué son y cómo funcionan la ciencia y la tecnología, comprender cómo interactúan con la sociedad y así lograr una educación científica para la ciudadanía (Vázquez Alonso *et al.*, 2005). En este panorama, la discusión y el análisis de controversias científicas ocupan un lugar central en la enseñanza, ya que permitiría no solo comprender las implicaciones sociales de la ciencia y tecnología (Zeidler *et al.*, 2005), sino también contextualizar la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico (Hodson, 2014), promover una educación moral y en valores (Fowler *et al.*, 2009), mejorar el proceso de toma de decisiones informada (Ratcliffe y Grace, 2003) y desarrollar el pensamiento crítico (Solbes, 2013).

Teniendo en cuenta el importante rol que las controversias ocupan en la educación científica y los escasos estudios que existen sobre su tratamiento en las aulas de educación secundaria argentina, este trabajo busca analizar cómo son comprendidas por los docentes secundarios de ciencia y qué características particulares adoptan al ser llevadas al aula. Se decidió realizar esta caracterización en el contexto de la materia Biología, Genética y Sociedad, asignatura perteneciente al 6º año de las escuelas secundarias de la provincia de Buenos Aires con orientación en ciencias naturales, que comenzó a impartirse en el año 2012 y que 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. Al tiempo que eran sancionadas estas leyes, la Comisión Nacional para el Mejoramiento de las Ciencias Naturales y la Matemática realizó una serie de recomendaciones en la misma línea, entre las que se puede encontrar la necesidad de ofrecer una educación científica que logre interesar e involucrar al ciudadano en los discursos y debates sobre ciencias, debiendo sortearse los obstáculos de los contenidos científicos descontextualizados de su historicidad y aspectos sociales, como también una imagen estereotipada de la ciencia y los científicos, presente hasta ese momento en las materias de ciencias naturales (Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2007). En los documentos curriculares que la reforma propició, y que a su vez guiaron la construcción de la asignatura en estudio, existe un énfasis en que la enseñanza de las ciencias debe “acercarse a los problemas de actuali-

dad con relevancia social”, donde la ciencia “sea presentada en las aulas como una actividad científica que forma parte de la cultura y que se analice el dinamismo e impacto social de los temas de su agenda” (Consejo Federal de Educación, 2011).

Acorde a estos lineamientos, la asignatura Biología, Genética y Sociedad se propone, a través de la enseñanza de aspectos tanto disciplinares como metadisciplinares, tratar algunas de las principales controversias sociocientíficas contemporáneas relacionadas con la biología: a través de tres ejes temáticos, plantea el abordaje de los tratamientos terapéuticos con células madre, la discusión sobre determinismo y reduccionismo genético y la utilización de organismos genéticamente modificados (OGM) en la agricultura. A diferencia del análisis de otros documentos curriculares, donde el contenido metacientífico se encuentra marginalizado (Hughes, 2000), en el caso de esta materia se ha podido comprobar una importante presencia del mismo a lo largo de todo el diseño curricular (Rando y Porro, 2016), el cual propone que:

[...] la formación de los ciudadanos en el conocimiento y el análisis crítico de las principales problemáticas científico-tecnológicas contemporáneas, sus procesos de construcción y sus controversias, es uno de los requisitos fundamentales para posibilitar un mayor protagonismo de toda la sociedad en este campo, ampliando el marco de participación democrática (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2011, p. 83).

Debido a la propuesta explícita de la asignatura de encarar cuestiones controversiales y tratar distintos aspectos metacientíficos (Rando y Porro, 2016), la consideramos un epítome del espíritu de la última reforma educativa, y por este motivo nos parece de sumo interés indagar cómo las controversias son llevadas a clase por los profesores y qué imagen de ciencia es puesta en juego. Es así que, como parte de una investigación más amplia, el presente trabajo busca caracterizar, mediante dos estudios de caso de profesoras de la asignatura, la imagen de ciencia que poseen, su trayectoria profesional, su concepción de la asignatura, las controversias que abordan, qué aspectos consideran y qué lugar ocupan en sus clases.

A continuación, introduciremos el enfoque de controversias sociocientíficas (csc; en inglés, *Socioscientific Issues*), responsable de la creciente importancia otorgada a las controversias en los últimos años, para seguir con la frecuente marginalización que estas sufren en las aulas de ciencia. Luego abordaremos su relación con otra área de importante desarrollo en

la didáctica de las ciencias, encargada de sondear la imagen de ciencia de los docentes: la naturaleza de la ciencia. Finalmente, se procederá a presentar la metodología utilizada para el actual trabajo, los resultados que de ella se obtuvieron y la discusión de los mismos, para terminar con algunas conclusiones y sugerencias que podemos extraer de los estudios de caso analizados.

LAS CONTROVERSIAS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Durante los últimos años las controversias han atraído el interés de la didáctica de las ciencias (MacKenzie, 2005; Oulton *et al.*, 2004; Ratcliffe y Grace, 2003; Zeidler, 2014). A tal punto, que se han convertido en un objeto de estudio independiente, dando lugar al enfoque de csc. En los últimos veinte años, este enfoque produjo una importante cantidad de investigaciones que analizan estas problemáticas como contexto de enseñanza y abogan por una instrucción basada en ellas (Kolstø, 2001; Presley *et al.*, 2013; Ratcliffe y Grace, 2003; Sadler, 2011).

El enfoque de csc lleva el nombre de su objeto de estudio. Existe un acuerdo más o menos establecido en definirlas como aquellas problemáticas que tienen una base en la ciencia y comprenden frecuentemente conocimiento científico de frontera; involucran también la formación de opinión y la toma de decisiones a nivel personal y social; a menudo son difundidas por medios de comunicación que tienen sus propios intereses alrededor del tema; lidian con información incompleta y/o conflictiva; abarcan dimensiones locales, nacionales y globales; implican análisis del tipo costo-beneficio, donde el riesgo interactúa con los valores; sus resoluciones comprenden razonamientos éticos y morales (Ratcliffe y Grace, 2003). Suele hacerse también una distinción entre dos tipos distintos de controversias (Aikenhead, 2009; Hodson, 2014; Ratcliffe y Grace, 2003). Por un lado, las que involucran conocimiento científico que es aún objeto de disputa y de distintas interpretaciones entre los científicos especializados, como la discusión en torno a la potencialidad de las células madre somáticas y su utilidad en tratamientos terapéuticos. Es decir, aquellas que tienen que ver con lo que Delgado y Vallverdú i Segura (2007) llaman controversias internas a la propia ciencia. Por otro lado, podemos identificar las controversias en las que el conocimiento 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 econó-

micas suelen ser el principal objeto de disputa, como, por ejemplo, los debates éticos desarrollados en torno a la utilización de células madre embrionarias y al estatuto del embrión. En contraposición a las otras, podemos referirnos a ellas como controversias externas (Delgado y Vallverdú i Segura, 2007). Cabe aclarar que dicha clasificación es artificial y los límites entre ambos tipos suelen ser porosos (Delgado Carreira, 2009). De todos modos, esta forma de dividir las controversias nos será útil para analizar los resultados del presente trabajo y relacionarlos con la imagen de ciencia que poseen las profesoras estudiadas, ya que las controversias internas suelen ser menos reconocidas por los profesores (Van Rooy, 1997). Así, entre las mencionadas de modo más frecuente encontramos los límites éticos de la clonación, la utilización de los organismos genéticamente modificados, el uso clínico de células madre, la fertilización *in vitro*, la cuestión del determinismo genético, la disputa entre evolución y diseño inteligente y la utilización de animales para experimentos (Genel y Topçu, 2016; Lee y Witz, 2009; Oulton *et al.*, 2004; Reis y Galvão, 2004; Sadler *et al.*, 2006; Tidemand y Nielsen, 2016). Incluso durante la caracterización que hacen de la CSC sobre células madre –una cuestión en donde son reconocidas tanto las controversias internas como externas a la ciencia (Delgado Carreira, 2009)–, suelen definirla solo en función de las discusiones éticas y morales, sin mención de las discusiones entre científicos sobre la potencialidad de las células madre somáticas. De esta manera, los profesores prestan mayor atención a las discusiones desplegadas en el campo social, donde reconocen dilemas éticos, morales o sociales, mostrando mayor dificultad en señalar desacuerdos entre científicos.

Para poder considerar que un proceso de enseñanza está basado en controversias, Presley *et al.* (2013) identificaron una serie de requisitos a cumplir. En primer lugar, la controversia debe tener una presencia central en el desarrollo del currículo, alrededor de la cual se despliegue el resto de los contenidos. En segundo lugar, y relacionado con el punto anterior, debe ser presentada al inicio de la lección y no recién al final de modo anecdótico. El tercer requisito es que la controversia permita el desarrollo y puesta en práctica de procesos de pensamiento de orden superior, como la argumentación y la toma de decisiones. Finalmente, se debe dar la oportunidad de poner en práctica estos procesos de pensamiento a través de juegos de rol, discusiones, debates u otras actividades.

Si se quiere lograr que una instrucción basada en controversias sea llevada exitosamente a la práctica, cobra una importancia fundamental el papel del profesor. Este debe asumir un rol tal que evite una postura autoritaria, otorgue a los alumnos la oportunidad de participar y discutir los

distintos aspectos de la controversia y permita a la CSC ocupar un rol central (Presley *et al.*, 2013; Zeidler y Nichols, 2009). También necesitará estar familiarizado y poseer una comprensión en profundidad de la CSC que decide abordar en clase (Presley *et al.*, 2013).

MARGINALIZACIÓN DE LAS CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS EN EL AULA

Si bien la mayoría de los profesores valoran positivamente el abordaje de controversias (Bryce y Gray, 2004; Lee *et al.*, 2006; Lee y Witz, 2009; Reis y Galvão, 2009; Sadler *et al.*, 2006), la identificación e importancia dada a estas no siempre parecen reflejarse durante sus clases (Aikenhead, 2006; Reis y Galvão, 2004, 2009).

La marginalización de las controversias suele ser producto de distintas estrategias que los profesores despliegan –de manera consciente o inconsciente–, que tienen como consecuencia otorgarles un lugar y tiempo mínimo respecto de otros contenidos durante sus clases. Muchos docentes explican que no suelen incluir la discusión de controversias al realizar sus planificaciones curriculares, pero que no tienen problemas en tratarlas si alguna cuestión surge por mención de alguno de los alumnos, aprovechando para esto algún breve tiempo muerto de la clase o los minutos finales de una lección (Lazarowitz y Bloch, 2005; Reis y Galvão, 2004; Sadler *et al.*, 2006). Otros las abordan de modo efímero y superficial, dedicándoles apenas unos pocos minutos con algún comentario, pregunta retórica o bien proyectando una película (Lee *et al.*, 2006). Por otra parte, la administración del tiempo para las controversias también juega un papel fundamental. Como observa Hughes (2000), los momentos elegidos por los profesores para abordarlas son por lo general al final de los trimestres y poco tiempo antes o después de los recreos. De esta manera, el tiempo es mínimo, fragmentario y aislado del resto de los contenidos, lo que diluye su importancia. Incluso en casos donde los profesores deben planificar una clase que tenga como tema central una controversia, solo le son dedicados los últimos cinco o diez minutos de la lección, utilizados para discusiones poco formalizadas (Genel y Topçu, 2016). En cualquiera de estos casos, la mención a las controversias no pasa de lo meramente anecdótico, sin realizar actividades organizadas de discusión y argumentación al respecto, utilizando la mayor parte del tiempo para la enseñanza de contenidos disciplinares. De esta forma, y teniendo en cuenta los requisitos de Presley *et al.* (2013) men-

cionados antes, los mecanismos de marginalización utilizados por los profesores impiden la instrucción basada en controversias.

La falta de tiempo suficiente y de material didáctico pertinente y la excesiva cantidad de contenidos curriculares es una tríada cuya combinación ha sido profusamente mencionada por investigadores y docentes como una de las principales causas de marginación de las controversias (Bryce y Gray, 2004; Dos Santos y Mortimer, 2009; Duso y Hoffmann, 2016; Forbes y Davis, 2014; Genel y Topçu, 2016; Hughes, 2000; Lazarowitz y Bloch, 2005; Lee *et al.*, 2006; Lee y Witz, 2009; Oulton *et al.*, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2009; Sadler *et al.*, 2006; Tidemand y Nielsen, 2016; Van Rooy, 1997).

LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LAS CONTROVERSIAS

La naturaleza de la ciencia (NDC) es tanto un área de la didáctica de la ciencia como el objeto de conocimiento de dicha área, y podría definirse como “un conjunto de contenidos metacientíficos con valor para la educación científica” (Adúriz-Bravo, 2005). Estos contenidos se nutren de una serie de disciplinas metacientíficas, como la epistemología, la historia, la sociología y la psicología de la ciencia, por nombrar algunas. La importancia que ha cobrado el tratamiento de controversias ha resaltado la importancia de enseñar no ya solo conocimientos de ciencia, sino también conocimientos sobre ella que permitan la toma de decisiones en tales circunstancias (Ryder, 2001). Es así que la NDC pasa a estar en el foco de interés de la educación científica, por su capacidad para contestar a preguntas tales como qué es la ciencia, cómo se produce, qué características tiene, cómo es influenciada por la sociedad y cómo influye a esta.

Este interés, sumado a la difundida propuesta de que un adecuado conocimiento acerca de la NDC es condición necesaria –aunque no suficiente– para una mejor práctica profesional del profesorado (Hodson, 1993), ha convertido el estudio de la imagen de ciencia de los profesores en una de las principales líneas de investigación de esta área de la didáctica de la ciencia (Lederman, 1992). Entendemos como imagen de ciencia aquello que en un determinado tiempo y espacio las personas suelen pensar sobre ella, su rol, su *ethos*, sus problemas y sus fronteras (Elkana, 1974). Olivé (2004) señala que dicha imagen no siempre es la misma en toda la población, lo que lo hace distinguir tres distintas: la sostenida desde la filosofía de la ciencia y otras disciplinas metacientíficas –imagen filosófica–, la que los propios científicos tienen de la ciencia –imagen científica– y la que posee el público

general –imagen pública–. Si bien podríamos considerar la imagen de ciencia del profesorado como un cuarto integrante de esta lista, trabajos en el área de la NDC han señalado su gran parecido con la imagen pública (Pomeroy, 1993; Fernández *et al.*, 2002).

Entre los hallazgos de las investigaciones de la NDC en torno a la imagen de ciencia de los profesores, se han encontrado aspectos muy difundidos en esta población, entre los que se destacan la existencia de un método científico universal, la idea de que dicho método provee pruebas absolutas, la emergencia de conocimiento a partir exclusivamente de la evidencia acumulada y un proceso inductivo, la particular objetividad de los científicos, la aceptación directa del nuevo conocimiento científico, la ciencia como una actividad descontextualizada, ahistórica y avalorativa, y una visión acumulativa y lineal del cambio científico (Lederman, 1992; McComas, 1998; Fernández *et al.*, 2002). Este modo de entender la NDC ha llevado a considerar que los profesores poseen ideas sobre la ciencia que, sin llegar a tener la misma potencia y rigor conceptual, son cercanas al positivismo (Vázquez *et al.*, 2001; Adúriz-Bravo *et al.*, 2006).

No escapa a nuestro conocimiento que la identificación entre la NDC expresada por profesores y la corriente positivista ha sido señalada como producto de una “interpretación simplificada y distorsionada de las tesis defendidas por el Círculo de Viena y el empirismo lógico” (Diéguez Lucena, 2005). En defensa de esta posición, podemos señalar la que Gómez (2014) llama el ala izquierda del Círculo de Viena –Otto Neurath, Philipp Frank y Rudolf Carnap–, según la cual la ciencia debía servir a las necesidades de la sociedad –especialmente a través de la emancipación de la clase trabajadora–, los datos empíricos no eran suficientes para decidir sobre la validez de una hipótesis, y ante el enfrentamiento de varias hipótesis era posible y válido acudir a valores políticos y sociales para elegir cuál de ellas aceptar. Sin embargo, tampoco debemos ignorar que estas propuestas se invisibilizaron frente a la visión hegemónica de la concepción heredada. Esto explica en buena medida el derrotero que siguieron los integrantes del positivismo lógico. El desbande del Círculo de Viena –producto del clima cada vez más opresivo y de abierta persecución de la Alemania nazi– hizo que sus integrantes y otros grupos afines emigrasen a Inglaterra y Estados Unidos y prosiguieran allí sus labores. Si bien continuaron desarrollando y modificando de manera crítica sus teorías, a partir de la finalización de la Segunda Guerra Mundial la política anticomunista y las persecuciones –incluso sufridas en el ámbito académico– provocaron que la filosofía de la ciencia mutara y borrara de su programa los aspectos valorativos y extraepistémicos que hasta el momento muchos consideraban parte constitutiva de la labor

científica (Reisch, 2009). Producto de esto, la eliminación del programa político de la filosofía de la ciencia y la refinación de las cuestiones lógico-analíticas que aún quedaban en pie, la corriente del positivismo lógico se transformó en el movimiento que se conoce como concepción heredada, haciendo que la filosofía de la ciencia se deslizara “hacia las heladas laderas de la lógica” (Reisch, 2009). Es debido justamente a la trascendencia de esta imagen de ciencia radicalmente empírica, producto de una lógica pura, avalorativa y apolítica, como se hicieron posibles las críticas realizadas por Kuhn y Quine consideradas rupturistas (Reisch, 2009).

Es por esto que coincidimos con Chalmers (1982) y Adúriz-Bravo *et al.* (2006) en que el positivismo lógico puede ser considerado un intento de formalización de la imagen popular de ciencia y, por lo tanto, adecuado para realizar una representación teórica del conocimiento de profesores acerca de la ciencia.

Sin embargo, no son tantos los trabajos que suelen relacionar estas concepciones con la conceptualización de las controversias por parte de los docentes. A continuación, identificaremos los puntos de contacto entre ambas áreas.

Una posible explicación de la tendencia a ignorar las controversias internas, señalada en el segundo apartado, es que estas pueden entrar en conflicto con la NDC que suelen poseer los docentes. Es así que Bryce y Gray (2004) encuentran que aquellos profesores que no reconocían la existencia de controversias entre científicos poseían una concepción de la NDC en la que no había lugar para la subjetividad de los científicos y según la cual estos tenderían a poseer el mismo punto de vista cuanto más y mejor informados estuviesen.

Pero la influencia de la NDC de los profesores afecta de modo más general la conceptualización de controversias. Entre los entrevistados por Sadler *et al.* (2006), aquellos con una NDC que no consideraba los valores y la ética en la actividad científica coincidían en el rechazo a tratar controversias en las clases o, en caso de que estas surgieran, en limitarse a transmitir los “hechos”, sin involucrarse en las decisiones éticas y morales, lo que creían que no pertenecía a sus responsabilidades como profesores de ciencias. Una concepción de los científicos entendidos como personas especialmente egoístas y deshonestas lleva también a asociar las controversias exclusivamente con las consecuencias negativas de la ciencia (Lee *et al.*, 2006).

Muchas veces, los aspectos sociales de la ciencia se suelen sintetizar en aseveraciones que, aunque en principio de acuerdo con las propuestas del área de NDC, pueden terminar transmitiendo ideas deformadas debido a su falta de precisión (Allchin, 2004). Las ideas de que el conocimiento cien-

tífico es una construcción social y se fundamenta en el consenso, o bien que es de carácter tentativo, pueden llevar a la concepción de una ciencia cuyo conocimiento es completamente subjetivo y dependiente directamente de las relaciones de poder y decisiones políticas (Lee *et al.*, 2006; Hodson, 2014). De esta manera, los desacuerdos entre científicos pasan a entenderse como fruto de especulaciones sin ninguna base empírica, o como un reflejo directo de intereses sociales más amplios, donde las evidencias no poseen ningún valor. De igual manera, definiciones demasiado estilizadas que suelen utilizarse en documentos oficiales o en investigaciones de la didáctica de las ciencias –como “la ciencia es parte de una tradición social” o “la ciencia es afectada por su entorno social e histórico” (McComas y Olson, 1998)– pueden ser interpretadas de una manera tan amplia que lleven a pensar que todo contenido científico es también un contenido social y controversial (Tidemand y Nielsen, 2016).

Del mismo modo que una NDC simplista dificulta la utilización y consideración de controversias, una más sofisticada las facilita. Los profesores que entiendan la ciencia como una actividad humana, compleja, dinámica, con lugar para la subjetividad y los valores –y logren transponer estas concepciones a su práctica–, consiguen no solo introducir el tratamiento de controversias en las aulas, sino también abordarlas de un modo complejo, donde emergen distintas perspectivas para entender las problemáticas y se muestre que los especialistas no siempre están de acuerdo en la evaluación de la información (Reis y Galvão, 2004, 2009).

Como intento de ampliar las investigaciones que combinen las áreas de investigación anteriormente mencionadas y arrojen luz sobre la situación particular del tratamiento de controversias y su relación con la imagen de ciencia en Argentina, nos resulta de sumo interés indagar cómo las controversias presentadas por la materia Biología, Genética y Sociedad son llevadas a clase por los profesores de la materia y qué relación guardan con la imagen de ciencia sostenida por estos.

METODOLOGÍA

El presente trabajo, de carácter cualitativo, está basado en dos estudios de caso de docentes de 6º año de una escuela secundaria de la zona del Gran Buenos Aires, provincia de Buenos Aires. Es parte de una investigación más amplia en la que se aborda el caso de varios profesores. El nombre original de los docentes fue cambiado para preservar la privacidad.

La metodología utilizada consistió en la realización de entrevistas semiestructuradas a las docentes, donde se buscó indagar en sus trayectorias y *backgrounds* profesionales, la imagen que poseen acerca de la naturaleza de la ciencia, sus concepciones sobre la materia Biología, Genética y Sociedad, las controversias que identifican en la asignatura, y los factores que posibilitan y/o dificultan la inclusión de csc.

Por otra parte, también se recurrió a la observación y grabación de audio de las clases y al análisis de carpetas de varios alumnos, donde se buscó identificar las controversias tratadas, el modo en que se abordaban y el tiempo y espacio dedicados a las mismas, como así también contrastar las concepciones de la naturaleza de la ciencia y otras descripciones que los docentes hicieron durante la entrevista. La extrapolación o aplicación del resultado del presente trabajo a otros casos queda a cargo del lector.

RESULTADOS

Valeria

Valeria tiene 52 años y ejerce la docencia desde hace veinte. Comenzó el Profesorado en Ciencias Naturales apenas egresó de la secundaria, en un Instituto de Formación Docente y Técnica estatal, pero al poco tiempo abandonó los estudios. A mediados de la década de 1990 empezó a trabajar como preceptora en una escuela secundaria, hasta que en 1997, por sugerencia de sus colegas, decidió dar clases de Biología. Explica que allí, frente al aula, redescubrió su pasión por enseñar y decidió retomar el profesorado en el mismo instituto que había abandonado hacía quince años. En 2002 finalmente se recibió como profesora de Biología con trayecto en ciencias naturales.

Valeria dicta Biología, Genética y Sociedad desde el año 2012, cuando la materia comenzó a impartirse en los colegios de la provincia de Buenos Aires. Actualmente es profesora de la asignatura en dos escuelas del partido de Florencio Varela, donde también enseña Educación para la Salud, Ambiente y Sociedad y Biología de distintos años del secundario. En una de las escuelas ejerce el rol de coordinadora del área de Biología. También es docente en un profesorado de Biología, donde está a cargo de las materias Taller de Definición Informacional e Introducción a las Ciencias Naturales. Realizó numerosas capacitaciones y cursos de perfeccionamiento, entre ellos, el curso específico de Biología, Genética y Sociedad impartido por el Centro de Informaciones e Investigaciones Educativas (CIE) de

su región, organismo perteneciente al gobierno provincial, y un curso de capacitación en Biotecnología dictado por el programa Por qué biotecnología, de la ONG ArgenBio, encargada de difundir y promover la biotecnología en el país, y cuyo material didáctico Valeria utiliza profusamente en clase. En 2012 comenzó a cursar en modalidad virtual la Licenciatura en Enseñanza de la Biología del Centro de Altos Estudios en Ciencias Exactas (CAECE), de donde egresó en 2015.

Se describe como una profesora que ama su trabajo y no puede imaginarse trabajando de otra cosa. Se considera una docente que innova constantemente y a la que la estimula encontrar nuevas formas y miradas para abordar sus clases, ya que de otra forma se aburriría. Siempre trata de que sus alumnos descubran el placer de enamorarse de la ciencia. En cada tema que enseña dice querer mostrar la relación con problemáticas cotidianas, para así poder llevar el conocimiento al ámbito social, factor que considera fundamental para una alfabetización científica (Valeria, 2013).

Imagen de ciencia y tecnología

Valeria explica que sufrió un cambio radical en el modo de entender la ciencia y tecnología a partir de 2012, año en que realizó distintos cursos de capacitación, entre ellos el de Biología, Genética y Sociedad. Explica que estos cursos cuestionaron las ideas que tenía, producto de la enseñanza recibida en la escuela y en su formación profesional. Entendía la ciencia, usando sus palabras, como algo acabado y con verdades absolutas.

Gracias a los cursos y a la Licenciatura en Enseñanza de la Biología que comenzó aquel año, empezó a adoptar una nueva perspectiva, entendiendo la ciencia como algo cuyas respuestas no son eternas ni exactas, sino en constante cambio. Una ciencia construida socialmente por científicos que también son personas, influida por intereses económicos, sociales, políticos y éticos. En consonancia con esto, explica que la ciencia está en constante relación con la tecnología y la sociedad y que hay un “ir y venir” entre los tres ámbitos.

Valeria no solo percibe este “cambio de paradigma” –como lo define y en donde resuenan las ideas de Kuhn– en la forma de entender la ciencia, sino también en el modo de enseñarla y abordarla en clase.

Aprendo del alumno constantemente [...] yo creo que es un enriquecimiento mutuo el que tenemos [...] sentir que la ciencia no tiene verdades absolutas, está en el constante cambio, que uno también está en

el constante cambio, que uno puede transmitirle eso al alumno: vamos a pensarlo juntos, vamos a buscarlo juntos, vamos a investigarlo juntos (Valeria, 2013).

También afirma que la capacitación y la licenciatura le otorgaron nuevas herramientas para abordar las CSC, donde reconoce la existencia de desacuerdos incluso entre científicos. Encuentra la causa de estos no en la obtención de distintos datos durante la labor científica, sino más bien en el modo en que son interpretados, de acuerdo con la subjetividad y los intereses de cada científico.

Se supone que todos los datos, hechos variables, en el momento de discutirlos los tenés que saber. Mínimo. Después vas a darle tu subjetividad, o no, de la comprensión de ese hecho. Desde tu punto de vista, lo que fuera. Pero mínimo los datos los tienen que saber todos los científicos que están charlando sobre ese tema (Valeria, 2016b).

También reconoce que a veces el desacuerdo puede deberse a la presión e influencia de las empresas privadas o gobiernos. Para explicar el modo en que entiende la creación de consenso en la ciencia, recurre a la serie de televisión *Dr. House* y compara las discusiones entre científicos con las reuniones que el protagonista mantiene con su equipo de médicos para, mediante diagnóstico diferencial, identificar una enfermedad: “Como en *Dr. House*, donde hay una diferencia de opiniones, de criterios, de ideas, donde lo charlan y surge una idea a través de esa charla [...] yo creo que es así en la comunidad científica” (Valeria, 2016a).

La mirada de Valeria en torno a las controversias posee elementos comunes con el enfoque constructivista de la sociología de la ciencia, como puede verse en la existencia misma de desacuerdos, el origen de estos, y la importancia que otorga a las subjetividades. Pero la comparación con *Dr. House*, donde siempre es posible llegar a una solución del problema de una manera lógica y racional, sumado a la mención de la “comunidad científica”, hace que el enfoque constructivista se encuentre entremezclado con otras características más propias de la escuela sociológica de Merton y una mirada positivista. Esta tensión entre influencias y corrientes dispares, que volveremos a ver en el tratamiento de las controversias en el aula, es reforzada y se visibiliza en repetidas ocasiones cuando Valeria identifica a los científicos como personas excepcionalmente organizadas y cuyos resultados son obtenidos a través de un método científico, único y universal.

Concepción de la materia

Valeria muestra gran entusiasmo frente a la materia Biología, Genética y Sociedad, y dice estar encantada con su diseño curricular. Al leerlo por primera vez, la amplitud de los contenidos la apabullaba y frustraba, pero luego de la capacitación dejó de entenderlos como prescriptivos, y los vio como una ventana a temas distintos entre los que elegir, en base a sus propios intereses y los de sus alumnos. Explica que durante el curso les otorga la misma importancia y tiempo a los contenidos metacientíficos que a los disciplinarios, y que en todo momento trabaja ambos aspectos a la vez, ya que los considera indispensables para llegar a la alfabetización científica de los alumnos. Para esto, le resulta fundamental el tratamiento de las controversias, y destaca el intercambio de ideas, el saber argumentar y la puesta en común de opiniones. En ellas, sostiene, no solo debe ser tenido en cuenta el conocimiento en biología. De manera más general, también cree que el abordaje de las controversias puede brindar a los alumnos una manera organizada de construir conocimiento más allá de los contenidos específicos de la materia, y “que ellos puedan opinar, argumentar, tomar una postura, tomar decisiones en la vida”. El único reparo que hace de Biología, Genética y Sociedad es la falta de un libro de textos específico para la materia, lo que dificulta el abordaje de varios temas.

Identificación y tratamiento de las controversias sociocientíficas

Al consultarle por las controversias que cree que pueden abordarse en el transcurso de la materia, Valeria identifica la discusión en torno a la clonación reproductiva, el determinismo genético, la ingeniería genética y la agricultura.

Al referirse a las cuestiones relacionadas con el determinismo genético, menciona los casos históricos desarrollados en Estados Unidos y Alemania a principios y mediados del siglo xx. Explica que allí los científicos actuaron como parte interesada, buscando justificar la influencia determinante de la herencia en características de las personas como la pobreza, las adicciones o la inteligencia, y así apoyar políticas segregacionistas. También señala que puede verse cómo los valores y las ideologías de la época influyen en los científicos, así como los gobiernos al financiar determinadas líneas de investigación.

Esta controversia es llevada al aula por Valeria a partir de la lectura y distintas tareas en torno a un texto sobre genética y sociedad donde se relatan las políticas de segregación y esterilización implementadas en la primera

mitad del siglo XX por Estados Unidos y la Alemania nazi, y su legitimización a través de investigaciones científicas. A lo largo de las clases, Valeria pone especial énfasis en la relación entre ciencia y neutralidad. De sus explicaciones se deriva una ambigüedad en torno al tema, ya que en numerosas ocasiones hace referencia a la falta de neutralidad en dos sentidos distintos y no necesariamente excluyentes. Por un lado se refiere a la influencia de la ideología, los valores e intereses de los científicos, y la sociedad en general, en el modo de hacer ciencia y en el conocimiento producido.

Los científicos que investigan son personas, y están atravesados por valores morales, sociales, intereses socioeconómicos, un montón de cuestiones. Son personas normales que piensan y sienten igual que nosotros, y van a trabajar en favor o no de algo que piensen. Si en otras épocas se discriminaba, por ejemplo, a alguien alcohólico y se pensaba que el alcoholismo era heredable, seguramente el científico que estaba investigando también iba a seguir con el pensamiento de esa época (Observación de clase realizada el 15 de junio de 2016).

Por otro lado se refiere a cómo el Estado, las organizaciones sociales y las empresas, a través del financiamiento y las presiones políticas y sociales, pueden condicionar los objetos de investigación de la ciencia. Como ejemplo de esto da la investigación sobre la enfermedad de Chagas.

La ciencia no es neutra, siempre va a tender hacia un lugar [...] va a estar influida por las relaciones que hay entre la política, la economía... si es que el Estado, por ejemplo, pone dinero para que los científicos investiguen sobre tal temática. Supónganse que la comunidad científica [...] quisiera trabajar para erradicar el mal de Chagas. Si el Estado no promueve o no apoya económicamente, ¿cómo lo logaría? Sería muy difícil (Observación de clase realizada el 8 de junio de 2016).

Y también utiliza el ejemplo de los avances en genética forense gracias a la labor de las Abuelas de Plaza de Mayo.

Las madres exigieron tanto, tanto y tanto con la actividad científica, que de última terminaron buscando y hallando el índice de abuelidad, pero porque ellas iban y golpeaban puertas e insistían. Frente a una problemática lo que hacían ellas era intentar buscar de cualquier manera una solución. Y la encontraron. Pero siempre hay un interés (Observación de clase realizada el 8 de junio de 2016).

De esta manera, reconoce la ausencia de neutralidad, tanto dentro como fuera de la ciencia. Sin embargo, en otros momentos parece abandonar la primera concepción de neutralidad y solo adherir a la segunda, considerando la ciencia y a los científicos neutros e independientes de la sociedad, cuyo conocimiento es utilizado de mala o buena manera por otros:

Alumna: Porque la ciencia no es mala, pero en su parte tiene la contra, porque no es bueno el tema de discriminar y esas cosas.

Valeria: En realidad, siempre está dependiendo de quién la usa, ¿no? Todo está, como quien dice, desde el punto de vista de quien mire (Observación de clase realizada el 15 de junio de 2016).

La falta de debate en torno a la controversia es explicada por la profesora por la falta de interés de los alumnos y por el escaso tiempo para cubrir todos los temas del diseño curricular. El tiempo dedicado a la controversia fue escaso en comparación con otros temas –se trató durante dos de las veinte clases que ocupó el eje–, y su abordaje fue pospuesto para el final sin relacionarlo con los contenidos disciplinares, funcionando, en palabras de Valeria, como “la frutilla del postre”.

Durante las entrevistas, al hablar de clonación reproductiva, Valeria menciona el caso del médico Severino Antinori, médico italiano que anunció en 2002 el inminente nacimiento de un ser humano que supuestamente había clonado, anuncio que, sin el apoyo de pruebas ni publicaciones científicas, al poco tiempo cayó en el descrédito de la mayoría de sus colegas. En dicho caso, la profesora encuentra la posibilidad de discutir cuestiones éticas y legales relacionadas con la clonación, como también de abordar el funcionamiento y la dinámica social de la ciencia. Si bien este tipo de casos posee importante incidencia en torno a la controversia en el uso de células madre, Valeria no menciona relación alguna entre ambos temas. De hecho, no reconoce controversia alguna en aquel ámbito de investigación. Tal es así, que durante las clases son mencionadas las aplicaciones potenciales de las células madre, pero sin problematizarlas ni discutir las legislaciones referentes al tema, como propone el diseño curricular. De esta manera, la temática es abordada y entendida por Valeria de manera aproblemática, con una visión de la ciencia implícitamente lineal y triunfalista, en cuyo campo “hay un avance enorme” y se “está avanzando de manera exponencial”. En cuanto a la clonación, el caso de Antinori nunca es sugerido por la profesora durante las clases, en las cuales se limita a tratar contenidos disciplinares, sin mención de problemática alguna. Para el final del eje, encarga a los alumnos una monografía que trate sobre los aspectos jurídicos, sociales,

filosóficos y éticos de la clonación, pero el trabajo nunca es discutido en clase y la profesora se limita a corregirlo sin dar ningún tipo de devolución. La falta de tiempo y el poco interés por parte de los alumnos son los motivos, según Valeria, por los cuales no se profundiza esta temática.

En cuanto a la ingeniería genética, Valeria aborda durante las últimas clases el caso referido por ella como “caso Azul”, un incidente ocurrido a mediados de la década de 1980 durante una investigación que el Instituto Wistar, de Estados Unidos, llevó a cabo en la localidad bonaerense de Azul de manera secreta y sin protocolo de seguridad. Durante la misma, el instituto biomédico testeó en el ganado bovino una nueva vacuna contra la rabia. Al difundirse lo sucedido a través de un investigador argentino que trabajaba en Wistar, se generó un escándalo que hizo que el gobierno prohibiera la investigación y sacrificara las vacas (Martínez, 2003). Valeria señala durante las entrevistas el interés del Instituto Wistar por realizar su investigación en un lugar cuya regulación –o falta de ella– se lo permitiera. También menciona como actores a las autoridades provinciales y locales, que, según su opinión, habían sido sobornadas para la realización del experimento. Resalta los dilemas éticos del experimento, hecho con total desconocimiento por parte de los sujetos involucrados, encargados de ordeñar las vacas infectadas, y explica que el caso muestra la importancia de la regulación en bioseguridad –o falta de ella– y la necesidad de que las leyes cambien con el avance de la tecnología. Sin embargo, durante las clases observadas, si bien se buscó el desarrollo de un debate, este se limitó a comentarios de indignación por la inmoralidad de los experimentos. Valeria quedó satisfecha con dichos intercambios y no buscó problematizar o profundizar la discusión. Si bien más tarde se realizó una tarea escrita donde los alumnos lograron identificar a los distintos actores e intereses de la controversia y destacar la importancia de las regulaciones bioéticas, no fue utilizada por ellos ni por la profesora para tomar una decisión respecto de la problemática planteada por el caso.

Esto recuerda resultados como los de Bell y Lederman (2003) o Zeidler *et al.* (2002), donde las opiniones personales y los factores morales son más importantes a la hora de argumentar que los conocimientos sobre aspectos metacientíficos. Como señalan Walker y Sadler (2007), no alcanza solo con comprender estos aspectos para que automáticamente se utilicen durante las argumentaciones, sino que es necesario enseñar a los alumnos a usarlos de manera activa frente a las CSC.

Valeria también identifica una controversia en torno al cultivo de soja transgénica. Entre los problemas en discusión, señala el peligro del monocultivo impulsado por el alto rendimiento de la soja transgénica, las conse-

cuencias que trae para la economía, su impacto en el medio ambiente y el abuso de agroquímicos con la consecuente contaminación de poblaciones cercanas. Distingue como actores a los agricultores y las empresas biotecnológicas, motivados por intereses económicos, y a los habitantes cercanos a los campos de cultivo, enfrentados a aquellos, que son perjudicados por el abuso de la fumigación de agroquímicos. Otro actor que vuelve a surgir son las autoridades gubernamentales, descritas nuevamente como recibiendo sobornos y ocultando datos e investigaciones desfavorables, aludiendo específicamente a la toxicidad del RoundUp. También menciona a los medios de comunicación como actores clave que distorsionan la información, si bien no puede explicar qué posturas toman ni a qué intereses responden.

Respecto de las controversias internas al ámbito científico, al contrario de lo planteado por el diseño curricular (Rando y Porro, 2016), Valeria manifiesta que no cree que haya discusiones en torno a los organismos genéticamente modificados, como la posibilidad de contaminaciones horizontales, generación de alergias u otros peligros como consecuencia de la transgénesis; más bien cree que “eso es algo que está en el ideario de la mayoría de la gente [...] es como que perciben que lo transgénico es malo” (Valeria, 2016b). Durante las clases no menciona desacuerdo o conflicto alguno en torno a la biotecnología agropecuaria. Al igual que al abordar la cuestión de células madre, describe solo los avances logrados en las últimas décadas y las aplicaciones beneficiosas producto de sus investigaciones. Este contraste entre lo expresado durante la entrevista y lo desarrollado frente al aula puede ser explicado si recurrimos al material didáctico con el que cuenta, tanto el utilizado como el no utilizado. El único material utilizado durante la cursada, acompañado de una lista de preguntas para responder, proviene del programa educativo *Por qué Biotecnología*. Dado que dicho programa es iniciativa de ArgenBio, ONG financiada por las principales empresas biotecnológicas nacionales e internacionales y encargada de la divulgación y el desarrollo de la biotecnología, es comprensible que su material busque transmitir una imagen de la ciencia y tecnología aséptica, optimista y no conflictiva, y alejar del ámbito de la enseñanza el abordaje de las CSC. En cambio, entre el material didáctico con el que Valeria contaba pero no utilizó durante el año de observaciones se encontraban varios videos documentales y numerosos textos que daban cuenta de distintas perspectivas y visibilizaban algunos conflictos en torno a la actividad agropecuaria, como el agotamiento de la tierra, los riesgos de contaminación horizontal mediante transgenes o los efectos nocivos de los pesticidas. De hecho, durante la entrevista Valeria contó que el año anterior sí había usa-

do ese material, gracias al cual pudo visibilizar y discutir la controversia en torno al cultivo de soja. Los motivos por los que ahora no lo utilizaba eran la falta de tiempo y la imposibilidad de hacer uso de la sala audiovisual del colegio. Creemos que esto manifiesta el fuerte condicionamiento que el material didáctico utilizado y su disponibilidad y matización por parte de los docentes tienen en la presencia y abordaje de csc.

Carolina

Carolina tiene 33 años y trabaja en la escuela secundaria desde hace once, cuando se recibió como profesora en Ciencias Naturales con orientación en Biología, luego de cinco años de estudio en el Instituto Superior de Formación Docente y Técnica N° 24 del partido de Quilmes. Está a cargo de la materia Biología, Genética y Sociedad de manera ininterrumpida desde 2012 en la misma escuela de Florencio Varela en la que Valeria dicta la materia. Además, trabaja en otros colegios del partido, donde tiene a su cargo Biología de 4º y 5º año y Salud y Adolescencia de 4º año (Carolina, 2016a).

A pesar de expresar que la materia necesita una actualización constante por parte del docente para estar al tanto de las últimas novedades en torno a los contenidos disciplinares, no realizó la capacitación específica y manifiesta no tener interés alguno en hacerla. Tampoco identifica entre los cursos realizados alguno que le haya servido especialmente para impartir la materia, ni cuenta con carreras o especializaciones complementarias al profesorado. Explica que el tiempo que le demanda su trabajo como profesora y los problemas domésticos le impiden dedicar más tiempo a la capacitación docente (2016a).

Imagen de ciencia y tecnología

Carolina entiende la ciencia como algo complejo, difícil de definir debido a su amplitud y multiplicidad de características. Pero entre estas decide tomar dos con las cuales describirla: su metodología y su conocimiento. Al intentar explicar qué es la ciencia, expresa que consiste en *el* método científico. También la identifica con un conjunto de conocimientos que “no son algo acabado, es algo que va en constante crecimiento, evolucionando, algo que va cambiando” y donde coexisten distintos puntos de vista (Carolina, 2016c). Como con Valeria, parece existir aquí también una ten-

sión entre imágenes de ciencia muy dispares, ya que puede vislumbrarse una postura cercana al empirio-positivismo, haciendo referencia a un único método, que luego se ve matizada a partir de una referencia epistemológica más cercana a la nueva filosofía de la ciencia, donde se habilita la posibilidad de distintas opiniones o perspectivas en torno al objeto de estudio y cambios en los conocimientos derivados de este.

Concepción de la materia

Al igual que Valeria, antes de realizar la capacitación específica, Carolina valora de manera negativa la amplitud de contenidos de la materia. Pero, mientras la primera cambió su perspectiva y entiende actualmente dicha amplitud como fortaleza y oportunidad de elegir entre los temas que más interés susciten entre los alumnos, Carolina continúa entendiendo esta característica como algo malo, que provoca que la materia “se desvirtúe para varios lados” (Carolina, 2016a).

No parece entender el diseño curricular de la manera flexible con que lo hace Valeria. Al preguntarle sobre los cambios que haría en él, su respuesta es que ninguno, ya que hay demasiados contenidos como para agregar nuevos. Pero tampoco le quitaría temas, porque “ya está programado así, rediseñado” (Carolina, 2016b). A pesar de sus declaraciones, en sus clases puede observarse que sí lo modifica, al elegir qué temas dará y cuáles no frente a la escasez de tiempo, un problema constantemente señalado durante toda la entrevista. Por ejemplo, los contenidos relacionados con la temática de células madre, propuestos por el diseño para el segundo trimestre, son obviados, tratando solamente lo relacionado con genética, técnicas de clonación y algunas aplicaciones de la ingeniería genética moderna en la agricultura. No solo hace una selección de los contenidos del diseño curricular, sino que propone y aborda durante buena parte de la primera etapa del año la cuestión de la evolución biológica –nueve de las veinte clases del primer eje–, tema que ni siquiera está propuesto en el programa. Esto es explicado por Carolina como una forma de introducir a los alumnos en el concepto de gen. Pero tanto en las clases como en las carpetas de los alumnos, el desarrollo del tema nunca es vinculado a los contenidos del programa, más bien se mantiene aislado y no se vuelve a mencionar durante el resto del año. Carolina explica que “La materia es Biología. Bueno, ¿qué podemos ver de Biología? Empecemos un poco de repaso, de ideas, de ahí salen genes, caracteres adquiridos que son heredables, entonces ahí lo engancho con Darwin, Lamarck y todo eso” (Carolina, 2016c).

La digresión en los temas enseñados puede hallar una explicación en la manera que tiene la profesora de hacer referencia a la materia, nombrándola simplemente como “Biología”. Lejos de ser solo una forma de abreviar el título más largo de Biología, Genética y Sociedad, podemos considerar esto como un modo de reinterpretarla. La escasez de contenidos desarrollados sobre genética y la ausencia de desarrollo de problemáticas sociales durante las clases parecen confirmar la hipótesis. Esto puede deberse al rechazo y la dificultad mencionados por ella de los temas y contenidos propuestos relacionados con cuestiones sociocientíficas, evidenciando su dificultad para realizar un abordaje más allá del área disciplinar en la que fue formada. Incluso dentro de su área de formación encuentra importantes dificultades para abordar algunos conceptos de la materia, ya que los considera “poco tangibles” para los alumnos, mencionando como ejemplos las ideas de gen, clonación o célula (Carolina, 2016a).

Identificación y tratamiento de las controversias sociocientíficas

Al ser consultada, Carolina no ignora la gran cantidad de contenidos presentes en la materia relacionados tanto con problemáticas sociocientíficas como con cuestiones metacientíficas, pero explica que no son abordados en profundidad debido a la falta de tiempo y de interés de los alumnos. La escasez de bibliografía disponible y la ausencia de un libro de textos específico sobre la materia son también mencionados como obstáculos para abordar no solo controversias, sino también contenidos de genética (Carolina, 2016b). A esto se suma su declarado desinterés en el abordaje de las controversias a través de discusiones u otras actividades grupales, quedando omitidas, a menos que los alumnos mencionen problemáticas específicas y/o muestren interés en estas: “Si ellos preguntan o están interesados, vemos cómo se puede seguir, pero si no, no” (Carolina, 2016c). Carolina no otorga un rol muy importante a los intercambios y debates que puedan surgir en torno a las temáticas tratadas, sino que valora más, como actividades en el aula, la realización de cuadros comparativos, mapas conceptuales y resúmenes de conceptos e ideas. La falta de debates puede explicarse en parte debido a su reticencia a dividir la clase en grupos. En su lugar, prefiere que cada alumno trabaje de modo individual –o, a lo sumo, con su compañero de banco– en la realización de tareas escritas: “Con grupos no trabajo, trabajo con que hagan trabajos con el compañero. No me pongo a hacer grupo o esas cosas” (Carolina, 2016c).

Durante las entrevistas, menciona dos CSC: la discusión en torno a la teoría sintética de la evolución y el uso de organismos genéticamente modificados en la agricultura. En el primer caso, entiende que es una discusión por fuera del ámbito científico, que involucra las creencias personales de cada individuo, y donde intervienen como actores la Iglesia y otras instituciones religiosas. Debido a esto, explica que no se siente cómoda abordando la discusión, a pesar de que surge continuamente en el aula (Carolina, 2016c). Durante las clases puede observarse cómo es cuestionada respecto de la veracidad de la teoría sintética de la evolución, surgiendo como alternativa por parte de los alumnos explicaciones de índole religiosa, como el creacionismo o el diseño inteligente. A pesar de ser una ocasión para tratar una controversia de tipo externa y también abordar aspectos de la naturaleza de la ciencia, caracterizando las explicaciones de tipo científico y diferenciándolas de las de otro tipo, como las religiosas, Carolina prefiere evitar la discusión de estas dudas o cuestionamientos. Parece entender cualquier intento de explicación de su parte como una agresión a las creencias religiosas de sus alumnos, por lo que decide pasar por alto el tema, actitud observada en otras investigaciones en torno a la enseñanza de la evolución (Soto-Sonera, 2006; Jalil, 2009). Es interesante también señalar el tratamiento que recibe la teoría sintética de la evolución, basado en la idea de un progreso lineal y sin disputas. Si bien se presentan concepciones alternativas a la teoría propuesta por Charles Darwin, nunca son puestas en contraste, ni se menciona la larga controversia que la teoría de la selección natural tuvo que enfrentar hasta ser ampliamente aceptada varias décadas después. Más bien, el cambio hacia la nueva teoría es presentado como algo natural, espontáneo y libre de toda ideología, sin fricciones ni mención a las creencias religiosas y finalistas que dificultaron la aceptación de las ideas de Darwin (Mayr, 1992).

Durante el segundo eje de la materia, dedicado a células madre y clonación, Carolina se limita a abordar los contenidos relacionados con este último tema, obviando el primero. Luego de enseñar técnicas de clonación animal y explicar el caso específico de la oveja Dolly, a modo de cierre habla sobre los cuestionamientos éticos a la clonación reproductiva y escribe un listado de estos en el pizarrón. La clase se limita al copiado de estos puntos por parte de los alumnos y a una explicación expositiva. De esta forma, se muestra la cuestión de una manera no problemática, donde existe un amplio consenso, dificultando el abordaje de cuestiones controversiales y discusiones, como suscitaron los casos fraudulentos de Severino Antinori –mencionado por Valeria– y Hwang Woo-suk. Aunque el diseño curricular también sugiere la mención y discusión de la clonación terapéutica, discu-

sión fértil en controversias en torno al uso de células madre, el tema no es siquiera mencionada por Carolina.

En cuanto al último eje, no logra dar ninguno de sus temas, para los cuales tenía –explicó en la entrevista– una serie de materiales que abordaban las discusiones en torno a los organismos genéticamente modificados en la agricultura, tema en torno al cual dijo reconocer controversias, especialmente respecto del papel de la empresa Monsanto. Sin embargo, al ser consultada no logró identificar ningún otro actor que participe en ellas ni pudo dar más detalles al respecto. Carolina aduce falta de tiempo debida a los paros de profesores y a su propia ausencia por licencias médicas como principal motivo por el cual no pudo desarrollar los temas del último eje.

CONCLUSIONES

Los análisis de casos permitieron mostrar que, a pesar de que las controversias ocupan un lugar importante en el diseño curricular de Biología, Genética y Sociedad (Rando y Porro, 2016), dicha presencia disminuye en el dictado de la materia en las aulas. La marginalización de estas cuestiones durante las clases observadas coincide con lo manifestado por investigaciones similares (Hughes, 2000; Lazarowitz y Bloch, 2005; Reis y Galvão, 2004; Lee *et al.*, 2006; Sadler *et al.*, 2006; Genel y Topçu, 2016). Al intentar explicar estas marginalizaciones, las docentes esgrimen argumentos similares y largamente documentados en otros estudios (Bryce y Gray, 2004; Dos Santos y Mortimer, 2009; Duso y Hoffmann, 2016; Forbes y Davis, 2014; Genel y Topçu, 2016; Hughes, 2000; Lazarowitz y Bloch, 2005; Lee *et al.*, 2006; Lee y Witz, 2009; Oulton *et al.*, 2004; Reis y Galvão, 2004, 2009; Sadler *et al.*, 2006; Tidemand y Nielsen, 2016; Van Rooy, 1997), como la escasez de tiempo, la presión por cubrir todos los contenidos, el poco interés de los alumnos por los temas tratados y la falta de libros de textos específicos de la materia.

Sin embargo, la marginalización no es igual en los dos casos estudiados. Valeria identifica controversias para dos de los tres ejes y las aborda, aunque marginalizadas, durante sus clases. Mientras que Carolina no da pie siquiera a tratarlas e incluso las evita si llegan a ser planteadas por sus alumnos. También es valioso destacar que, durante las entrevistas, en el primer caso la identificación y descripción de controversias específicas es mucho más rica y detallada que en el segundo, lo que puede explicar en cierto modo la diferencia señalada en el tratamiento en clase.

La mayor o menor inclusión de las controversias, al igual que el modo en que estas son entendidas por ambas docentes, puede explicarse a través de la imagen de ciencia que cada una de ellas posee, como también gracias a sus trayectorias profesionales y la escasa bibliografía sobre las temáticas. En el caso en que se observó una mayor inclusión de controversias y cuestiones sociocientíficas, la docente contaba con veinte años de experiencia y una profusa y continua capacitación pertinente a la materia, donde se destacan la realización de una licenciatura en enseñanza de la biología, la capacitación específica otorgada por el gobierno provincial, y un curso dictado por la ONG ArgenBio, todas fuentes también de material didáctico. En el otro caso, donde las controversias estaban prácticamente ausentes en clase, la profesora contaba con la mitad de experiencia docente –once años– y no poseía la capacitación específica ni otras relacionadas, como tampoco otros títulos de grado aparte del profesorado.

Un punto donde ambas docentes coinciden es que, de todas las controversias mencionadas en las entrevistas o utilizadas en el aula, ninguna era de carácter interno, acorde a lo ya señalado por otros autores (Genel y Topçu, 2016; Lee y Witz, 2009; Oulton *et al.*, 2004; Reis y Galvão, 2004; Sadler *et al.*, 2006; Tidemand y Nielsen, 2016). Esto podría explicarse por la imagen de ciencia que comparten. Si bien Valeria dice reconocer la existencia de desacuerdos entre científicos, en el discurso de ambas encontramos una tensión entre una mirada constructivista y una más cercana al positivismo, visibilizada especialmente en la mención al método científico –en singular–. Esta creencia dificulta considerar posible el surgimiento de desacuerdos en el interior de una práctica guiada por una serie de pasos pautados y universales. Esta relación entre método científico y controversias ha sido señalada en otros estudios de caso (Domènec Calvet y Márquez Bargalló, 2014).

En ambos casos podemos observar cómo el tipo de material didáctico disponible y utilizado o su falta son importantes condicionantes del modo de desarrollar las clases, tratar la imagen de ciencia y abordar o no controversias. Aquí no solo interviene la voluntad de los docentes para tratar estos temas, sino también la de los autores del material didáctico disponible y sus intereses, como vemos en el caso del material utilizado por Valeria proveniente del programa educativo de ArgenBio. Una situación muy similar relata Gaskell (1982) en Gran Bretaña, en la que una empresa energética creaba y repartía de manera gratuita en las escuelas materiales curriculares sobre la temática energía –un contenido curricular básico– en donde se excluía toda discusión sobre energía nuclear.

A través de los estudios de caso descritos, y teniendo presentes las limitaciones que dicha metodología conlleva en la extrapolación de los resultados, podemos decir que las controversias sociocientíficas no tienen un lugar asegurado en las aulas de Biología, Genética y Sociedad. Su presencia y rol central en el diseño curricular no garantizan su abordaje por parte de los docentes. Los mismos pueden evitar su tratamiento, o bien dedicarles un tiempo y lugar marginales. Sin embargo, creemos que se puede mejorar sensiblemente la inclusión de estas, como muestra la comparación de ambos casos, a través de: una formación continua que acerque a los docentes una imagen de ciencia más actualizada, alejada de los preceptos empírico-positivistas; 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; y la producción y distribución de material didáctico adecuado, que en ambos casos se echa en falta, especialmente la existencia de un libro de textos específico.

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2005), “¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores deficiencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica”, *Tecné, Episteme y Didaxis*, N° Extra, pp. 23-33.
- Adúriz-Bravo, A., I. Salazar, N. Mena y E. Badillo (2006), “La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: aportaciones del positivismo lógico”, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 1, N° 1, pp. 6-23.
- Aikenhead, G. S. (2006), *Science education for everyday life: Evidence-based practice*, Nueva York, Teachers College Press.
- (2009), “Research into STS science education”, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 9, N° 1. Disponible en <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2204/1604>>.
- Allchin, D. (2004), “Should the sociology of science be rated X?”, *Science Education*, vol. 88, N° 6, pp. 934-946.
- Bell, R. L. y N. G. Lederman (2003), “Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues”, *Science Education*, vol. 87, N° 3, pp. 352-377.
- Bryce, T. y D. Gray (2004), “Tough acts to follow: the challenges to science teachers presented by biotechnological progress”, *International Journal of Science Education*, vol. 26, N° 6, pp. 717-733.

- Chalmers, A. (1982), *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estudio de la ciencia y sus métodos*, México, Siglo XXI.
- Consejo Federal de Educación (2011), *Marcos de referencia. Bachiller en Ciencias Naturales*, Buenos Aires, Consejo Federal de Educación. Disponible en <<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/normas/15198>>.
- Delgado, M. y J. Vallverdú i Segura (2007), “Valores en controversias: la investigación con células madre”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 3, N° 9, pp. 9-31.
- Delgado Carreira, M. (2009), *La Investigación con células madre: análisis multifactorial de una controversia*, Tesis doctoral, Departamento de Filosofía, Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en <<https://www.tdx.cat/handle/10803/32158>>.
- Diéguez Lucena, A. (2005), *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- Domènec Calvet, Ana María y Conxita Márquez Bargalló, “¿Cómo justificar 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*, Universidad de Cádiz, 2014.
- Dos Santos W. L. P. y E. F. Mortimer (2016), “Abordagem de aspectos socio-científicos em aulas de ciências: possibilidades e limitações”, *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 14, N° 2, pp. 191-218.
- Duso, L., y M. B. Hoffmann (2016), “Discutiendo controversias socio científicas en la enseñanza de ciencias por medio de una actividad lúdica”, *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, vol. 19, N° 2, pp. 185-193. Disponible en <<http://revistas.um.es/reifop/article/view/254761/193621>>.
- Elkana, Y. (1974), “Scientific and metaphysical problems: Euler and Kant”, en Cohen R. S. y M. W. Wartofsky (eds.), *Methodological and historical essays in the natural and social sciences*, Dordrecht, Reidel, pp. 277-305.
- Fernández, I. et al. (2002), “Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza”, *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, vol. 20, N° 3, pp. 477-488.
- Forbes C. T., y E. A. Davis (2008), “Exploring preservice elementary teachers’ critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socio-scientific issues”, *Science & Education*, vol. 17, N° 8-9, pp. 829-854.
- Fowler S. R., D. L. Zeidler y T. D. Sadler (2009), “Moral sensitivity in the context of socioscientific issues in high school science students”, *International Journal of Science Education*, vol. 31, N° 2, pp. 279-296.
- Gaskell, P. J. (1982), “Science Education for Citizens: Perspectives and Issues I. Science, Technology and Society: Issues for Science Teachers”, *Studies in Science Education*, vol. 9, N° 1, pp. 33-46.

- Genel, A. y M. S. Topçu (2016), “Turkish preservice science teachers’ socio-scientific issues-based teaching practices in middle school science classrooms”, *Research in Science & Technological Education*, vol. 34, N° 1, pp. 105-123.
- Gómez, R. J. (2014), *La dimensión valorativa de las ciencias. Hacia una filosofía política*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.
- Hodson, D. (1993), “Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children’s understanding of science: Some preliminary findings”, *Interchange*, vol. 24, N° 1-2, pp. 41-52.
- (2014), “Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases”, en Matthews, M. M. (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy And Science Teaching. Volume I*, Dordrecht, Springer, pp. 911-970.
- Hughes, G. (2000), “Marginalization of socio-scientific material in science-technology-society science curricula: Some implications for gender inclusivity and curriculum reform”, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 37, N° 5, pp. 426-440.
- Jalil, A. M. (2009), “El debate creacionismo-evolución en profesores de Biología y al interior de las clases de una escuela confesional”, *Revista de Educación en Biología*, vol. 12, N° 2, pp. 61-63.
- Kolstø, S. D. (2001), “Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues”, *Science Education*, vol. 85, N° 3, pp. 291-310.
- Lazarowitz, R. e I. Bloch (2005), “Awareness of societal issues among high school biology teachers teaching genetics”, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 14, N° 5, pp. 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*, vol. 29, N° 4, pp. 331-359.
- Lee, H., F. Abd-El-Khalick y K. Choi (2006), “Korean science teachers’ perceptions of the introduction of socio-scientific issues into the science curriculum”, *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, vol. 6, N° 2, pp. 97-117.
- Lee, H. y K. G. Witz (2009), “Science teachers’ inspiration for teaching socio-scientific issues: Disconnection with reform efforts”, *International Journal of Science Education*, vol. 31, N° 7, pp. 931-960.
- MacKenzie, A. H. (2005), “Ruffling the feathers of controversy in the biology classroom”, *The American Biology Teacher*, vol. 67, N° 7, pp. 389-390.
- Martínez, S. M. (2003), “Aprendiendo de un incidente olvidado: el episodio de Azul”, *Revista Médica de Rosario*, vol. 69, N° 3, pp. 12-17.

- Mayr, E. (1992), *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*, Barcelona, Crítica.
- McComas, W. F. (1998), "The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths", en McComas, W. F. (ed.), *The nature of science in science education. Rationales and Strategies*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishing, pp. 53-70.
- y J. K. Olson (1998), "The nature of science in international science education standards documents", en McComas, W. F. (ed.), *The nature of science in science education. Rationales and Strategies*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishing, pp. 41-52
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (2007), *Mejoramiento de la enseñanza de las ciencias y la matemática: una prioridad nacional*, Buenos Aires, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
- Olivé, L. (2004), *El bien, el mal y la razón: facetas de la ciencia y de la tecnología*, México, Paidós.
- Oulton, C., V. Day, J. Dillon y M. Grace (2004), "Controversial issues-teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education", *Oxford Review of Education*, vol. 30, N° 4, pp. 489-507.
- Oulton, C., J. Dillon y M. Grace (2004), "Reconceptualizing the teaching of controversial issues", *International Journal of Science Education*, vol. 26, N° 4, pp. 411-423.
- Pomeroy, D. (1993), "Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers", *Science Education*, vol. 77, N° 3, pp. 261-278.
- Presley, M. L. et al. (2013), "A framework for socio-scientific issues based education", *Science Educator*, vol. 22, N° 1, pp. 26-32.
- Rando, N. V. y S. Porro (2016), "Análisis de una asignatura para la educación CTS: Biología, Genética y Sociedad", *Indagatio Didactica*, vol. 8, N° 1, pp. 1426-1437.
- Ratcliffe, M. y M. Grace (2003), *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*, Maidenhead, McGraw-Hill.
- Reis, P. y C. Galvão (2004), "The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers' conceptions and practices", *Research in Science Education*, vol. 34, N° 2, pp. 153-171.
- (2009), "Teaching controversial socio-scientific issues in biology and geology classes: A case study", *Electronic Journal of Science Education*, vol. 13, N° 1. Disponible en <<http://ejse.southwestern.edu/article/viewFile/7789/5556>>.
- Reisch, G. A. (2009), *Cómo la Guerra Fría transformó la filosofía de la ciencia: hacia las heladas laderas de la lógica*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

- Ryder, J. (2001), "Identifying science understanding for functional scientific literacy", *Studies in Science Education*, vol. 36, N° 1, pp. 1-44.
- Sadler, T. D. (ed.) (2011), *Socio-scientific Issues in the Classroom*, Dordrecht, Springer.
- , A. Amirshokoohi, M. Kazempour y K. M. Allspaw (2006), "Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 43, N° 4, pp. 353-376.
- Solbes, J. (2013), "Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción", *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, vol. 10, N° 1, pp. 1-10.
- Soto-Sonera, J. (2009), "Influencia de las creencias religiosas en los docentes de ciencia sobre la teoría de la evolución biológica y su didáctica", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 14, N° 41, pp. 515-538
- Tidemand, S. y J. A. Nielsen (2016), "The role of socioscientific issues in biology teaching: from the perspective of teachers", *International Journal of Science Education*, vol. 39, N° 1, pp. 44-61.
- Van Rooy, W. (1997), *Controversial Issues and the Teaching of A-Level Biology: Possibilities and Problems*, Tesis doctoral, Universidad de Oxford. Disponible en <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ed434007.pdf>>.
- Vázquez Alonso, Á., J. A. Acevedo Díaz, M. A. Manassero Mas y P. Acevedo Romero (2001), "Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia", *Argumentos de Razón Técnica*, N° 4, pp. 135-176.
- Vázquez Alonso, Á., J. A. Acevedo-Díaz y M. A. Manassero Mas (2005), "Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, N° 2, pp. 1-30.
- Walker, K. A. y D. L. Zeidler (2007), "Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry", *International Journal of Science Education*, vol. 29, N° 11, pp. 1387-1410.
- Zeidler, D. L. y B. H. Nichols (2009), "Socioscientific issues: Theory and practice", *Journal of Elementary Science Education*, vol. 21, N° 2, pp. 49-58.
- Zeidler, D. L., W. A. Ackett y M. L. Simmons (2002), "Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas", *Science Education*, vol. 86, N° 3, pp. 343-367.

ENTREVISTAS

Carolina (2016a), profesora de Biología, 14 de octubre.
 Carolina (2016b), profesora de Biología, 21 de octubre.

Carolina (2016c), profesora de Biología, 1 de diciembre.
Valeria (2013), profesora de Biología, 27 de noviembre.
Valeria (2016a), profesora de Biología, 11 de octubre.
Valeria (2016b), profesora de Biología, 15 de noviembre.